

DESARROLLO DE UNA BEBIDA VEGETAL DE COCO CON ADICIÓN DE  
CONCENTRADO PROTEICO DE QUINUA



Universidad  
del Cauca®

JULIETH CAROLINA TROCHEZ MENESES

NATALIA GARZÓN DORADO

UNIVERSIDAD DEL CAUCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

POPAYÁN-CAUCA

2023

DESARROLLO DE UNA BEBIDA VEGETAL DE COCO CON ADICIÓN DE  
CONCENTRADO PROTEICO DE QUINUA

JULIETH CAROLINA TROCHEZ MENESES

NATALIA GARZÓN DORADO

Trabajo de grado en la modalidad de investigación, para optar por el título de  
ingeniería Agroindustrial

DIRECTORES

M.Sc. RICARDO CAMACHO MUÑOZ

Ph. D. DIEGO FERNANDO ROA ACOSTA

UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL  
POPAYÁN-CAUCA

2023

### **Nota de aceptación**

Los directores y jurados han leído el presente documento, escucharon la sustentación del mismo por sus autoras y lo encuentran satisfactorio.

---

Ph. D. Diego Fernando Roa Acosta

Director

---

MSc. Ricardo Camacho Muñoz

Codirector

---

Presidente del jurado

---

Jurado

Popayán, \_\_\_ de \_\_\_ 20\_\_

## CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>14</b>
1.1. LOCALIZACIÓN	16
1.2. MARCO TEÓRICO (FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA)	16
1.2.1. COCO (Cocos nucifera)	16
1.2.2. QUINUA (Chenopodium quinoa Willd.)	17
1.2.3. BEBIDAS VEGETALES	19
1.2.3.1. LECHE DE COCO	20
1.2.3.2. ELABORACIÓN	20
1.2.4. PROTEÍNA VEGETAL	22
1.2.5. CONCENTRADO PROTEICO DE QUINUA	23
1.2.6. ANÁLISIS PROXIMAL	23
1.2.7. ESPECTROSCOPIA INFRARROJA CERCANA-NIR	23
1.2.8. ANÁLISIS SENSORIAL	24
1.2.9. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS	25
1.2.10. CAPACIDAD ANTIOXIDANTES	25
1.2.11. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE EMULSIÓN	27
1.2.12. ANÁLISIS REOLÓGICOS	29
1.2.13. ANALISIS DE VIDA ÚTIL	30
1.3. MARCO HISTÓRICO (ANTECEDENTES O INVESTIGACIONES RELACIONADAS)	30
<b>2. METODOLOGÍA</b>	<b>35</b>
2.1. METODOLOGÍA PARA EL OBJETIVO ESPECÍFICO 1: IDENTIFICAR LAS CARACTERÍSTICAS FISCOQUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DE LAS MATERIAS PRIMAS EMPLEADAS EN LA ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA VEGETAL DE COCO CON ADICIÓN DE CONCENTRADO PROTEICO DE QUINUA.	36
2.1.1. PRUEBAS MICROBIOLÓGICAS	36
2.1.2. ANÁLISIS PROXIMAL	37
2.1.3. FOURIER-TRANSFORM NEAR-INFRARED SPECTROSCOPY (FT-NIR)	37
2.1.4. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE	38
2.1.4.1. DETERMINACIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS EXTRACTABLES	38
2.1.4.2. DETERMINACIÓN DE DPPH	39
2.1.4.3. DETERMINACIÓN DE ABTS	39
2.1.5. PRUEBAS REOLÓGICAS	40
2.1.5.1. PERFIL DE FLUJO DEL EXTRACTO Y LA BEBIDA BASE	40
2.1.5.2. CURVA DE EMPASTAMIENTO DE LA BEBIDA BASE	40
2.2. METODOLOGÍA PARA EL OBJETIVO ESPECÍFICO 2: EVALUAR LAS PROPIEDADES FISCOQUÍMICAS DE LA MEZCLA ENTRE UNA BEBIDA VEGETAL DE COCO Y UN CONCENTRADO PROTEICO DE QUINUA.	40
2.2.1. PROCESO DE ELABORACIÓN DE LA BEBIDA DE COCO CON ADICIÓN DE	

CONCENTRADO PROTEICO DE QUINUA	40
2.2.2. DISEÑO EXPERIMENTAL	41
2.2.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	42
2.2.4. PRUEBA REOLÓGICA DE FLUJO DE LOS TRATAMIENTOS	42
2.2.5. ÍNDICE DE CREMADO DE LOS TRATAMIENTOS	43
2.2.6. DISTRIBUCIÓN DE PARTÍCULAS Y POTENCIAL ZETA	43
2.3. METODOLOGÍA PARA EL OBJETIVO ESPECÍFICO 3: DETERMINAR EL TIEMPO DE VIDA ÚTIL DE LA BEBIDA VEGETAL DE COCO CON ADICIÓN DE CONCENTRADO PROTEICO DE QUINUA MEDIANTE SEGUIMIENTO MICROBIOLÓGICO, FÍSICO Y SENSORIAL.	43
2.3.1. PRUEBAS MICROBIOLÓGICAS	43
2.3.2. ANÁLISIS SENSORIAL	44
2.3.3. ANÁLISIS PROXIMAL	44
<b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>45</b>
3.1. RESULTADOS DE LA METODOLOGÍA PARA EL OBJETIVO ESPECÍFICO 1: IDENTIFICAR LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DE LAS MATERIAS PRIMAS EMPLEADAS EN LA ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA VEGETAL DE COCO CON ADICIÓN DE CONCENTRADO PROTEICO DE QUINUA.	45
3.1.1. PRUEBAS MICROBIOLÓGICAS	45
3.1.2. ANÁLISIS PROXIMAL	50
3.1.3. ESPECTROSCOPIA INFRARROJA CERCANA-NIR	55
3.1.4. ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE PARA CONCENTRADO DE CREMA DE COCO	56
3.1.5. PRUEBAS REOLÓGICAS	58
3.2. RESULTADOS DE LA METODOLOGÍA PARA EL OBJETIVO ESPECÍFICO 2: EVALUAR LAS PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS Y SENSORIALES DE LA MEZCLA ENTRE UNA BEBIDA VEGETAL DE COCO Y UN CONCENTRADO PROTEICO DE QUINUA.	65
3.2.1. DISEÑO EXPERIMENTAL	65
3.2.2. REOLOGÍA DE LOS TRATAMIENTOS DEL DISEÑO EXPERIMENTAL	66
3.2.3. ÍNDICE DE CREMADO O ESTABILIDAD	69
3.2.4. DISTRIBUCIÓN DE TAMAÑO DE PARTÍCULAS Y POTENCIAL ZETA DE LOS TRATAMIENTOS	73
3.3. RESULTADOS DE LA METODOLOGÍA PARA EL OBJETIVO ESPECÍFICO 3: DETERMINAR EL TIEMPO DE VIDA ÚTIL DE LA BEBIDA VEGETAL DE COCO CON ADICIÓN DE CONCENTRADO PROTEGIDO DE QUINUA MEDIANTE SEGUIMIENTO MICROBIOLÓGICO, FÍSICA Y SENSORIAL.	78
3.3.1. PRUEBAS MICROBIOLÓGICAS	78
3.3.2. ANÁLISIS SENSORIAL	79
3.3.3. CURVA DE EMPASTAMIENTO	81
3.3.4. ANÁLISIS PROXIMAL	82

3.3.5. VIDA ÚTIL	83
<b>4. CONCLUSIONES</b>	<b>88</b>
<b>5. RECOMENDACIONES</b>	<b>89</b>
<b>6. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>90</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>108</b>

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Rendimiento de coco en promedio por variedad.....	17
Tabla 2. Análisis proximal de pulpa de coco.....	17
Tabla 3. Composición química de la quinua (g/100 g de producto).....	18
Tabla 4. Composición de aminoácidos esenciales de la proteína de quinua y patrones recomendados.....	19
Tabla 5. Diseño experimental.....	41
Tabla 6. Resultados de las pruebas microbiológicas de la leche de coco cruda....	45
Tabla 7. Composición proximal de la leche de coco.....	50
Tabla 8. Composición proximal de harina hiper proteica de quinua (HHPQ); (g en relación a 100 g).....	52
Tabla 9. Composición proximal de bebida base de coco; (g en relación a 100 g)..	53
Tabla 10. Actividad antioxidante de la leche de coco.....	56
Tabla 11. Parámetros reológicos del modelo de Ostwald o power law a 15, 25 y 35 °C de la leche de coco.....	59
Tabla 12. Parámetros reológicos del modelo de modelo de Herschel-Bulkley a 15, 25 y 35 °C de la leche de coco.....	60
Tabla 13. Parámetros reológicos del modelo de Ostwald o power law a 15, 25 y 35 °C de la bebida base de coco.....	62
Tabla 14. Parámetros reológicos del modelo de modelo de Herschel-Bulkley a 15, 25 y 35 °C de la bebida base de coco.....	62
Tabla 15. Diseño experimental.....	65
Tabla 16. Estabilidad de los tratamientos del diseño experimental.....	66
Tabla 17. Tamaño de partícula de los tratamientos del diseño experimental.....	72
Tabla 18. Parámetros reológicos del modelo de Ostwald o power law a 25 °C de la bebida de coco.....	75
Tabla 19. Parámetros reológicos del modelo de modelo de Herschel-Bulkley a 25 °C de la bebida base de coco.....	76
Tabla 20. Resultados de las pruebas microbiológicas de la bebida vegetal de coco con quinua.....	77
Tabla 21. Calificación de las intensidades según los descriptores de la bebida vegetal.....	78
Tabla 22. Composición proximal de bebida vegetal de coco con inclusiones de % HHPQ.....	81
Tabla 23. Comportamiento de parámetros fisicoquímicos durante almacenamiento a 4°C....	83
Tabla 24. Resultados de comportamiento microbiológico durante almacenamiento a 4°C....	84
Tabla 25. Calificación de los descriptores sensoriales durante el almacenamiento a 4°C.	84

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Pruebas para determinar capacidad antioxidante.....	25
Cuadro 2. Modelos matemáticos aplicados en la reología.....	28
Cuadro 3. Variables de control y de respuesta.....	40
Cuadro 4. Descripción macroscópica de mesófilos de la leche de coco en agar PCA.....	45
Cuadro 5. Descripción macroscópica de la réplica de la leche de coco en agar PCA.....	46

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujo general para elaboración de bebidas vegetales...	22
Figura 2. Colonias de mesófilos de la dilución 10-1 de la leche de coco y su réplica en agar PCA después de 24 h.....	48
Figura 3. Colonias sembradas de la muestra de la leche de coco en agar chromogenic colinstant después de 24 h.....	49
Figura 4. Colonias de hongos y levaduras de la dilución 10-1 de la leche de coco y su réplica en agar PDA después de 24 h.....	49
Figura 5. Colonias sembradas de la leche de coco en agar Salmonella- Shigella después de 24 h; a: Caldo MKTTn, b: caldo RVA.....	50
Figura 6. Leche de coco embotellada.....	51
Figura 7. Formulación base bebida vegetal (agua, agua de coco y leche de coco).....	53
Figura 8. Espectros NIR de la medición por duplicado de la muestra de la leche de coco en rango de número de onda de 900 nm a 2500.....	54
Figura 9. Curva de calibración para fenoles totales y DPPH de la leche de coco.....	56
Figura 10. Viscosidad aparente de la leche de coco a 15, 25 y 35°C.....	58
Figura 11. Esfuerzo cortante de la leche de coco de coco a 15, 25 y 35 °C.....	59
Figura 12. Viscosidad aparente de la bebida base a 15, 25 y 35°C.....	61
Figura 14. Empastamiento de la bebida base.....	63
Figura 15. Tratamientos anómalos (adición de harina hiperproteica al 10%)...	65
Figura 16. Tratamientos del diseño experimental con adición de gomas.....	66
Figura 17. Estabilidad de los tratamientos del diseño experimental con inclusión de gomas después del centrifugado.....	67
Figura 18. Porcentaje de floculación para los tratamientos del diseño experimental...	67
Figura 19. Porcentaje de sedimentación para los tratamientos del diseño experimental.	68
Figura 20. Porcentaje de separación de los tratamientos del diseño experimental.....	69
Figura 21. Distribución de tamaño de partículas de los tratamientos del diseño experimental.....	71
Figura 22. Potencial zeta ( $\zeta$ ) de los tratamientos del diseño experimental.....	73
Figura 23. Viscosidad aparente y esfuerzo cortante de los tratamientos del diseño experimental.....	75
Figura 24. Las intensidades de los descriptores sensoriales para la bebida vegetal de coco con quinua.....	79
Figura 25. Curva de empastamiento de la bebida vegetal de coco con quinua....	80

Figura 26. Resultados del comportamiento de los descriptores sensoriales a 4°C.....86

## LISTA DE ANEXOS

**Tabla 1.** Resultados de las pruebas microbiológicas de torta de coco cruda.

**Cuadro 1.** Descripción macroscópica de mesófilos de la torta de coco en agar PCA de las morfologías identificadas en la muestra de torta de coco y su réplica.

**Figura 1.** Colonias de mesófilos de la dilución  $10^{-1}$  de torta de coco y su réplica en agar PCA después de 24 h.

**Figura 2.** Colonias sembradas de torta de coco en agar chromogenic colinstant después de 24 h, determinación de coliformes totales y *E. Coli*.

**Figura 3.** Colonias de hongos y levaduras de la dilución  $10^{-1}$  de torta de coco y su réplica en agar PDA después de 24 h.

**Figura 4.** Colonias sembradas de torta de coco en agar Salmonella- Shigella después de 24 h; a: Caldo MKTTn, b: caldo RVA.

## RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se desarrolló una bebida vegetal de coco con adición de concentrado proteico de quinua. Para ello se caracterizaron las materias primas utilizadas (leche de coco, harina hiperproteica de quinua), las cuales combinadas y en conjunto con estabilizantes (Carboximetilcelulosa y goma Xanthan), fueron sometidas a 8 tratamientos asignados aleatoriamente así: harina hiperproteica de quinua (2,5% y 5%), gomas Xanthan (0.025%, 0.05% y 0.1%) y Carboximetilcelulosa (0.025% y 0.05%). Estos tratamientos fueron analizados a fin de establecer la formulación con mayores características favorables de estabilidad y viscosidad.

Finalmente se estableció la formulación de la bebida vegetal la cual se sometió análisis sensorial y fisicoquímico, determinando características aceptables predominando el coco sensorialmente, con efecto positivo en la viscosidad y la parte sensorial, además de corta vida útil.

**Palabras clave:** *Bebida vegetal, coco, harina hiperproteica de quinua, estabilidad, viscosidad, sensorial.*

## ABSTRACT

In the present research work, a coconut vegetable drink with the addition of quinoa protein concentrate was developed. For this purpose, the raw materials used (coconut milk, high protein quinoa flour), which combined and together with stabilizers (Carboxymethylcellulose and Xanthan gum), were subjected to 8 treatments randomly assigned as follows: high protein quinoa flour (2.5% and 5%), Xanthan gums (0.025%, 0.05% and 0.1%) and Carboxymethylcellulose (0.025% and 0.05%). These treatments were analyzed in order to establish the formulation with the most favorable stability and viscosity characteristics.

Finally, the formulation of the vegetable drink was established, which was subjected to sensory and physicochemical analysis, determining acceptable characteristics, predominantly coconut in sensory terms, with a positive effect on viscosity and the sensory part, in addition to a short shelf life.

**Key words:** *Vegetable drink, coconut, high protein quinoa flour, stability, viscosity, sensory.*

## INTRODUCCIÓN

Los consumidores veganos, con problemas de intolerancias y alergia a las proteínas de origen animal han buscado alternativas que sustituyan este tipo de alimentos y a su vez que contengan nutrientes esenciales, para ello, se ha impulsando el aprovechamiento de materias primas de origen vegetal, estableciendo así un mercado que es considerado potencia para los próximos años (Grant, 2021), siendo uno de estos la leche de origen animal, la cual se ha buscado sustituir parcialmente su consumo provocando un aumento considerable en la popularidad de las bebidas no lácteas o también conocidas como bebidas vegetales o leches vegetales (Garcia, 2017).

Las bebidas vegetales o leches vegetales son una alternativa a la leche animal, pues tienen una apariencia similar y se caracterizan por la ausencia de lactosa y colesterol (Cárdenas et al., 2021). Su consumo ha incrementado durante los últimos años, según cifras presentadas por American Retail, en latinoamérica, el mercado para el 2021 fue estimado en 1.77 billones de dólares y se proyectan 3.24 billones para el año 2026; además, para Colombia, este tipo de bebidas obtuvieron un incremento de 1,4% entre el 2020 y 2021, también, se muestran alzas en el total de toneladas vendidas, principalmente, en los discounter y las grandes superficies (American Retail, 2022).

Su procedencia difiere entre sí, pues las bebidas vegetales son elaboradas a partir de variedades de frutos secos, cereales, legumbres o semillas o mezcla de estas, las cuales aportan vitaminas y minerales importantes en las dietas (Dávila, 2017). Dentro de este grupo se encuentra la elaborada a partir de coco (*Cocos nucifera*), la cual proviene del endosperma de esta drupa. Nutricionalmente, este tipo de bebida no es llamativo ya que su contenido proteico es bajo (de 1 a 2 gramos por cada 100 g de leche) (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), 2020), una alternativa que satisface esta necesidad es el enriquecimiento con ingredientes proteicos vegetales como la harina hiperproteica de quinua (HHPQ), siendo la quinua un producto que se ha popularizado y que es objeto de investigación en la universidad del Cauca del que se busca un aprovechamiento integral.

Sin embargo, se desconocen los efectos que puede tener la inclusión de las proteínas en la emulsión (leche de coco), pues, estudios como el de Patra et al. (2021) indican que las proteínas pueden alterar la estabilidad (formación de crema, sedimentación, floculación, coalescencia) y propiedades físicas de reología (comportamiento del fluido y su viscosidad), debido al efecto de estas sobre la

estructura coloidal de la bebida vegetal de coco, además de la influencia de la HHPQ sobre las características sensoriales de la bebida y su estado en el tiempo.

Por lo anterior fue necesaria la investigación de dicho comportamiento planteado como pregunta de investigación ¿Cuáles son las condiciones de formulación que permitirán la obtención de una bebida de coco con la adición de concentrado proteico de quinua estable con características sensoriales deseables?

Debido a esto, la investigación planteó como objetivo principal desarrollar una bebida vegetal a partir de coco con adición de concentrado proteico de quinua, con tres objetivos específicos que fueron:

- Identificar las características fisicoquímicas y microbiológicas de las materias primas empleadas en la elaboración de una bebida vegetal de coco con adición de concentrado proteico de quinua.
- Evaluar las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de la mezcla entre una bebida vegetal de coco y un concentrado proteico de quinua.
- Determinar el tiempo de vida útil de la bebida vegetal de coco con adición de concentrado proteico de quinua mediante seguimiento microbiológico, físico y sensorial.

## 1. MARCO REFERENCIAL

### 1.1. LOCALIZACIÓN

La investigación se llevó a cabo en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad del Cauca, en la planta piloto conjuntamente con los laboratorios de reología y áreas de química, física y microbiología del Centro Internacional Tecnológico Agroindustrial (CBA) adscrito a la misma organización, ubicada en la vereda Las Guacas - Kilómetro 3 vía Penitenciaria de San Isidro.

### 1.2. MARCO TEÓRICO (FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA)

#### 1.2.1. COCO (*Cocos nucifera*)

- **Estructura:** Según el ministerio de agricultura (2022) el coco se considera una fruta tropical obtenida de cocoteros (*Cocos nucifera*), una palmera cultivada en casi todo el mundo, principalmente en países tropicales. El fruto posee un exocarpio (cáscara exterior blanda y gruesa) y un mesocarpio fibroso, además de una capa interior muy dura, vellosa y marrón (endocarpio), donde se adhiere la pulpa (endospermo), que en su estado maduro es blanca y aromática junto con agua semidulce rica en minerales, dichos frutos pueden medir 20 a 30 cm y llegar a pesar 2.6 kg.
- **Composición nutricional:** Esta varía dependiendo del estado de madurez en el que se encuentre la fruta, sin embargo, en la mayoría de los casos el contenido de humedad y los lípidos constituyen hasta el 85% del total de componentes. La grasa presente en este fruto fresco es rica en ácidos grasos saturados (hasta un 40% del total de la grasa), si bien, este tipo de ácidos grasos en exceso favorece el aumento del colesterol en sangre, el consumo de esta fruta no representa un riesgo, pues en la mayoría de los países su uso en fresco es poco, además el contenido de carbohidratos y proteína son bajos (3,7% y 3,2% respectivamente), pero es considerado una fuente de fibra pues contiene un 10,5%. El coco posee minerales como el selenio, hierro, magnesio, fósforo y potasio, los cuales favorecen funciones metabólicas del cuerpo y de fortalecimiento de los diferentes sistemas como el nervioso, óseo y digestivo, además de contener Vitamina E, ácido fólico y vitaminas del hidrosolubles del grupo B. (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de España, 2019).

En el departamento del Cauca, se lleva a cabo la ejecución del proyecto “Fortalecimiento de la Cadena productiva del coco de la Costa Pacífica del Cauca-COPACÍFICO”, donde se han realizado análisis fisicoquímicos para las tres variedades cultivadas en este territorio (típico, híbrida y manila), obteniendo que en promedio se logra un rendimiento del 60% después de retirar la estopa y posterior al pelado, el rendimiento promedio en pulpa alcanza el 42%. En cuanto a su composición el contenido de humedad y grasa representa en promedio el 84% entre las tres variedades (COPACIFICO, 2022).

**Tabla 1.** Rendimiento de coco en promedio por variedad.

	<b>Típico</b>	<b>%</b>	<b>Híbrido</b>	<b>%</b>	<b>Manila</b>	<b>%</b>
<b>Coco entero (g)</b>	1903	100	1336	100	1190	100
<b>Estopa (g)</b>	697	36,6	492	36,8	477	40
<b>Coco tusado(g)</b>	1201	62,1	840	62,3	719	59,2
<b>Testa (g)*</b>	54	4,5	44	5,3	38	5,4
<b>Concha (g)*</b>	321	26,7	214	25,4	169	23,5
<b>Agua (g)*</b>	315	26,3	136	16,2	103	14,4
<b>Pulpa (g)*</b>	464	38,7	364	43,3	318	44,2

\*Datos calculados a partir del valor del coco entero, Fuente: COPACIFICO

**Tabla 2.** Análisis proximal de pulpa de coco.

	<b>Típico</b>	<b>Híbrido</b>	<b>Manila</b>
<b>Humedad (%)</b>	55,5	55,3	54,4
<b>Grasa (%)</b>	32,2	28,3	26,6
<b>Ceniza (%)</b>	1,0	1,0	1,0
<b>Proteína (%)</b>	2,6	3,3	2,7

Fuente: COPACIFICO

### 1.2.2. QUINUA (*Chenopodium quinoa Willd.*)

- **Estructura:** Pseudocereal de grano entero nativo de la región andina del continente sudamericano, el cual crece en una planta herbácea de la familia *chenopodiaceae* que llega a alcanzar tamaños comprendidos entre los 0.5 m y

3 m de altura y tallo recto o ramificado, sus semillas son pequeños gránulos de entre 1.8 y 2.3 mm de diametro que se presenta en colores variados como blanco, cafe, amarillo, rosado, rojo o negro. Estos factores de morfología varían dependiendo de la variedad sembrada y las condiciones agroecológicas donde se encuentra el cultivo. (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) (2015)).

- **Composición nutricional:** Su atractivo principal se encuentra en su alto contenido de proteína, pues esta alcanza entre un 15% a 18%, siendo mayoritariamente compuesta por globulinas y albúminas, superando a otros cereales y granos como el maíz, el trigo, el arroz o la cebada, además se caracteriza por contener un perfil de aminoácidos balanceado, el cual es rico en histidina, lisina y metionina, considerados aminoácidos esenciales en la dieta humana. Sin embargo, el contenido de carbohidratos es el componente mayoritario, dado que este oscila entre el 67% a 74% dependiendo de la variedad, de los cuales entre el 55% a 65% de estos son almidones, además de contener fibra dietética y fibra soluble es proporciones de entre 1% a 16% y 1,3% a 6,1% respectivamente. Esta semilla contiene niveles moderados de grasa los cuales no superan el 14%, siendo los ácidos grasos insaturados como el omega 3 y omega 6 sus constituyente mayoritarios en su perfil lipídico, representando entre un 70% a 89% del total de la grasa, siendo considerada como buena para la salud. Por último, el contenido de minerales como el calcio, hierro, magnesio, fósforo y potasio es mayor en comparación con el arroz, trigo y soja, además es rica en vitaminas como vitamina C, ácido fólico y la tiamina (Ren et al., 2023).

**Tabla 3.** Composición química del grano de quinua (g/100 g de producto).

<b>Componente</b>	<b>Cantidad</b>
Humedad	6,8- 11,5
Grasa	5,5-7,5
Proteína	12-17
Almidones	55-77
Fibra dietética total	10-15
Ceniza	2,2-3

**Fuente:** Lingiardi et al., 2022.

**Tabla 4.** Composición de aminoácidos esenciales de la proteína de quinua y patrones recomendados.

Aminoácido	Contenido (mg/g proteína)*	Patrones de recomendación (mg/ Kg de peso) **	
		Infantes (> 6 meses y < 5 años)	Niños, Adolescentes y Adultos (> 5 años en adelante)
Histidina	29	20	10
Leucina	59	66	61
Isoleucina	36	32	30
Lisina	54	57	48
Metionina + cisteína	36	24	13
Fenilalanina + tirosina	61	30	7
Treonina	30	31	25
Valina	42	43	40
Triptófano	12	8,5	6,6

**Fuentes:** \*: (Dakhili et al., 2019), \*\*: (FAO, 2013).

### 1.2.3. BEBIDAS VEGETALES

Las bebidas vegetales o “Leches vegetales” Son bebidas no lácteas que se conforman por suspensiones de materia vegetal en agua, obtenidas a partir del remojo, cocción, molienda y filtrado de granos, cereales, semillas, legumbres, pseudocereales o frutos secos y que al finalizar su procesado se asemeja en apariencia a las leches de origen animal. Este tipo de bebidas surge como una alternativa al consumo de leches de animales por parte de personas con estilos de vida saludable, dietas libre de animales o problemas en su salud como la intolerancia a la lactosa o alergias a la caseína (Kumar Sarangapany et al., 2022).

A pesar de esto, estas bebidas son cuestionadas por sus composición nutricional, debido a su escasez en proteína vegetal, la cual en su mayoría son de bajo valor biológico y de difícil digestión, en comparación con la proteína de la leche, también

por su baja biodisponibilidad de vitaminas y minerales, y la presencia de sustancias antinutricionales como fosfatos de inositol e inhibidor de tripsina. Pese a estos factores, se han desarrollado tecnologías que permiten mejorar el contenido nutricional de estas bebidas, como es el caso del enriquecimiento o fortificación con nutrientes, tratamientos térmicos para la desactivación de sustancias no deseables, o adición de otros ingredientes para mejorar aspectos sensoriales, entre otras tecnologías emergentes que permiten mejorar su estabilidad (Boker & Silva, 2022).

#### **1.2.3.1. LECHE DE COCO**

Una de las principales bebidas vegetales es la extraída a partir del coco, la cual es definida como un extracto blanquecino o leche que se obtiene después del proceso de molienda húmeda y filtrado del endospermo de cocos maduros, considerada una emulsión natural de tipo aceite en agua poco estable, debido a su alto contenido de lípidos y poca capacidad emulsificante de sus proteínas (Tulashie et al., 2022). Nutricionalmente es rico en ácidos grasos de cadena corta-media, siendo el ácido láurico su mayor componente, el cual es estudiado actualmente para prevenir algunos tipos de cáncer, además de minerales como el hierro, calcio, potasio y magnesio, y vitaminas como la vitamina E y algunas del complejo B (Tulashie et al., 2022).

#### **1.2.3.2. ELABORACIÓN**

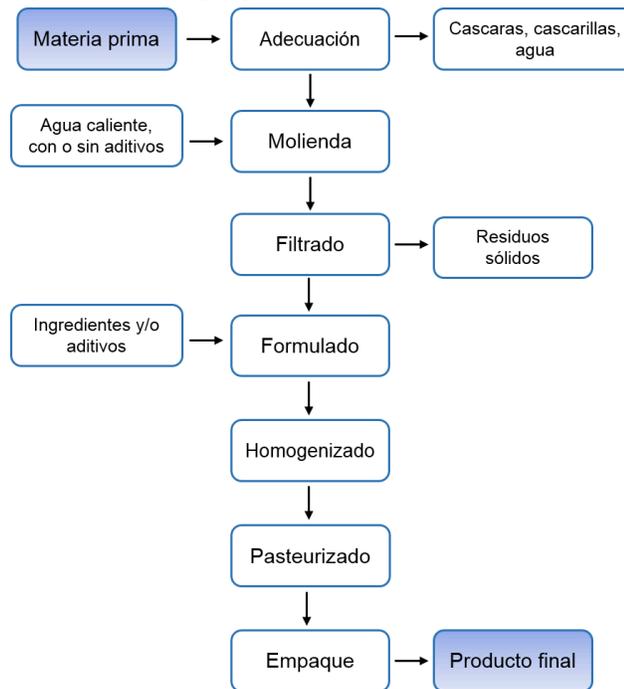
La elaboración de bebidas vegetales se compone generalmente de seis etapas de procesos consecutivos, las cuales permiten la obtención de un producto con características deseadas, y de ser seguro para el consumo, estas etapas son:

- **Adecuado:** Es el proceso que más varía en la fabricación de este tipo de bebidas, pues esta operación depende de la materia prima que se vaya a emplear, dado que se debe ajustar a las características fisiología de la matriz vegetal, según esto los tratamientos de acondicionamiento pueden ser operaciones de pelado, remojo, tostado, escaldado, descascarado, lavado entre otros, con el fin de eliminar suciedad, compuestos indeseables como toxinas, antinutricionales u otros, además de mejorar el rendimiento del procesado (Boker & Silva, 2022).
- **Molienda:** Tiene como finalidad reducir el tamaño y favorecer la extracción de nutrientes de la materia prima. Por lo general, se realiza molienda húmeda debido a que la adición de agua durante este proceso favorece la eficiencia

del procesamiento y disminuye los tiempos en procesos térmicos (Boker & Silva, 2022). La eficiencia de este proceso también puede ser mejorada por factores como la temperatura, pH o uso de enzimas, dado que favorece los procesos de extracción y solubilización de nutrientes, sin embargo, debe tenerse en cuenta los limitantes físico-químicos de estas mejoras, ya que puede afectar el contenido final de nutrientes, cambios en su morfología o incluso influenciar en la estabilidad del producto final (Silva et al., 2020).

- **Filtrado:** Consiste en la separación de sólidos residuales de la bebida elaborada, esta se realiza por medio de filtros, sin embargo también son usados procesos de centrifugación o decantación (Silva et al., 2020).
- **Formulado:** Se realiza el cálculo y adición de ingredientes, los cuales permiten mejorar la estabilidad, calidad nutricional y sabor del producto final. Entre estos ingredientes se encuentran proteínas, vitaminas, minerales, edulcorantes, saborizantes, conservantes y/o estabilizantes. Se debe tener en cuenta que los ingredientes a adicionar deben estar permitidos por la normativa de cada país y ser aptos para el consumo humano (Silva et al., 2020).
- **Homogenizado:** Proceso que permite la reducción de tamaño de las partículas de gran tamaño, como los glóbulos de grasa o gránulos de almidones, evitando la formación de precipitados, floculaciones o sensaciones arenosas en el producto final (Silva et al., 2020). Esta operación no altera significativamente la viscosidad o perfil proteico del producto (Boker & Silva, 2022).
- **Pasteurizado:** Empleada para garantizar la seguridad microbiológica y enzimática favoreciendo su inocuidad y la vida útil del producto terminado. Los métodos comúnmente usados son la pasteurización a baja temperatura y el tratamientos de ultrapasteurización (UHT), sin embargo estos tratamientos son cuestionados debido a que pueden favorecer la pérdida de nutrientes como proteínas, minerales o vitaminas o la alteración de propiedades sensoriales como el sabor, aroma o color (Silva et al., 2020).

**Figura 1.** Diagrama de flujo general para elaboración de bebidas vegetales.



Fuente: Elaboración propia.

#### 1.2.4. PROTEÍNA VEGETAL

Su origen son plantas o sus frutos, siendo las legumbres, cereales y nueces las más destacan por su aporte de proteína, sin embargo, actualmente son cuestionadas debido a la calidad de las mismas, puesto que en algunas de estas el contenido de aminoácidos esenciales es limitado (Quesada & Gómez, 2019). No obstante, al realizar combinaciones de diferentes fuentes vegetales pueden llegar a complementarse, generando un aporte adecuado de aminoácidos, esto también trae consigo una reducción en la ingesta de grasas saturadas y colesterol debido a la disminución de consumo de alimentos de origen animal (Hoffman & Falvo, 2004).

Actualmente existe tecnología que permiten generar productos de origen vegetal con aportes proteicos de buena calidad, como la disminución del contenido de lípidos en las materias primas mediante uso de solventes y/o arrastres de vapor, además de procesos como la extrusión o la técnica de corte de célula, las cuales emplean variables de temperatura, presión y cizalla para la obtención de texturizados (Baune et al., 2022).

### **1.2.5. CONCENTRADO PROTEICO DE QUINUA**

Productos que se obtienen a partir de extrusión de harina de quinua bajo parámetros controlados (temperatura y humedad), con el objetivo de conseguir una harina hasta con 4 veces más contenido de proteína que una convencional. Además, este proceso favorece su afinidad con el agua, facilitando su adición a otros alimentos (Castillo & Gonzales, 2018).

En la actualidad, este tipo de productos son ampliamente estudiados en muchos países, con la finalidad de desarrollar alimentos con aportes nutricionales que busca de reemplazar las proteínas de origen animal, ya sea por alergias estas, como es el caso de las personas celiacas o intolerantes a la lactosa, o si bien por estilos de alimentación libres de animales (vegetarianos o veganos) (Dakhili et al., 2019).

### **1.2.6. ANÁLISIS PROXIMAL**

Consiste en un conjunto de técnicas analíticas con características cuantitativas y cualitativas, establecidas para la determinación de los macro y micro nutrientes presentes en un alimento o materias primas que se emplean para la elaboración de los mismos, su importancia radica en que brinda información básica (proximal) sobre la composición nutricional de cualquier muestra, importante para la formulación y elaboración de productos (Fon Fay Vásquez & Zumbado Fernández, 2020).

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) indica que estas pruebas también llamadas análisis proximales Weende, estas son empleadas para analizar materias primas que serán usadas para la formulación de dietas o alimentos como fuente de energía o proteína, o como control de calidad para productos terminados con el fin de verificar si cumplen o no con el contenido de nutrientes formulados, a partir del análisis del contenido de humedad, proteína cruda (nitrógeno total), fibra cruda, lípidos crudos, ceniza y extracto libre de nitrógeno en la muestra (FAO et al., 1993).

### **1.2.7. ESPECTROSCOPIA INFRARROJA CERCANA-NIR**

La espectroscopia de infrarrojo cercano es un método de análisis rápido, fácil de usar, no destructivo, el cual consiste en una fuente de irradiación con lámpara halógena de filamento de tungsteno con ventana de cuarzo, el cual puede emitir un espectro electromagnético (800-2500 nm) el cual pasa a través de la muestra y parte de la radiación se absorbe; la energía absorbida por la matriz es definida por

el tipo de molécula presente, la concentración individual de las especies y las interacciones entre las moléculas. Las absorciones de la región NIR son causados por tres mecanismos diferentes, sobretonos, bandas de combinación y absorciones electrónicas (Eduardo, 2013). El espectrómetro FTIR registra varios espectros debido a la transmisión/absorción de la radiación infrarroja para identificar los grupos funcionales presentes en la muestra a analizar (Rice & Galbraith, 2023).

#### **1.2.8. ANÁLISIS SENSORIAL**

La Guía Técnica Colombiana (GTC) lo define como un examen sobre los atributos físicos y químicos de un producto, los cuales pueden ser percibidos por los órganos de los sentidos (GTC-165, 2007), con el fin de conocer la opinión de los consumidores sobre su aceptación o rechazo y su nivel de agrado, a partir de su experiencia sensorial con la muestra analizada, criterios de importancia al momento de desarrollar un nuevo producto. Además, estos estudios también brindan la posibilidad de conocer cambios que se pueden generar en un producto terminado a medida que pasa el tiempo, datos de importancia para determinar la vida útil del mismo (Espinosa Manfugás, 2007).

Debido a que para estos análisis se emplea la vista, el gusto, el olfato, el tacto y el oído, los resultados están predeterminados por la percepción sensorial que capta el panelista o catador, esto mediante estímulos que obtiene al momento de estudiar un producto, dicha información es recibida por nervios sensitivos y llevada al cerebro donde se le atribuye información sensorial transformándola en sensaciones (Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP), 2014). Existen diferentes técnicas para la evaluación sensorial de alimentos, la elección de esta dependerá del tipo de muestra a analizar y su objetivo, estas deben contar con un grupo de personas entrenadas o no (panelistas), además de realizarse con condiciones controladas empleando un diseño experimental adecuado, protocolo que mejor se ajuste y por último el apoyo de recursos estadísticos con el fin de analizar los datos obtenidos (Espinosa Manfugás, 2007).

Los protocolos para la aplicación de esta evaluación se encuentra establecido ya en diferentes normativas o guías de entes nacionales o internacionales como el Instituto de Normas Técnicas y Científicas (ICONTEC), la Organización Internacional de Estandarización (ISO), la Sociedad Estadounidense de Pruebas y Materiales (ASTM), entre otras (Hoyuelo & Rohanie, 2014).

### **1.2.9. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS**

Tienen como objetivo el conteo de microorganismos presentes en los alimentos, mediante la siembra de muestras en sustratos (agares) sólidos o líquidos que favorezcan su crecimiento, permitiendo verificar la presencia o ausencia de los mismos, causantes del deterioro de los alimentos o la transmisión de enfermedades. El uso de estas pruebas tiene varios ámbitos de aplicación en la industria alimentaria, pues son usadas para verificar el cumplimiento en cuanto a normativa nacional sobre criterios microbiológicos para alimentos estipulados por entes gubernamentales, permite identificar si las condiciones de proceso son las adecuadas y analizar los Puntos Críticos de Control (PPC) de un proceso, también de permite el análisis de vida útil de un producto terminado en desarrollo o la identificación de microorganismos benéficos en algún producto en desarrollo (Erkmen, 2022).

Si bien, existen numerosas técnicas para la detección de microorganismos, es comúnmente empleado el recuento en placa el cual permite el conteo de microorganismos viables, mediante el cálculo de Unidades Formadoras de Colonias (UFC/ml), este método consiste en el uso de diluciones decimales seriadas de la muestra a analizar, que posteriormente son inoculadas sobre agares sólidos selectivos o no e incubadas teniendo en cuenta las condiciones óptimas para el crecimiento de los microorganismos (Corral Lugo et al., 2012). Sin embargo, estos análisis no garantizan en su totalidad la seguridad e inocuidad de los productos, aunque favorecen en gran medida la prevención de la contaminación y la descomposición de los alimentos (Erkmen, 2022).

### **1.2.10. CAPACIDAD ANTIOXIDANTES**

Los antioxidantes, son sustancias que permanecen en pequeñas cantidades en los alimentos, los cuales tienen como función la inhibición, retraso o prevención del deterioro por la presencia de radicales libres en los mismos. Dentro de estas sustancias se encuentran los antioxidantes fenólicos, los cuales se caracterizan por tener al menos un grupo hidroxilo (OH), carbonilo (CO) o de ácido carboxílico (COOH) unido a un anillo de benceno, de este grupo depende su poder como antioxidante, además de la posición en la que este se encuentre, ya que, estos factores afectan la facilidad de donar electrones, característica que favorece el aumento de su capacidad para evitar la oxidación (Zeb, 2021), si bien, pueden existir fenoles simples, es más común encontrarlos en conjunto de dos o más compuestos fenólicos unidos, estos son llamados polifenoles, como ejemplo están los flavonoides, estilbenos, lignanos, entre otros (Nielsen, 2017) .

Para el análisis de esta capacidad, existen una variedad de métodos y tecnologías establecidas, si bien, para todos estos análisis, inicialmente se debe hacer una preparación de las muestras, las cuales consisten en la extracción de los compuestos mediante el uso de disolventes orgánicos o agua dependiendo de los polifenoles presentes en la muestra (Nielsen, 2017). Entre las diferentes técnicas se destacan:

**Cuadro 1.** Pruebas para determinar capacidad antioxidante.

<b>Prueba</b>	<b>Fundamento</b>	<b>Análisis</b>
Colorimétrica con reactivos Folin	Metodo cualitativo, que se basa en la medición espectrofotomérica del cambio de color a partir de la oxidación de compuestos complejos de heteropoliácidos fosfomolibdicos y fosfotungsticos, inicialmente de coloración amarillo a azul de molibdeno-tungsteno. Este cambio se compara con el cambio de color de una muestra estandar.	Fenoles totales
Capacidad antioxidante equivalente de Trolox (ABTS)	Técnica colorimétrica, la cual consiste en la reducción del radical ácido 2-2'-azino-bis-3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico (ABTS <sup>+</sup> ) con los antioxidantes presentes en la muestra, se evidencia con la variación de color de verde a azul, permitiendo el control de la presencia o ausencia del radical a través de absorbancia UV-Vis.	Actividad antioxidante
Ensayo de radical 2,2-difenil-1-picryl hidrazilo (DPPH)	Técnica de coloración, la cual permite identificar la presencia o ausencia de antioxidantes debido a la decoloración inicial de la muestra, pues dicho radical produce soluciones de color azul intenso o violetas, tras la reducción del radical por los antioxidantes se genera una decoloración en la muestra, disminuyendo así la absorbancia en el análisis en el espectro UV-Vis(< 517 nm).	Actividad antioxidante
Ensayo de poder antioxidante	Técnica colorimétrica, la cual se basa en el monitoreo de la reducción de una sal	

reductor férrico (FRAP)	férrica (2,4,6-tripiridil-s-triazina férrica TPTZ), formando en la muestra una coloración que se puede medir por absorbancia desde 593 nm del Uv-Vis.	Actividad antioxidante
-------------------------	---	------------------------

Fuente: Nielsen, 2017

### 1.2.11. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE EMULSIÓN

Las emulsiones son un mezcla inestable de dos o más líquidos inmiscibles, caracterizadas por su separación pasado un tiempo (Taherian et al., 2008). El estudio de su estabilidad está ligado a factores que pueden lograr su desestabilización, como lo es la temperatura, el pH, la viscosidad de la mezcla y las interacciones químicas y electroquímicas que se generan en un producto, entre otros (Patra et al., 2021), para ello existen diferentes métodos que permiten el estudio del comportamiento de dichos factores, como los nombrados a continuación.

- **Índice de cremado:** Existen diferentes técnicas para determinar este factor, las cuales pueden brindar información relevante sobre la desestabilización de las emulsiones. Una de ellas es el seguimiento de la separación natural de las emulsiones, esta consiste en medir la formación de la capa de grasa en tiempos determinados. Sin embargo, se han desarrollado alternativas tecnológicas para el análisis de este índice, una de ella es la separación por gravedad, la cual emplea la fuerza centrífuga acelerando así el proceso. Otro método empleado es el uso de la dispersión de luz, dado que mide la turbidez que se genera por la acumulación de partículas a lo largo del tiempo, esta última es más útil en alimentos con poco color o transparentes (Patra et al., 2021).
- **Distribución de tamaño de partícula:** Este análisis permite identificar el diámetro de las partículas presentes en la emulsión, proporcionando información relevante para su estudio, puesto que la presencia o ausencia de diámetros pequeños incide en su estabilidad (Zhang et al., 2021). Para realizar estas mediciones existen diferentes métodos, entre ellos los que emplean la dispersión de luz, el cual mide la concentración y el tamaño de las gotas cuando este detecta el porcentaje y el ángulo de la luz retrodispersada dirigida hacia un haz monocromático de luz infrarroja cercana (Hu et al., 2017).

Según este fundamento existen dos tipos de instrumentos que permiten realizar esta medición, la primera es la dispersión de luz estática, la cual se basa en la teoría de dispersión de Mie y emplea datos propios de las partículas como el índice de refracción, forma y dimensión, con el fin de determinar su tamaño en un rango de 100 nm a 100  $\mu$ m (Hu et al., 2017). Por otro lado, la técnica de dispersión dinámica de luz mide la fluctuación de la luz dispersa en un tiempo determinado, siguiendo la teoría de dispersión de luz de Mie junto con el movimiento browniano de las partículas (Zhang et al., 2021).

- **Potencial zeta ( $\zeta$ ):** Las emulsiones son un sistema coloidal disperso, donde interactúan partículas cargadas eléctricamente entre sí, el estudio de estas interacciones brinda información relevante al momento de desarrollar un producto alimenticio, puesto que están relacionadas con aspectos, sensoriales, reológicos, estabilidad y vida útil de un alimento (Cano Sarmiento et al., 2018), dicho estudio es conocido como el potencial zeta ( $\zeta$ ), el cual se define como el potencial electrocinético que se genera cuando una superficie sólida entra en contacto con una solución acuosa generando una carga distinta de cero en la interfaz. (Li, 2015)

La medición de este parámetro se basa en el principio de la electrocinética, el cual hace referencia al movimiento de electrones libres, iones o aniones en una materia por acción de un campo eléctrico (Molina Martínez & Cánovas Rodríguez, 2012). Para ello, se han desarrollado técnicas como como la electroforesis, la cual mide el movimiento de las cargas en una solución acuosa mediante la aplicación de un campo eléctrico y el uso de electrodos. Similar a esta técnica existe la electroósmosis, método que mide el flujo eléctrico generado por la migración de iones presentes en el líquido hacia el electrodo indicado a través de una capa difusa. Por último, está el método de potencial de transmisión que indica el potencial electrocinético inducido por el movimiento de un líquido impulsado por presión a través de un capilar cargado generando una variación en la carga eléctrica de la capa difusa de la doble capa eléctrica del capilar. (Li, 2008) (Ren, 2014)

En la industria alimentaria es ampliamente usada para analizar la estabilidad de sistemas dispersos, empleando un umbral de cargas, con el cual se logra definir si la matriz alimenticia es muy inestable ( $\pm$  0-10 mV), relativamente estable ( $\pm$  10-20 mV), moderadamente estable ( $\pm$  20-30 mV) o altamente estable  $>$  30 mV) (Cano Sarmiento et al., 2018).

### 1.2.12. ANÁLISIS REOLÓGICOS

El estudio de la viscosidad y su relación con la estabilidad en las emulsiones es un factor importante al momento de desarrollar un producto, por ello se emplean diversos análisis que favorecen determinar parámetros óptimos para su elaboración, entre ellos se encuentran los análisis reológicos, los cuales estudian el comportamiento del flujo y la deformación de materias primas frescas o productos terminados, con el objetivo de obtener información sobre la estructura, textura y formulación de un fluido, además, es aplicado a procesos de control de calidad en productos finales. En este tipo de pruebas se observa el comportamiento de la viscosidad y flujo influenciados por parámetros como la temperatura, presión, concentración de sólidos y la velocidad de la deformación entre otros, pues la variación de estos factores influye directamente estas propiedades en los alimentos.

La medición de dichos parámetros permite simular procesos de elaboración, formulaciones, procesos de transporte o almacenamiento, entre otras operaciones con importancia al momento del desarrollo de alimentos, esto, mediante el estudio de curvas de flujo y viscosidad, en las cuales se observa la relación entre un esfuerzo cortante y un gradiente de velocidad, junto con el uso de modelos matemáticos permitiendo una mejor comprensión e identificación del fluido analizado, entre los modelos se destacan la ley de la potencia o modelo de Ostwald y el modelo de Herschel- Bulkley, son los más usados para el estudio de fluidos (Díaz Ocampo, 2018).

**Cuadro 2.** Modelos matemáticos aplicados en la reología.

<b>Modelo de Ostwald o ley de potencia</b>	<b>Modelo de Herschel- Bulkley</b>
$\sigma = k. (\dot{\gamma})^n$ <p><b>Donde:</b> <b>k:</b> Coeficiente de consistencia (Pa.s) <b>n:</b> Índice de comportamiento de flujo</p>	$\sigma = \sigma_o + k. (\dot{\gamma})^n$ <p><b>Donde:</b> <math>\sigma_o</math>: Umbral de fluencia <b>k:</b> Coeficiente de consistencia (Pa.s) <b>n:</b> Índice de comportamiento de flujo</p>

**Fuente:** Reología Aplicada, 2018.

### **1.2.13. ANALISIS DE VIDA ÚTIL**

La vida útil de los alimentos es definida como el tiempo en que un producto es consumible, permaneciendo inocuo y manteniendo sus características de calidad aceptables en condiciones normales de distribución y almacenamiento (Taormina & Hardin, 2021), esta característica son influenciadas por factores como la naturaleza y composición de materias primas e ingredientes adicionales, además de los procesos tecnológicos que se lleven a cabo para la obtención del producto final, el tipo de empaque y las condiciones de distribución y almacenamiento (Carrillo Inungaray & Reyes Munguía, 2013), debido a esto, es importante reconocer los factores que alteran el producto y que como consecuencia hacen que pierda sus características organolépticas, físicas, químicas, reológicas y nutricionales, además de su inocuidad (Alapont Gutiérrez et al., 2020).

Para ello, existen herramientas que permiten determinar este periodo entre ellos la consulta de información primaria, como datos históricos de productos similares o literatura científica, los cuales facilitan datos de interés para establecer un comportamiento patrón de un producto determinado, sin embargo, también son empleados métodos cuantitativos o cualitativos para establecer este parámetro, siendo los análisis microbiológicos y el análisis sensorial, los que cobran mayor relevancia en esta etapa, debido a que están ligados con la inocuidad de los alimentos y la aceptabilidad de los consumidores en un tiempo definido (Alapont Gutiérrez et al., 2020).

### **1.3. MARCO HISTÓRICO (ANTECEDENTES O INVESTIGACIONES RELACIONADAS)**

Aguirre et al., (2018) en su investigación titulada “Influence of the composition of Coconut-based emulsions on the stability of the colloidal system”, por el cual se analizó el comportamiento de diferentes formulaciones de una emulsión a base de coco con agua y agua de coco, con agentes estabilizantes y emulsionantes como goma Xanthan, terc-butilhidroquinona (TBHQ) y suero lácteo como surfactante; se establece la formulación óptima de potencial, índice de estabilidad, viscosidad, color e índice de peróxido.

Patil & Benjakul, (2018) en su investigación titulada “Coconut milk and coconut oil: their manufacture associated with protein functionality”, por la cual se determinó que las proteínas del coco no son suficientes para mantener estable la leche de coco y que es necesario la inclusión de estabilizantes; a través de desestabilización de las proteínas (mediante cambios de pH, temperatura, método de extracción, etc.) se facilita la obtención de aceite de coco.

Rioja et al., (2018) en su publicación “Determination of the total antioxidant capacity, total phenols, and the enzymatic activity in a non-dairy beverage based on grains of chenopodium quinoa” que tuvo como objetivo identificar la capacidad antioxidante y la capacidad enzimática de una bebida vegetal no fermentada del mismo pseudocereal, empleando métodos convencionales de estandarizados de quiometria como ABTS, FRAP y capacidad antioxidante total (TAC), obteniendo resultados positivos para la presencia de componentes antioxidantes principalmente de polifenoles en la bebida, además de encontrarla aparición de azúcares debido a la actividad enzimática que presentó la  $\alpha$ -amilasa, permitiendo concluir que el desarrollo de este tipo de bebidas es una opción viable como alimento complementario debido a sus aportes nutricionales (principalmente de proteína) y como fuente de antioxidantes.

Xu Lu et al., (2019) en su investigación titulada “Rheological properties and structural features of coconut milk emulsions stabilized with maize kernels and starch” en la cual se evaluó el comportamiento reológico de formulaciones de granos de maíz y almidón, las cuales contenían amilosa en diferentes proporciones, del mismo modo se adiciono leche de coco a la misma concentración, con la finalidad de determinar el tamaño de las gotas de la emulsión, potenciales zeta, tensión superficial, análisis de potencia y calorimetría, para establecer la mejor formulación, permitiendo concluir que los granos de maíz y almidón pueden reducir el tamaño de partículas del sistema dificultando la coagulación del sistema. Además influyen sobre la disminución del color blanco de la leche y el aumento del potencial zeta y la tensión superficial, por lo cual este puede funcionar como estabilizante en otras bebidas.

Garcia (2020) en su investigación del “Efecto de la adición de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y amaranto (*Amaranthus caudatus*) en la calidad nutricional de una bebida deslactosada”, realizó análisis sensorial a una bebida deslactosada saborizada con diferentes combinaciones de harina de quinua, amaranto y saborizante, aplicando diseño experimental, en el que el producto con mejor aceptación sensorial se le realizó análisis microbiológico a fin de establecer el cumplimiento de la norma.

Rincon et al., (2020) llevaron a cabo una investigación titulada “Development of novel plant-based milk based on chickpea and coconut”, con la finalidad de obtener un sucedáneo a la leche de vaca con mejor aporte de nutrientes (principalmente proteína) que otro tipo de bebidas vegetales como la de arroz o soya, empleando 7 tratamientos con diferentes inclusiones de extracto de garbanzo y extracto de coco, los cuales posteriormente fueron sometidos a

pruebas para determinar la estabilidad física de la emulsión, pruebas bromatológicas, pruebas colorimétricas y análisis sensoriales; obteniendo una bebida vegetal a base de garbanzo y coco de buena composición (alto en proteína y calcio), comparada a otras leches vegetales.

Wang et al., (2020) En su investigación titulada “Effect of sterilization and storage on volatile compounds, sensory properties and physicochemical properties of coconut milk”, la leche de coco esterilizada enlatada esta se sometió a análisis fisicoquímico, microextracción en fase sólida para posteriormente analizar mediante cromatografía, evaluación sensorial; de la investigación se concluyó que el coco presenta 31 compuestos volátiles los cuales no tuvieron cambios significativos con la esterilización, en cuanto a sensorialmente le leche de coco después del tratamiento térmico torno un sabor más dulce.

Clemente et al., (2021) en su investigación que tuvo como objetivo la elaboración de una leche de coco de forma artesanal que permita aprovechar el potencial y la abundancia de los productos de coco de la región; en la que se prueban varias formulaciones a diferentes condiciones, estos se realizaron pruebas físico-químicos y microbiológicos antes de los tratamientos térmicos, después y en el almacenamiento. Se tuvo como resultado crecimiento lento de microorganismos estando en condiciones de refrigeración en comparación con otras formas de almacenamiento, concluyendo que al compararse con la bibliografía se establece la importancia de los tratamientos térmicos en los parámetros cinéticos en el desarrollo de nuevos productos.

Karimidastjerd & Kilic-Akyilmaz (2021) en su artículo titulado “Formulation of a low-protein rice drink fortified with caseinomacropptide concentrate” desarrollaron una bebida de arroz con bajo contenido de grasa y proteína. Evaluaron el efecto de tres factores mediante una metodología de superficie de respuesta, dichos factores fueron la inclusión de harina de arroz, inclusión de goma xantana y temperatura de proceso sobre la estabilidad de la bebida vegetal de arroz, siendo sus variables de respuesta la viscosidad, separación de fase, tamaño de partícula, potencial zeta y color. Determinaron que la formulación óptima para la elaboración de esta bebida fue 3% (p/v) de harina de arroz con 0.05% (p/v) de goma xantana y una temperatura de 80°C, además de esto también hicieron uso de edulcorantes y saborizantes para mejorar su aceptabilidad. Posteriormente realizaron la fortificación de la bebida edulcorada, donde incluyeron un 7% (p/v) de concentrado de caseinomacropéptido y concluyeron que dicha inclusión no afecta de forma significativa la estabilidad ni la reología del producto final.

Polo et al., (2021) en su investigación titulada “Propiedades reológicas de quinua (*Chenopodium quinoa* Wild) obtenidas mediante molienda abrasiva y tratamiento térmico”, buscó determinar los efectos del tipo de molienda y la temperatura aplicada en el proceso mediante análisis del índice de flujo ( $n$ ), consistencia ( $k$ ) y perfil de viscosidad de los tratamientos; determinando diferencias significativas en el comportamiento reológico en el tipo de harina empleada, la concentración y la velocidad de corte; llegando a encontrar comportamiento de tipo newtoniano, pseudoplástico y dilatante, con ajuste del modelo satisfactorio para describir el comportamiento reológico de la harina de quinua.

Sitorus et al. (2021) en su investigación titulada “data of adulteration with water in coconut milk using FTIR spectroscopy”, en la cual se analizaron 43 muestras de leche de coco preparados en tres formas de adulteración, mediante espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) en un rango de longitud de onda de 2500 a 4000 nm, por la cual se determinó mediante modelos de regresión que el método de análisis (FTIR), fue un modelo no invasivo para predecir y determinar adulteración en leche de coco.

Abdullah et al., (2022), en su investigación titulada “Comparative analysis of nutritional composition and droplet size of coconut milk due to dilution and emulsification”, por la cual determinar la calidad nutricional de la leche de coco por dos métodos de reducción de contenido de grasa (dilución y emulsificación), por la cual determinó que el proceso de emulsificación mejora el tamaño de partícula de gota y la adición de aditivos altera la calidad nutricional de la emulsión, al momento de incorporar la maltodextrina, caseinato de sodio y agua (aumento de carbohidratos, proteínas y reducción de calorías).

Kofi et al., (2022), realizó un reporte de caso titulado “Production of coconut milk: A sustainable alternative plant-based milk”, en la cual se extrajo leche de coco por molienda húmeda y se determinaron componentes como humedad, cenizas, grasa, proteína, fibra, carbohidratos totales, azúcares, calcio, vitamina C, entre otros; con los cuales se concluyó que esta leche puede usarse como una alternativa a la leche animal y dirigirse para cierto público como vegetarianos e intolerantes a la lactosa.

Figuroa et al., (2023) en su investigación titulada “Evaluación de estabilidad coloidal en bebidas de tomate de árbol”, evaluó el efecto de la incorporación de la goma Xanthan y carboximetilcelulosa (CMC) en el grado de estabilidad de una bebida de tomate, mediante pruebas físicas, químicas, tamaño de partícula, potencial zeta, turbidez y viscosidad; por las cuales permitieron determinar que por las propiedades de los hidrocoloides se evitó la separación de fases en la bebida.

Ren et al., (2023), en su revisión bibliográfica titulada “Nutrient composition, functional activity and industrial applications of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)”, expone los componentes nutricionales y funcionales presentes en este pseudocereal como antioxidantes, antihipertensivos, antiinflamatorios, antidiabéticos y componentes que favorecen el control de la obesidad, benéficos para la salud de las personas. Además esto sugiere el desarrollo de tecnologías óptimas para el aprovechamiento de este grano en la industria alimentaria, cosmética, farmacéutica y alimentación animal.

Thirukumaran et al.,( 2023) en su investigación titulada “Impact of different emulsification techniques on the stability of coconut milk”, por la cual se somete la leche de coco a tres técnicas de emulsificación de alta energía, los cuales evaluaron su estabilidad mediante pruebas de tamaño de gota, potencial zeta y viscosidad, en la cual se determinó que la suplementación con proteínas y tensoactivos aunado a estas técnicas mejora la estabilidad de la emulsión, siendo el mejor método la microfluidización por el tamaño reducido de las gotas, aunque no es factible por su costo en la industria alimentaria.

## 2. METODOLOGÍA

Para la presente investigación que tuvo como objetivo general, el desarrollo de una bebida vegetal con adición de concentrado proteico de quinua. Se realizaron pruebas fisicoquímicas y microbiológicas en laboratorio, las cuales permitieron identificar la formulación idónea para el producto final.

### **Materiales e insumos**

- **Endospermo de coco y agua de coco.** Fue proporcionado por la empresa Cindy Coco S.A, a través del proyecto COPACÍFICO de la Universidad del Cauca en convenio con la gobernación, este se proporcionó con epicarpio; en planta piloto de frutas y vegetales se eliminará el epicarpio, mesocarpio y endocarpio con el fin de obtener la pulpa del coco sola.
- **Concentrado proteico de quinua.** Fue proporcionado por la empresa SEGALCO S.A.S de la ciudad de Jamundí.
- **Estabilizantes goma xantana y carboximetilcelulosa (CMC)).** Fue proporcionada por plantas piloto de alimentos de la Universidad del Cauca, el producto se proporcionó en forma de polvo blanco el cual contiene propiedades reológicas y capacidad anticizallamiento que funcionó como espesante y estabilizador.

### **Elaboración de la bebida**

Se realizó un escaldado a vapor de la pulpa de coco rallada siguiendo la metodología de Umiyauri & Umiyauri, (2022) con algunas modificaciones, con temperatura de 90°C por 10 min, después, esta se sometió a molienda mediante la prensa de extracción de aceite automática Cgolden Wall K28 de China, la cual extrajo la emulsión de coco mediante aplicación de fuerza mecánica a través de un tornillo sinfín a temperatura de 90°C. A este producto obtenido se le denominó **extracto de coco**.

La formulación base de la bebida de coco se realizó tomando como referencia la investigación de Aguirre et al., (2018). Por la cual se incorporó (agua de coco+H<sub>2</sub>O)/extracto de coco en proporción 10:1; siendo la relación de agua de coco: agua potable 1:1, a este producto inicialmente se le denominó **bebida base**.

## 2.1. METODOLOGÍA PARA EL OBJETIVO ESPECÍFICO 1: IDENTIFICAR LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DE LAS MATERIAS PRIMAS EMPLEADAS EN LA ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA VEGETAL DE COCO CON ADICIÓN DE CONCENTRADO PROTEICO DE QUINUA.

### 2.1.1. ANÁLISIS PROXIMAL

El extracto de coco y la bebida base fueron sometidos a análisis proximal por duplicado con el que se determinó el contenido de los macronutrientes (humedad, grasa, fibra, proteína, cenizas, fibra y carbohidratos) mediante el método de la Association of Official Analytical Chemist (AOAC)(2005). El contenido de humedad se determinó gravimétricamente (método 925.10) en horno de circulación forzada Scientific. El contenido de proteína cruda (Nx6,25) se determinó por el método kjeldahl (método No. 978,04) (AOAC, 2005). La grasa bruta se determinó de acuerdo al método de extracto de Soxhlet usando éter de petróleo como agente de extracción (60-80 °C)(método No.930.09) (AOAC,2005), el contenido de cenizas se analizó incinerando las muestras en un horno mufla a 550 °C (método No.930.05) (AOAC, 2005), fibra (método No. 962.09) y la determinación de carbohidratos se realizará por diferencia de porcentaje (Wu et al., 2017).

### 2.1.2. PRUEBAS MICROBIOLÓGICAS

**Extracto de coco:** Esta se sometió a cinco pruebas microbiológicas de recuento en placa, siguiendo lineamientos establecidos por la Norma Técnica Colombiana (NTC) y de las exigencias de la resolución “Por la cual se establecen los criterios microbiológicos que deben cumplir alimentos y bebidas para el consumo humano”, (2020) NTC en bebidas como jugo (zumo) o pulpa de fruta o concentrados de fruta, como se muestran a continuación:

- **Mesófilos aerobios:** Se usó la metodología planteada por la NTC 4519-2009. Se tomaron 10 ml de muestra de concentrado de crema de coco y 10 mg de muestra de torta de coco, se depositaron en 90 ml de agua destilada cada una, enseguida se llevaron a agitación a 150 rpm por 10 min en shaker (MaxQ 4450 orbital Thermo Fisher Scientific USA), se realizaron diluciones hasta 10<sup>-5</sup> (por duplicado), cada una de las diluciones se sembraron por inmersión en cajas de petri (previamente esterilizadas) en medio Plate Count Agar (PCA) e incubación por 72 h ± 3 h a 30 °C (Icontec Internacional, 2009).

- **Coliformes totales y *Escherichia Coli*:** Se empleó la metodología establecida por la NTC 4458-2007, se tomaron 10 ml de la muestra de concentrado de crema de coco y 10 mg de torta de coco, cada una se depositó en 90 ml de agua peptonada y se mezclaron a 150 rpm por 10 min en shaker (MaxQ 4450 orbital Thermo Fisher Scientific USA), posteriormente se toma 1 ml de cada réplica y se sembraron por profundidad en cajas de petri (previamente esterilizadas) en agar chromogenic colinstant a una temperatura de  $35^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  por  $24\text{ h} \pm 2\text{ h}$  (Icontec internacional, 2018).
- **Hongos y levaduras:** La metodología empleada se realizó según se especifica en la NTC 5698-2 por duplicado, se tomaron 10 ml de la muestra de concentrado de crema de coco y 10 mg de torta de coco, cada una se depositó en 90 ml de agua peptonada y se mezclaron a 150 rpm por 10 min en shaker (MaxQ 4450 orbital Thermo Fisher Scientific USA), posteriormente se tomaron 100  $\mu\text{L}$  de cada réplica y se sembraron por superficie en agar PDA (selectivo para hongos y levaduras) a  $30^{\circ}\text{C} \pm 5$  y seguimiento de 24 a 72 h (Icontec Internacional, 2021).
- ***Salmonella spp*:** Se empleó la metodología designada por la NTC 4574 mediante el desarrollo de cuatro etapas; preenriquecimiento en medio líquidos no selectivo (agua peptonada) incubación a  $37^{\circ}\text{C} \pm 1$  por  $18\text{ h} \pm 2\text{ h}$ , posteriormente enriquecimiento en medio líquido selectivo en Rappaport Vassiliadis (RVS) y Tetrionate Mueller Kauffmann (MKTTn) a  $41,5^{\circ}\text{C} \pm 1$  por  $24\text{ h} \pm 3\text{ h}$  y  $37^{\circ}\text{C} \pm 1$  por  $24\text{ h} \pm 3\text{ h}$ , respectivamente; finalmente siembra por agotamiento en medio selectivo en agar Xilosa Lisina Desoxicolato (XLD) y agar *Salmonella*-Shigella (SS) a  $37^{\circ}\text{C} \pm 1$  por  $24\text{ h} \pm 3\text{ h}$  (el procedimiento se realizó por duplicado) (Icontec Internacional, 2007).

**Concentrado proteico del germen de Quinua.** Esta no se sometió a pruebas microbiológicas, ya que se empleó un producto comercial suministrado por la empresa SEGALCO S.A.S, los cuales en análisis previos como el Muñoz Pabon, (2022) se determinaron que su producto cumple con las características mínimas establecidas en la Norma Técnica Colombiana (NTC) 6069 del 18 Junio del 2014.

### 2.1.3. FOURIER-TRANSFORM NEAR-INFRARED SPECTROSCOPY (FT-NIR)

Los datos de espectros infrarrojos del extracto y la bebida base fueron generados con el instrumento NICOLET iS50 FT-NIR en el rango de número de onda de 10000 a 4000  $\text{cm}^{-1}$  con resolución de 8, 32 barridos y una duración de 27,71

segundos. La fuente de luz de la lámpara halógena irradió las muestras del concentrado de crema de coco de a través de una ventana de cuarzo de 1 cm de diámetro (Sitorus et al., 2021); la muestra se colocó manualmente en la parte superior sobre una caja de petri.

#### **2.1.4. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE**

La capacidad antioxidante del extracto de coco se evaluó mediante ensayos de captación de radicales 1,1-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH), ácido 3- etilbenzotiazolina -6- sulfónico (ABTS) y ensayo de Folin-Ciocalteu (FC).

##### **2.1.4.1. DETERMINACIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS EXTRACTABLES**

La determinación de los compuestos fenólicos extractables se realizó siguiendo la metodología descrita en la investigación de Wolfe & Wu (2003) con algunas modificaciones, por lo cual se pesaron 2 g de la muestra de la concentrado de crema de coco seca en un tubo falcon de 50 ml, al cual se le adicionaron 8 ml de metanol/H<sub>2</sub>O en proporción 80:20 y 0,1% v/v de ácido fórmico, se agitó durante 25 min a 200 rpm en un agitador marca Thermo Scientific (Massachusetts, Estados Unidos) y se centrifugó a 3500 rpm por 5 min a temperatura ambiente en una centrífuga marca Hermle (Wehingen, Alemania). El sobrenadante de esta primera extracción, se pasó a un nuevo falcón, al cual se le agregaron 40µL del reactivo EDTA y se llevó a refrigeración durante 10 min. El precipitado de la primera extracción, continua en el proceso para una segunda extracción, a este se le agregaron 8 mL de acetona/ H<sub>2</sub>O en una relación 70:30 y 0,1%v/v de ácido fórmico, se llevó a un agitador a 200 rpm en un tiempo de 25 min y se centrifugó a 3500 rpm por 5 min a temperatura ambiente.

Después de la centrifugación, el sobrenadante se combinó con el extracto metanólico de la primera extracción y se completó hasta 20 mL con agua destilada. El extracto se filtró con papel Whatman 1 y se almacenó a -80°C hasta la cuantificación por reacción de Folin-Ciocalteu y evaluación de la capacidad antioxidante. El sedimento también se almacenó a -80°C para una determinación secuencial adicional de compuestos fenólicos no extractables (CFNE). Para la reacción de Folin-Ciocalteu, se mezclaron en un tubo de ensayo 40µL del extracto con 1,8 mL de reactivo de Folin-Ciocalteu (dilución 1:10), se agitaron por 15s utilizando un vórtex y se dejó en reacción por 5 min. Pasado este tiempo, se adiciono 1,2 mL de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 7% (m/v) y se agitó la mezcla nuevamente durante 15s.

La muestra se incubó durante 30 min a temperatura ambiente (20°C) en la oscuridad y la determinación espectrofotométrica se realizó a 765 nm en un espectrofotómetro UV/Vis GENESYS 10S UV-Vis marca Thermo Scientific (Wisconsin, Estados Unidos). El contenido total de CFE se expresó en mg de equivalentes de ácido gálico (AGE)/g de muestra en base seca. Todos los análisis se realizaron por duplicado.

#### **2.1.4.2. DETERMINACIÓN DE DPPH**

La capacidad de captación de radicales DPPH se realizó tomando como base la investigación de Zhang et al. (2023), por la cual se realizó la curva de calibración mediante una solución patrón de TROLOX en etanol 80%, usando la ecuación  $Y = mx + b$ ; en donde, Y es la absorbancia a 517 nm y X la concentración de TROLOX expresados en  $\mu\text{mol TROLOX/g}$  muestra en base seca.

La medición se realizó tomando el extracto del numeral 2.1.4.1. La preparación del reactivo se realizó preparando 0,0059 g del reactivo DPPH en 50 ml de etanol, la solución se llevó a ultrasonido por 20 min y posteriormente se almacenó durante 24 h en refrigeración (4°C). Transcurridas las 24 h se aforó en un balón a la solución a 250 ml en etanol e solución DPPH en etanol; para la medición se agregaron 100  $\mu\text{L}$  del extracto en 3,9 ml del reactivo DPPH, se agitaron durante 15s y se llevó a baño termostatado a 37 °C por 30 min en el equipo Polystat/2W7 de la empresa Fisher scientific del Reino Unido. Se realizó lectura de la longitud de onda a 517 nm usando un espectrofotómetro marca GENESYS 10S UV-Vis marca Thermo Scientific (Wisconsin, Estados Unidos).

#### **2.1.4.3. DETERMINACIÓN DE ABTS**

Se realizó tomando como referencia la metodología Taleb et al., (2022) con modificaciones (Lima et al., 2015), con algunas modificaciones, las muestras analizadas corresponden a las extraídas en el numeral 2.1.4.3, por la cual se determinó la actividad antioxidante tras la reacción de ABTS (7 mM) con persulfato de potasio (2,45 nM concentración final) y buffer acetato de sodio (pH 4,5). La solución se almacenó en refrigeración (4°C) por 16 h, transcurrido el tiempo y ya formado el radical ABTS, se aforó la solución buffer acetato de sodio (pH 4,5) hasta 250 ml. Para la lectura se añadieron 135  $\mu\text{L}$  del extracto y 4 ml del reactivo ABTS, se agitó por 15 s y se midió la absorbancia en un espectrofotómetro marca GENESYS 10S UV-Vis marca Thermo Scientific (Wisconsin, Estados Unidos).

La curva de calibración se realizó con una solución TROLOX usando la ecuación  $Y = mX + b$ ; en donde, Y corresponde a la absorbancia medida a 729,7 nm y X la concentración de TROLOX, expresados en  $\mu\text{L}$  TROLOX/g muestra en base seca.

## **2.1.5. PRUEBAS REOLÓGICAS**

### **2.1.5.1. PERFIL DE FLUJO DEL EXTRACTO Y LA BEBIDA BASE**

Se obtuvieron curvas de viscosidad por duplicado del extracto de coco y la bebida base empleando un reómetro AR 1500 a tres temperaturas (15, 25 y 35°C), con factor de corte 1000, compresión 1000 micrómetros y velocidad de compresión 100 micro m/s. Los datos obtenidos de las curvas fueron modelados mediante la ecuación de Oswald o de la potencia para obtener los parámetros de consistencia (K) e índice de flujo (n), también mediante el modelo de Herschel-Bulkley para obtener parámetros de umbral de fluencia ( $\sigma_0$ ), coeficiente de consistencia (K) e índice de flujo (n) (Ver cuadro 2).

### **2.1.5.2. CURVA DE EMPASTAMIENTO DE LA BEBIDA BASE**

Se obtuvieron curvas de empastamiento por duplicado del extracto de coco a partir de un reómetro AR 1500, se expuso a un calentamiento y enfriamiento, partiendo de una temperatura de 20 °C y aumenta a razón de 10 °C/min hasta 70 °C, se mantiene durante 30 minutos y luego se enfría hasta 20 °C a razón de 10 °C/min.

## **2.2. METODOLOGÍA PARA EL OBJETIVO ESPECÍFICO 2: EVALUAR LAS PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS DE LA MEZCLA ENTRE UNA BEBIDA VEGETAL DE COCO Y UN CONCENTRADO PROTEICO DE QUINUA.**

### **2.2.1. PROCESO DE ELABORACIÓN DE LA BEBIDA DE COCO CON ADICIÓN DE CONCENTRADO PROTEICO DE QUINUA**

La bebida de coco con adición de concentrado proteico de quinua se realizó tomando como referencia la investigación de Aguirre et al., (2018). Por la cual se incorporó (agua de coco+H<sub>2</sub>O)/extracto de coco en proporción 10:1; siendo la relación de agua de coco: agua potable 1:1 (la extracción del extracto de coco se menciona en el objetivo anterior). Esta mezcla fue homogenizada y posteriormente la mezcla base fue pesada en valores iguales, para agregar las cantidades de inclusión de concentrado proteico de quinua (2.5% y 5%), de goma xantana (0%, 0.05%, 0.075%, 0.10%) y CMC (0%, 0.025% y 0.05%), propuesto en

el diseño experimental, se dejó homogeneizar por 1 min en licuadora Oster a velocidad nivel 2.

La mezcla resultante fue empacada en frascos de vidrio previamente esterilizados y tapados herméticamente. Se prosiguió a realizar tratamiento térmico empleando método appert, sumergiendo los frascos en agua caliente, manteniendo una temperatura de 70°C en la mezcla por 30 minutos, pasado este tiempo, los frascos fueron enfriados empleando hielo y agua fría hasta lograr una temperatura ambiente, para luego ser llevados a refrigeración. Para este proceso se tuvo en cuenta el artículo de Thirukumaran et al., 2023, el cual indica que el uso de temperaturas altas en el proceso de pasteurización y tiempos largos generan inestabilidad del producto final, además de pérdidas en el contenido nutricional por la degradación de las proteínas (Kwon et al., 1996).

### 2.2.2. DISEÑO EXPERIMENTAL

Para la definición del diseño experimental, se tuvo en cuenta un diseño experimental inicial, el cual consistió en la inclusión de harina hiperproteica de quinua (2.5%, 5% y 10%) y la inclusión de un estabilizante (goma xantana o CMC) a la bebida base, sin embargo se realizaron modificaciones a este debido a que se presentaron resultados no deseados, los cuales fueron justificados en los resultados de este objetivo.

Por ello, se decidió evaluar la influencia de la inclusión de harina hiperproteica de quinua en dos inclusiones (2.5% y 5%) y la mezcla de los dos estabilizantes anteriormente nombrados sobre la estabilidad fisicoquímica y organolépticas de la bebida, para ello se empleó un diseño experimental completamente aleatorio como se muestra en el cuadro 3 y tabla 5.

**Cuadro 3.** Variables de control y de respuesta.

<b>Factor</b>	<b>Nivel</b>	<b>Variable de respuesta</b>
Inclusión de proteína	2.5% y 5%	Índice de cremado/ índice de estabilidad, tamaño de gota y análisis reológicos
Inclusión de CMC	0%, 0.025% y 0.05%	
Inclusión de goma Xanthan	0%, 0.05% 0.075% y 0.1%	

**Tabla 5.** Diseño experimental.

<b>Tratamiento</b>	<b>Notación</b>	<b>HHQI</b>	<b>Goma Xanthan</b>	<b>CMC</b>
1	E1-2	2.5 %	0.05 %	0.05 %
2	E1-3	2.5 %	0.075 %	0.025 %
3	E2-2	2.5 %	0.1 %	0.025 %
4	E2-3	2.5 %	0 %	0 %
5	E3-2	5 %	0.05 %	0.05 %
6	E3-3	5 %	0.075 %	0.025 %
7	E4-2	5 %	0.1 %	0.025 %
8	E4-3	5 %	0 %	0 %

### **2.2.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

El análisis estadístico se realizó de la siguiente manera: Inicialmente se aplicó análisis de varianza ANOVA ( $\alpha = 0.05$ ), asumiendo normalidad en los datos. Posteriormente se comprobó su homogeneidad de varianza mediante el método de Bartlett según lo correspondido. La comparación múltiple se realizó por el método de Tukey con ( $\alpha = 0.05$ ), para ello se empleó el software GraphPad Prism 8, empleando un modelo de diseño completamente al azar (DCA).

### **2.2.4. PRUEBA REOLÓGICA DE FLUJO DE LOS TRATAMIENTOS**

Se obtuvieron curvas de viscosidad de los tratamientos por duplicado con diferentes niveles de inclusión de concentrado proteico de quinua (2.5% y 5% p/v), goma Xhantan (0%, 0.05%, 0.075% y 0.1%) y Cmc (0%, 0.025% y 0.05%) empleando un reómetro AR 1500 a 25°C para cada nivel de inclusión. Los datos obtenidos de las curvas fueron modelados mediante la ecuación de Ostwald para obtener los parámetros de consistencia (K) e índice de flujo (n), también mediante el modelo de Herschel-Bulkley para obtener parámetros de umbral de fluencia ( $\sigma_0$ ) coeficiente de consistencia (K) e índice de comportamiento de flujo (n).

### **2.2.5. ÍNDICE DE CREMADO DE LOS TRATAMIENTOS**

El índice de cremado se evaluó mediante la determinación de la separación de fase de la bebida vegetal formulada, empleando centrífuga SL4 Plus de Thermo

Scientific. Dicho análisis se realizó en dos ciclos, el primero contó con parámetros de 1000 rpm durante 30 min, posteriormente se repitió con 3000 rpm por 60 min a 24 °C. Se tomaron mediciones en mm para ambos ciclos tanto para la capa de sedimentación como para la capa de crema (Jeske et al., 2017), para calcular el índice de cremado (%) empleando la siguiente ecuación, donde  $H_s$  es la altura del sobrenadante y  $H_T$  la altura total en el tubo.

$$\text{Índice de cremado (\%)} = (H_s/H_T) \times 100$$

### **2.2.6. DISTRIBUCIÓN DE PARTÍCULAS Y POTENCIAL ZETA**

La distribución del tamaño de gota y potencial Zeta de los tratamientos fueron realizados siguiendo la metodología de Zhao et al., (2023) con algunas modificaciones; los tratamientos de la bebida vegetal de coco se midieron utilizando el analizador de partículas Lite Sizer 500; Las muestras almacenadas durante 24 horas a temperatura de refrigeración, se diluyeron en una proporción de fase aceite/agua 0,1% a 25°C. Para el tamaño de partícula se usó los índices de refracción de las gotitas de 1,55 y medio de dispersión de 1,33, con absorbancia de 0,1.

### **2.3. METODOLOGÍA PARA EL OBJETIVO ESPECÍFICO 3: DETERMINAR EL TIEMPO DE VIDA ÚTIL DE LA BEBIDA VEGETAL DE COCO CON ADICIÓN DE CONCENTRADO PROTEICO DE QUINUA MEDIANTE SEGUIMIENTO MICROBIOLÓGICO, FÍSICO Y SENSORIAL.**

A partir de los resultados obtenidos en el objetivo específico 2, se eligió la formulación que presentó los mejores resultados de estabilidad. Se realizó seguimiento mediante las siguientes pruebas para determinar la vida útil del producto.

#### **2.3.1. PRUEBAS MICROBIOLÓGICAS**

La metodología para el desarrollo de este numeral se hizo de igual forma que lo descrito en la metodología del objetivo 1. Dichas pruebas, se realizaron por duplicado cada 7 días.

#### **2.3.2. ANÁLISIS SENSORIAL**

La bebida vegetal se sometió a una prueba sensorial definido como un análisis descriptivo cuantitativo (QDA) donde se identificó la intensidad de los atributos sensoriales como olor, sabor, color y apariencia, siguiendo el método descrito por la NTC 3932-2022 para establecer un perfil sensorial por aproximación multimodal.

También se tuvo en cuenta la Guía Técnica Colombia (GTC) 232 del 2022 por la cual es una guía general para el establecimiento de un perfil sensorial y la NTC 5328 del 2004 donde se expiden las directrices para el uso de escalas de respuesta cuantitativas.

La prueba se realizó en el Instituto de Ciencia y Tecnología Alimentaria (INTAL) por 7 jueces entrenados según la GTC 280 del 2017, estos calificaron en una escala de intensidad de 10 puntos. Donde 0 es ausencia; de 0,6 a 2,9 es muy leve; 3 a 4,9 es leve; de 5 a 6,9 es moderada; de 7 a 8,9 es marcada y de 9 a 10 como muy marcada.

### **2.3.3. ANÁLISIS PROXIMAL**

La bebida vegetal de coco con adición de concentrado proteico quinua fue analizada a fin de establecer la composición macro, mediante la metodología descrita en el numeral 2.1.1. para la bebida de coco con adición de concentrado proteico de quinua.

### **2.3.4. PERFIL DE VISCOSIDAD DE LA BEBIDA VEGETAL**

El comportamiento de la viscosidad se evaluó por duplicado empleando un reómetro AR 1500 de celda cilíndrica de almidón con el fin de determinar la evolución de la viscosidad durante el ciclo de calentamiento-enfriamiento (20 a 70°C por 30 min y 20°C). Se determinaron parámetros tales como tiempo de gelatinización inicial, pico de viscosidad y tendencia a la retrogradación.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos de la presente investigación, que tuvo como objetivo el desarrollo de una bebida vegetal con adición de concentrado proteico de quinua mediante pruebas en laboratorio, se muestran a continuación.

#### 3.1.1. ANÁLISIS PROXIMAL

Los resultados obtenidos del análisis proximal del extracto de coco y según lo establecido por el CODEX STAN 240 del 2003 para productos acuosos de coco y crema de coco, permitieron determinar que el **extracto de coco** se clasifica como un **concentrado de crema de coco (CCC)**, ya que este producto contiene más de 37,4% de sólidos totales con un contenido graso mayor al 29% del contenido de nutrientes como se muestra en la tabla a continuación.

**Tabla 6.** Composición proximal del concentrado de crema de coco (CCC); (g en relación a 100 g).

	<b>CCC (g)</b>
Humedad	55,4 ± 0,5
Cenizas	2,1 ± 0,1
Extracto etéreo	40,2 ± 0,6
Proteína	2,30 ± 0,03
Carbohidratos	1,0 ± 0,7

**Fuente:** Análisis propio.

El concentrado de crema de coco vario razonablemente con respecto a la pulpa de coco, según lo reportado por COPACIFICO (tabla 1 y 2), pues cada variedad puede presentar cantidades diferentes de nutrientes, debido al tipo de siembra, suelo y zona donde se produjo el fruto, otro factor importante es el método de extracción del mismo, como en el caso reportado por Kofi et al.,( 2019), la cual usan molienda húmeda y se logra una extracción de grasa menor y mayor cantidad de carbohidratos.

**Figura 2.** Concentrado de crema de coco (CCC) embotellada.



**Tabla 7.** Composición proximal de la pulpa de coco rallada y el agua de coco.

	<b>Pulpa de coco rallada (g/100 g)</b>	<b>Agua de coco (g/100 g)</b>
Humedad	57,60	95,92
Cenizas	1,05	<0,50
Grasa total	36,67	<0,50
Proteína	2,69	<0,50
Carbohidratos	1,99	<4

**Fuente:** INTAL.

Tras el proceso de obtención del concentrado de crema de coco y comparando con los valores iniciales de la pulpa de coco rallada reportada reportado por INTAL (tabla 7), se observa que el contenido de humedad no varía drásticamente, sin embargo, la concentración de grasa aumenta notablemente, esto favorecido por factores como el prensado y la temperatura usada para la extracción (ver tabla 6). Valores similares a los obtenidos son reportados por Abdullah et al., 2022, quienes analizaron la composición nutricional de leche de coco cruda, obtenida de forma similar al proceso llevado a cabo, logrando un contenido de grasa y humedad del  $36,84 \pm 0,57$  y  $54,81 \pm 1,17$  respectivamente.

Además, el uso de pulpa de coco rallado y calentamiento por escaldado a vapor antes de ser prensado favorece la extracción de componentes, caso particular para la grasa, la cual es obtenida en forma de emulsión (Organización de las

Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), 1997). Este comportamiento también es descrito por Thungkao, (1998) citado por Patil & Benjakul, (2018), el cual realizó un análisis a la elaboración de leche de coco a diferentes temperaturas bajo molienda húmeda, y encontró que el contenido de proteína no variaba significativamente al aumentar la temperatura del agua de 35 °C a 55°C, mientras que el contenido de grasa si, pues a mayor temperatura, presentó un contenido más elevado de este nutriente.

El agua de coco puede proporcionar características como el sabor y aroma, composicionalmente aporta la bebida principalmente humedad (95,92 g por cada 100 g de agua de coco) y carbohidratos (menor a 4 g por cada 100 g de agua de coco) (tabla 8), estos últimos son de glucosa, levulosa, fructosa y sacarosa; además de algunas fibras residuales del proceso de extracción de la misma (Reategui, 2019).

**Harina hiperproteica de quinua (HHPQ):** Según el análisis proximal realizado en la investigación de Castillo & Gonzales, 2018 para la empresa SEGALCO S.A.S, quienes informan que se realizó siguiendo los métodos normalizados en la norma técnica AOAC, reportan los siguientes resultados:

**Tabla 8.** Composición proximal de harina hiper proteica de quinua (HHPQ); (g en relación a 100 g).

	<b>HHPQ (g)</b>
Humedad	4,24 ± 0,03
Cenizas	5,63 ± 0,19
Extracto etéreo	18,82 ± 0,86
Proteína	30,12 ± 0,68
Fibra	9,30 ± 0,70
Carbohidratos	32,14 ± 3,21

**Fuente:** Castillo & Gonzales (2018)

La harina de quinua empleada se caracteriza por tener un alto contenido de proteína respecto a los granos de quinua entera o harinas crudas, si se compara la información de la tabla 8 con respecto a la tabla 3, se puede evidenciar que el contenido de proteína llega a duplicarse, esto debido a la tecnología empleada para la elaboración de la harina, pues emplean una molienda abrasiva de los granos seguido de un proceso de desengrasado a presión y extrusión, con el fin de elevar el contenido proteico y favorecer su solubilidad en agua (Castillo & Gonzales, 2018).

Esta misma experiencia la demuestra Huang et al., 2021, quien analizó el efecto del proceso de desengrasado por solvente y extrusión en harina de quinua cruda, quienes informan resultados similares, donde los autores afirman que después de dichos procesos el contenido de proteína se eleva, esto debido a que al eliminarse la grasa que se encuentra parcialmente unida a proteínas hace que se incremente su contenido, sin embargo, advierten que se presenta una pérdida parcial de proteínas después de la extrusión, debido a la agregación de las mismas causada por la formación de enlaces disulfuro y de puentes de hidrógeno durante el proceso.

**Formulación bebida base:** La formulación para la bebida base consistió en la disolución del concentrado de crema de coco en una mezcla de agua de coco y agua potable, en una relación 1:10, esta relación se hizo con el objetivo de reducir el contenido de grasa del concentrado de crema de coco, además de conservar atributos sensoriales de sabor y olor a coco, autores como Patil & Benjakul, 2018, mencionan que se pueden obtener leche de coco con relaciones hasta de 1:20 sin perderse características sensoriales en la bebida.

Según el Codex Alimentarius en su normativa internacional para productos acuosos de coco y crema de coco CXS 240-2003 y el análisis proximal realizado para este producto por el Instituto de Ciencia y Tecnología Alimentaria (INTAL), ubicado en la ciudad de Medellín (ver tabla 10), la denominada inicialmente como **bebida base** se cataloga como una “**Leche de coco ligera**” (**LCL**), ya que esta presenta un mínimo de grasa de 5% y un máximo de humedad del 93,4%.

**Figura 3.** Formulación leche de coco ligera (agua, agua de coco y concentrado de crema de coco).



**Tabla 9.** Composición proximal de leche de coco ligera (LCL); (g en relación a 100 g).

	<b>LCL (g)</b>
Humedad	94,73
Cenizas	< 0,05
Extracto etéreo	4,31
Proteína	< 0,05
Carbohidratos	< 0,1

Fuente: INTAL.

En los resultados obtenidos se puede observar que la formulación de la leche de coco ligera se compone principalmente de agua y grasa, mientras que la presencia de otros macronutrientes es menor al 0,05%, esto debido a la dilución que se realiza con el concentrado de crema de coco para obtener el producto. Según Kofi et al., (2022), quienes en su artículo analizaron y compararon el contenido composicional químico y la capacidad antioxidante de la leche de coco frente a leche de vaca, consiguieron resultados diferentes, pues, ellos informan que el contenido de grasa y de humedad de la leche de coco elaborada es de 14,12% y 90,33% respectivamente, además el contenido de proteína en sus muestras es mayor con un 2,22%. Resultados similares a estos los obtuvo Rincón et al. (2020) quienes desarrollaron una bebida vegetal de coco con garbanzos y manifiestan que el contenido de humedad, grasa y proteína para una de sus muestras que constaba únicamente de coco y agua presenta valores de 90,55%, 7,42% y 1,04% respectivamente.

Esta variación se ve atribuida al método de elaboración de las bebidas y las diluciones realizadas, pues según lo descrito por los dos autores consultados la bebida se elaboró a partir de escaldado por inmersión y molienda húmeda del coco y agua en proporciones de 1:3, la cual posteriormente fue filtrada y pasteurizada a comparación del método de elaboración empleado, el cual consta de la obtención de la leche de coco por presión a temperatura cercana a los 70°C para posteriormente ser diluido en agua.

### **3.1.2. PRUEBAS MICROBIOLÓGICAS**

Las pruebas microbiológicas en alimentos indican el grado de cumplimiento de las buenas prácticas de manipulación de un alimento en un proceso, a continuación se muestran las cantidades determinadas para el concentrado de crema de coco.

**Concentrado crema de coco.** La norma Codex Stan 240-2003 y la resolución 1407 del 2022 establecen los criterios microbiológicos que deberán cumplir alimentos y bebidas destinadas para el consumo humano. Los resultados de Unidades Formadoras de Colonia por mililitro (UFC/ml) fueron determinados según las especificaciones de la NTC 4092, en la cual se establecen los requisitos generales y directrices para análisis microbiológico. En la tabla 10 se muestran los resultados obtenidos.

Investigaciones como la de Navarro et al., del 2007, mencionan la estabilidad microbiológica de la leche de coco o leche de coco es baja y puede descomponerse rápidamente hasta en condiciones de refrigeración, debido a que esta representa un medio rico que puede mantener el crecimiento de todos los microorganismos más comunes introducidos en la manipulación, algunos de estos pueden ser bacterias de los géneros *Bacillus*, *Mycobacterium*, *Micrococcus* y *Brevibacterium*; también algunos coliformes y hongos de los géneros *Penicillium*, *Geotricum*, *Mucor*, *Fusarium* y *Sacharomyces spp*, los cuales predominan en la leche de coco (Navarro et al., 2007).

**Tabla 10.** Resultados de las pruebas microbiológicas del extracto de coco.

Mesófilos aerobios (UFC/ml)	E. Coli (UFC/ml)	Coliformes totales y fecales (UFC/ml)	Mohos y levaduras (UFC/ml)
$1,64 \times 10^3 \pm 0,12 \times 10^3$	Ausencia	$1,11 \times 10^2$	$1,18 \times 10^2 \pm 0,00$

#### - MESÓFILOS

La resolución 1407 del 2022, para bebidas no pasteurizadas, establece para mesófilos aerobios en jugos de fruta o bebidas con jugo o derivados de estos, límites de  $10^3$  ufc/ml o menos para productos de buena calidad y de máximo  $3 \times 10^3$  ufc/ml para productos de calidad aceptable.

En la tabla 10 se tiene un valor de  $1,64 \times 10^3 \pm 0,12 \times 10^3$  ufc/ml mesófilos aerobios, clasificando este producto de calidad aceptable; en investigaciones como la de Navarro et al. (2007), se menciona que otros autores como Mendonça y col., en 1987, encontraron aerobios mesófilos en niveles de  $1,2 \times 10^6$  ufc/ml-  $1,7 \times 10^8$  ufc/ml, las cuales pueden generar efectos organolépticos negativos; por lo cual los microorganismos mesófilos totales no deberán exceder de 50 mil microorganismos por mililitro.

Las colonias de mesófilos aerobios identificadas se ilustran en la figura 4 y su caracterización se encuentra en el cuadro 4.

**Cuadro 4.** Descripción macroscópica de mesófilos del concentrado de crema de coco en agar PCA.

Colonia 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Forma: irregular</li> <li>- Margen: ondulado</li> <li>- Superficie: lisa</li> <li>- Consistencia: Cremosa</li> <li>- Propiedad óptica: Opaca</li> <li>- Tamaño: Grande</li> <li>- Color: Beige</li> </ul>
Colonia 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Forma: Circular</li> <li>- Margen: Entero</li> <li>- Elevación: Convexa</li> <li>- Superficie: Lisa</li> <li>- Consistencia: Cremosa</li> <li>- Propiedad óptica: Brillante</li> <li>- Tamaño: Grande</li> <li>- Color: Beige</li> </ul>
Colonia 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Forma: Puntiforme</li> <li>- Margen: Entero</li> <li>- Superficie: Lisa</li> <li>- Propiedad óptica: Opaca</li> <li>- Tamaño: Pequeño</li> <li>- Color: Blanco</li> </ul>

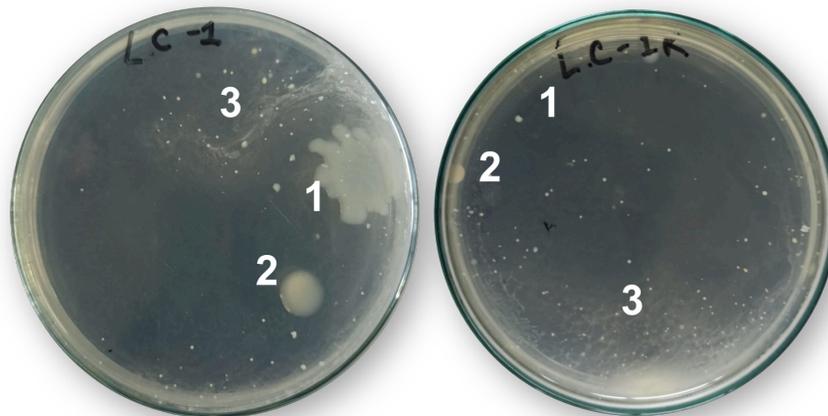
Las colonias de la réplica de la muestra de la concentrado de crema de coco también fueron caracterizadas macroscópicamente en el cuadro 5.

**Cuadro 5.** Descripción macroscópica de la réplica del concentrado de crema de coco en agar PCA.

Colonia 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Forma: irregular</li> <li>- Margen: ondulado</li> <li>- Superficie: lisa</li> <li>- Consistencia: Cremosa</li> <li>- Propiedad óptica: Opaca</li> <li>- Tamaño: Pequeño</li> <li>- Color: Beige</li> </ul>
-----------	---

Colonia 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Forma: Circular</li> <li>- Margen: Entero</li> <li>- Elevación: Convexa</li> <li>- Superficie: Lisa</li> <li>- Consistencia: Cremosa</li> <li>- Propiedad óptica: Brillante</li> <li>- Tamaño: Mediano</li> <li>- Color: Beige</li> </ul>
Colonia 3	Las características macroscópicas de esta colonia son similares a la colonia 3 de la tabla 10.

**Figura 4.** Colonias de mesófilos de la dilución  $10^{-1}$  del concentrado de crema de coco y su réplica en agar PCA después de 24 h.



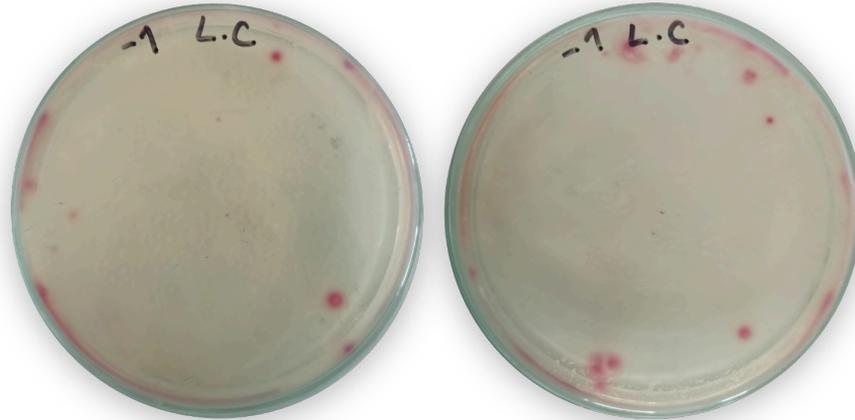
#### - **Coliformes totales y *E.Coli***

Los límites de aceptación según la exigencia de la resolución 1407 del 2022 para *E.Coli* es de máximo de 10 ufc/ml para la aceptación del producto, ya que este microorganismo es un indicador de contaminación fecal, por lo cual se espera que en cualquier producto alimenticio presente ausencia del mismo; los resultados obtenidos muestran que no hay presencia de *E. Coli*, ya que el medio de crecimiento fue específico, el cual indica la presencia de esta mediante colonias teñidas de tonos azules (ver figura 5).

Por otro lado el recuento para coliformes totales obtenidos en la muestra fue de  $1,11 \times 10^2$  ufc/ml (tabla 10), para estas colonias la resolución 1407 no establece valores mínimos, por lo cual se espera la presencia mínima; en investigaciones como la de Navarro et al., (2007), menciona que en la leche de coco y carne de

coco pelado se encuentran varios tipos de bacterias entre ellas coliformes los cuales pueden presentar resistencia a la temperatura.

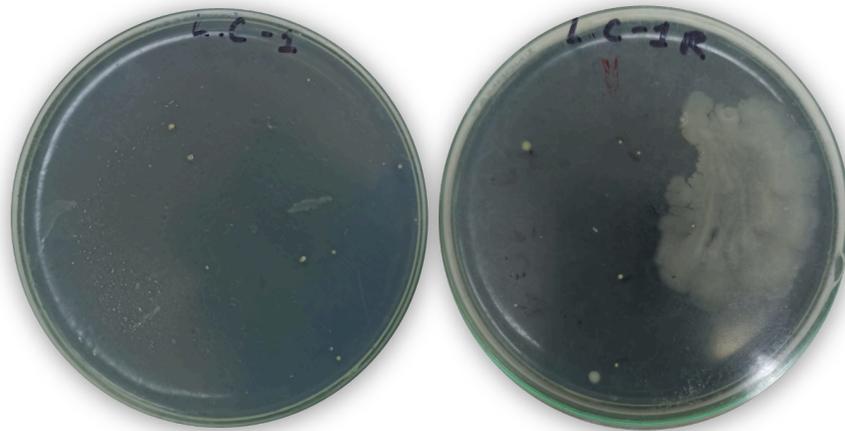
**Figura 5.** Colonias sembradas de la muestra de concentrado de crema de coco en agar chromogenic colinstant después de 24 h.



#### - Mohos y levaduras

Los límites establecidos para bebidas con jugo (zumo) y demás establecida por la resolución 1407 del 2022 para mohos y levaduras es de  $10^2$  para un producto con calidad buena y  $2 \times 10^2$  ufc/ml para un producto con calidad aceptable; las ufc/ml determinadas en la muestra analizada fueron  $1,18 \times 10^2 \pm 0,00...$  ufc/ml, clasificando al producto de calidad aceptable, estando sin pasteurizar; en investigaciones como la de Navarro et al., (2007), mencionan que Mendonça y col., (1987) obtuvieron hongos de la leche de coco entre los que predominaron *Penicillium*, *Geotricum*, *Mucor*, *Fusarium* y *Sacharomyces spp.*

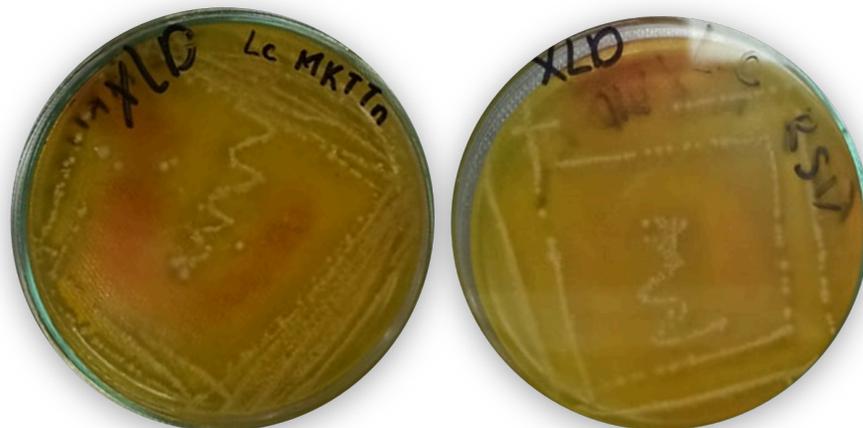
**Figura 6.** Colonias de hongos y levaduras de la dilución  $10^{-1}$  del concentrado de crema de coco y su réplica en agar PDA después de 24 h.



- ***Salmonella spp***

La *Salmonella* es una bacteria de cuidado en alimentos ya que causa muchas enfermedades es por eso que se establece ausencia de esta en la normas como la resolución 1407. En la muestras analizadas se determino ausencia de *Salmonella spp*, ya que no se observan colonias incoloras con centro negro, característica en agar Salmonella- Shigella (medio selectivo para *Salmonella spp*).

**Figura 7.** Colonias sembradas del concentrado de crema de coco en agar Salmonella- Shigella después de 24 h; a: Caldo MKTTn, b: caldo RVA.



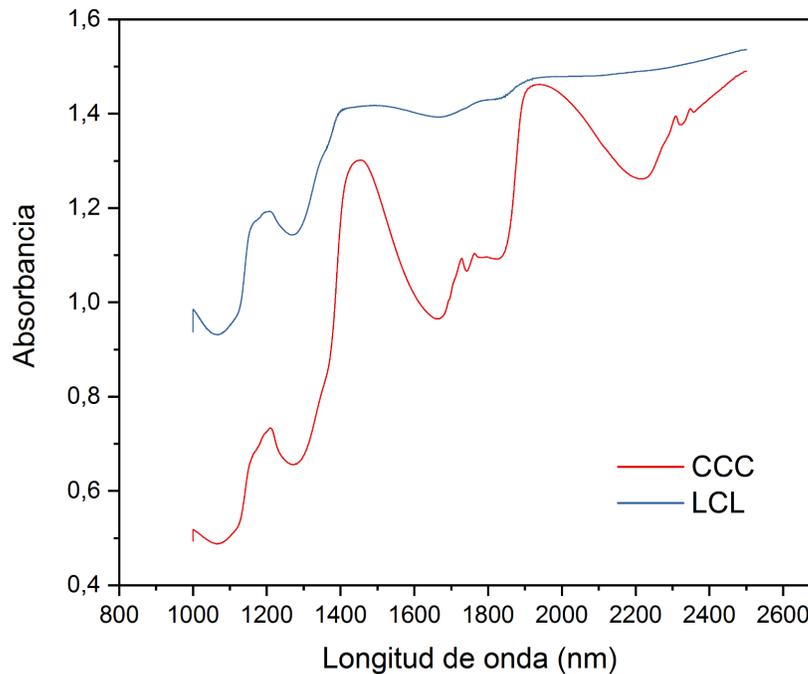
La torta de coco obtenida en el proceso de extracción de la leche, también fue sometido a análisis microbiológico, se determinaron en ufc/ml (ver anexo).

### 3.1.3. ESPECTROSCOPIA INFRARROJA CERCANA-NIR

La espectroscopia por infrarrojo cercano (NIR), es una técnica que a menudo se usa para determinar la adulteración y calidad en productos de forma cualitativa y cuantitativa, en investigaciones como la de Sitorus & Lapcharoensuk, (2019), se indica que bebidas como la leche de coco sufren de adulteración por adición de agua, agua de coco vieja y harina de maíz para obtener mayor volumen y aumentar el contenido de carbohidratos.

Los espectros del concentrado de crema de coco (CCC) y la leche de coco ligera (LCL) fueron caracterizados, los resultados de las vibraciones moleculares más representativas en el NIR se muestran en la figura a continuación.

**Figura 8.** Espectros NIR de la medición del CCC y LCL en rango de número de onda de 900 a 2500 nm.



La figura 8 permite identificar el espectro del concentrado de crema de coco (CCC) y la leche de coco ligera (LCL), en los cuales se puede observar que la cantidad de agua disuelta influye sobre el espectro, siendo la leche de coco ligera la muestra con mayor absorbancia con un contenido de agua del 94,7% (tabla 9) y el concentrado de coco la de menor contenido con 55,4% (tabla 6). Lo anterior es debido a la sensibilidad del NIR al agua y las fuertes bandas de absorbancia que esta genera (Chen et al., 2021).

Las bandas correspondientes al segundo pico de absorción las cuales se encuentran en una longitud de onda de 1300 nm a 1600 nm, se asocian a los primeros armónicos de estiramiento O-H y C-H del primer sobretono y extensión combinada de O-H del agua, así se señaló en la investigación de Sitorus & Lapcharoensuk, (2019) para leches de coco, de igual forma Cardoso et al., (2022), en su investigación sobre la evaluación de jugo de caña reportó el mismo rango de longitud de onda como el pico asociado al agua.

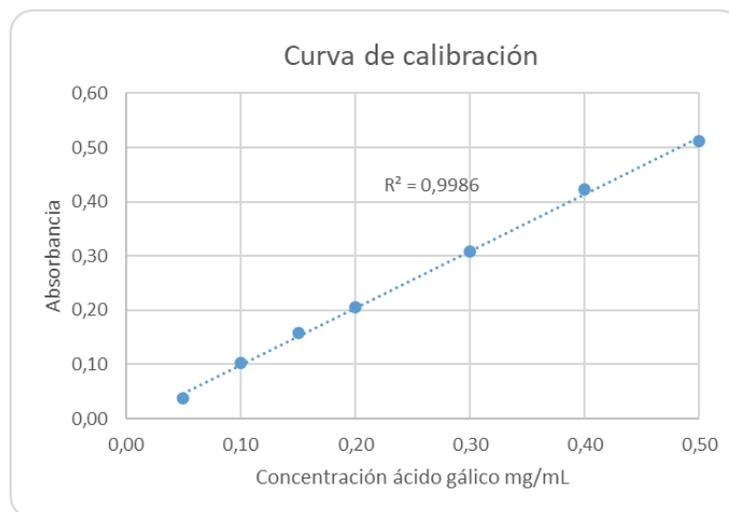
El tercer pico de absorción establecido entre la longitud de banda de 1900 nm a 2100 nm, se asoció al segundo sobretono de C=O y combinaciones de bandas de O-H (Cardoso et al., 2022), este puede relacionarse con los ácidos grasos, ya que estos presentan en sus estructura química un grupo carboxilo (C=O) y un grupo hidroxilo (O-H). La grasa en las bebidas elaboradas con coco es rica en ácidos grasos saturados, principalmente los pertenecientes a los aceites láuricos, siendo ácido laurico, ácido mirístico, ácido palmítico y el ácido caprílico los más destacados en esta bebida (Blasi et al., 2023). Además encontraron en muestras que contenían aceites vegetales con dobles enlaces *cis* tenían banda de absorción moderada alrededor de 2150 y segundos armónicos débiles alrededor de 1170 nm indico que posiblemente esté indicaba el grado de insaturación en lípidos (Kene & LW, 2019).

Finalmente las bandas de absorción entre 1100 nm a 1300 nm donde se observa el primer pico se asocia al segundo sobretono del tramo C-H (Chen et al., 2021), 1192 nm está asociado a tonos combinados de O-H (Wlodarska et al., 2021), Kene & LW, (2019) en su investigación indica que entre 1170 nm a 1210 nm se asocia a los segundos armónicos de las vibraciones de estiramiento de CH.

#### **3.1.4. ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE PARA CONCENTRADO DE CREMA DE COCO**

Los resultados obtenidos en las pruebas actividad de antioxidantes en el concentrado de crema de coco se muestran en la tabla 11, dichos valores fueron ajustados mediante una curva de calibración (figura 9).

**Figura 9.** Curva de calibración para fenoles totales y DPPH del concentrado de crema de coco.



**Tabla 11.** Actividad antioxidante del concentrado de crema de coco.

Método	Cantidad
Fenoles totales	1,102 ± 0,048 mg de ácido gálico/ g muestra
ABTS	3,581 ± 0,148 μmol trolox/ g muestra
DPPH	1,568 ± 0,617 mg ácido gálico/ g muestra

Los compuestos fenólicos presentes en el concentrado de crema de coco fueron de 1,102 ± 0,048 mg de ácido gálico/ g muestra (tabla 11). Estos valores pueden variar dependiendo de diferentes factores como: tipo cultivo, maduración y variedad del fruto, método de extracción de la leche de coco etc. (Montoya, 2021). Este último influye sobre el contenido de fenoles del extracto, pues autores como Seneviratne et al., 2009 y Marina et al., 2009 coinciden que el método de extracción por molienda húmeda y temperaturas altas (100°C-120°C) beneficia la retención de antioxidantes fenólicos térmicamente estables al aceite o crema de coco, debido al componente polar que estas moléculas presentan, lo cual permite la solubilidad en la fase acuosa de la crema de coco. Sin embargo, también plantean que a estas temperaturas es probable que se pierda una parte de antioxidantes dado a la evaporación del agua.

El valor determinado de fenoles totales para el concentrado de crema de coco (tabla 11), es inferior al contenido de algunas leches vegetales como la leche de quinua (393 mg de ácido gálico/ g muestra) y la leche de soja (700 a 1000 mg de

ácido gálico/ g muestra) (Rioja et al., 2018); además en estas cantidades no se considera beneficioso para la salud ya que según Cereceres et al. (2020) en su investigación se indica que en adultos mayores la ingesta debe oscilar entre  $280 \pm 130$  a  $2.771 \pm 1.552$  mg/ día para que se refleje el beneficio frente a enfermedades cardiovasculares, síndrome metabólico y diabetes.

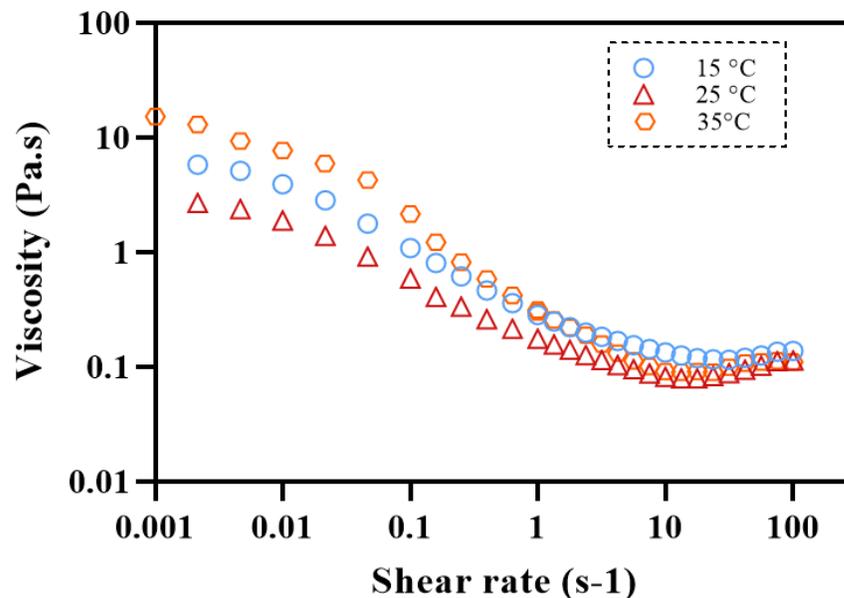
La capacidad antioxidante de los extractos del concentrado de crema de coco fueron capaces de atrapar radicales DPPH y ABTS, los cuales son bajos y proporcionales al contenido de fenoles totales respecto a otras leches vegetales reportadas en la investigación de Rioja et al. (2018), como la leche de soja una de estas con  $400 \mu\text{mol trolox/L}$  en ABTS y  $180 \mu\text{mol trolox/L}$  en DPPH, determinado así que esta no es una característica que pueda contener el producto final.

### 3.1.5. PRUEBAS REOLÓGICAS

#### - PERFIL DE FLUJO DEL CONCENTRADO DE CREMA DE COCO

El concentrado de crema de coco fue evaluado a diferentes temperaturas constantes las cuales son consideradas como temperaturas de almacenamiento (15, 25, 35 °C) (ver figura 10), en donde se hace evidente el aumento proporcional entre el esfuerzo de corte y la velocidad de deformación.

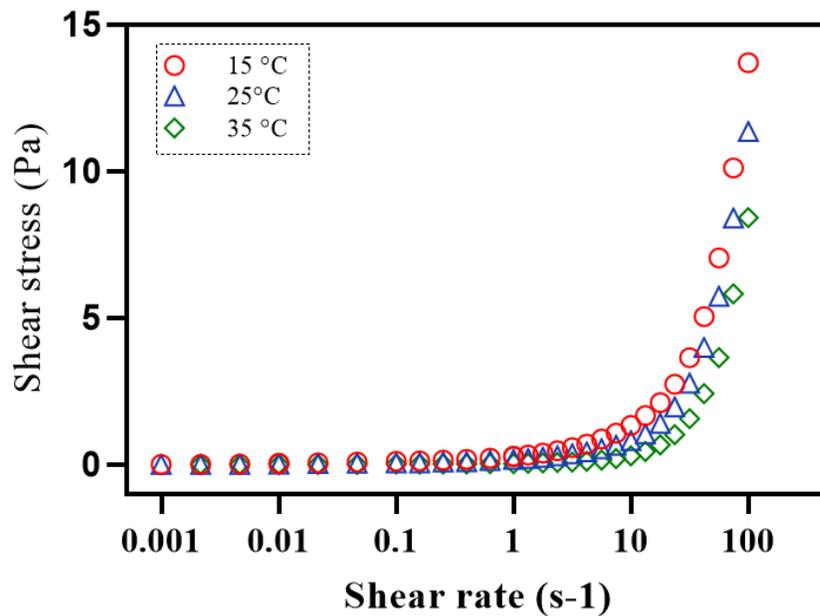
**Figura 10.** Viscosidad aparente del concentrado de crema de coco a 15, 25 y 35°C.



La viscosidad aparente del concentrado de crema de coco disminuyó con el aumento de la velocidad de corte, hasta velocidades cercanas a  $10 \text{ s}^{-1}$  en la

muestras a diferentes temperaturas (figura 10); esto se debe a que el concentrado de crema de coco es una emulsión de aceite en agua (sistema coloidal que contiene gotitas de aceite dispersas en una fase acuosa), que al someterse a un aumento en la velocidad de cizalla, la interacción partícula-partícula se deforma y finalmente se interrumpe, provocando una reducción del tamaño de partícula en los flóculos y a su vez una disminución de la viscosidad (Peamprasart & Chiewchan, 2006) (Ibanoğlu, 2002). Posteriormente la viscosidad se estabiliza a una velocidad de corte de  $10 \text{ s}^{-1}$  (figura 10) debido a la reducción del tamaño, ya que quedaron partículas individuales y pequeñas en el sistema (Peamprasart & Chiewchan, 2006) (McClements, 2015).

**Figura 11.** Esfuerzo cortante del concentrado de crema de coco a 15, 25 y 35 °C.



El esfuerzo cortante del concentrado de crema de coco presenta pequeñas variaciones hasta velocidades de corte inferiores a  $10 \text{ s}^{-1}$ , esto atribuido a que las partículas de la emulsión pueden reorganizarse en dirección paralela con la fuerza de corte y las partículas grandes de la emulsión se pueden romper por la fuerza de corte (Simuang et al., 2004). Velocidades de corte superior a  $10 \text{ s}^{-1}$  reducen el tamaño medio de las gotas de la emulsión, debido a las fuerzas de cizalla aplicadas, lo que genera un aumento en la superficie del volumen de las gotas, en consecuencia aumentan las interacciones entre las gotas provocando valores más altos de resistencia al flujo (Mezger, 2006).

**Tabla 12.** Parámetros reológicos del modelo de Ostwald o power law a 15, 25 y 35 °C del concentrado de crema de coco.

Parámetro	Temperatura		
	15 °C	25°C	35°C
n	1,208 ± 0,178 <sup>a</sup>	1,197 ± 0,018 <sup>a</sup>	1,529 ± 0,120 <sup>a</sup>
K	0,057 ± 0,050 <sup>a</sup>	0,044 ± 0,006 <sup>b</sup>	0,007 ± 0,005 <sup>c</sup>
R <sup>2</sup>	0,998 ± 0,002	0,998 ± 0,000	0,999 ± 0,000

A partir de los datos arrojados por el reómetro para el concentrado de crema de coco empleando el modelo matemático de la potencia de Ostwald y el modelo de Herschel-Bulkley. Se determinaron parámetros como el Índice de comportamiento reológico (n), coeficiente de consistencia (k) y umbral de fluencia ( $\sigma_0$ ) 1 (tabla 12 y 13), para las tres temperaturas analizadas; los cuales indican que el fluido tiene un comportamiento espesante por cizallamiento o dilatante, con valor de  $n > 1$ , K y  $\sigma_0$  cercanos a cero.

**Tabla 13.** Parámetros reológicos del modelo de modelo de Herschel-Bulkley a 15, 25 y 35 °C del concentrado de crema de coco.

Parámetro	Temperatura		
	15 °C	25°C	35°C
n	1,237 ± 0,152 <sup>a</sup>	1,223 ± 0,011 <sup>a</sup>	1,537 ± 0,120 <sup>a</sup>
K	0,047 ± 0,038 <sup>a</sup>	0,039 ± 0,004 <sup>b</sup>	0,007 ± 0,005 <sup>c</sup>
$\sigma_0$	0,090 ± 0,093 <sup>a</sup>	0,069 ± 0,021 <sup>b</sup>	0,010 ± 0,001 <sup>c</sup>
R <sup>2</sup>	0,998 ± 0,001	0,999 ± 0,000	0,999 ± 0,000

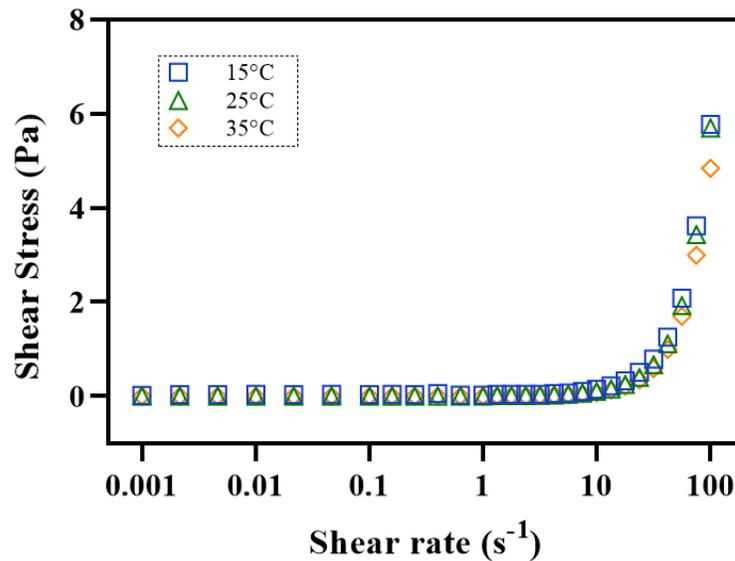
Los valores de Índice de comportamiento reológico (n), coeficiente de consistencia (k) y umbral de fluencia ( $\sigma_0$ ), fueron sometidos a comparaciones múltiples mediante ANOVA, los cuales indicaron que para ambos modelos el comportamiento de flujo a las tres temperaturas no presentan diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) con ajuste del 95%. Sin embargo, el índice de consistencia presentó diferencias significativas ( $P < 0,05$ ), siendo inversamente proporcional a la temperatura al igual que el umbral de fluencia, esto debido a que la grasa de las

emulsiones del concentrado de crema de coco existen en forma de cristales a temperaturas inferiores a 24°C (Maghazechi et al., 2021).

#### - PERFIL DE FLUJO DE LA LECHE DE COCO LIGERA

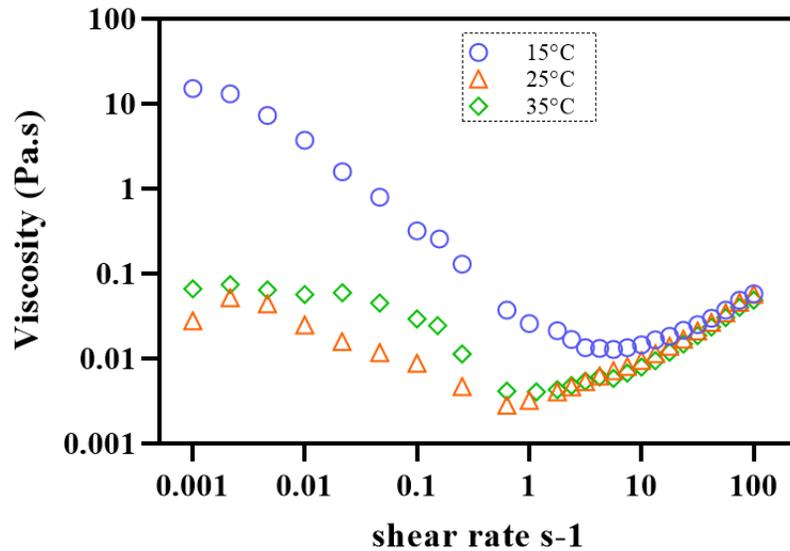
La leche de coco ligera fue evaluada a tres temperaturas (15°C, 25°C y 35°C), en donde se puede ver cómo varió la viscosidad y el estrés cortante en función de la velocidad de corte, los resultados se muestran a continuación.

**Figura 12.** Esfuerzo cortante de leche de coco ligera a 15, 25 y 35°C.



Si bien, la leche de coco ligera es mayoritariamente agua, el contenido de sólidos proporcionados por la leche de coco favorece la dilatancia, pues en su mayoría son partículas de grasa y carbohidratos insolubles que se aglomeran después de superar velocidades de corte entre el 1 y 10 s<sup>-1</sup>, lo que contribuye a un aumento de el esfuerzo durante las mismas (Domínguez, 2018).

**Figura 13.** Viscosidad aparente de la leche de coco ligera a 15, 25 y 35°C.



La viscosidad aparente de la leche de coco ligera es inversamente proporcional a la tasa de corte a bajas velocidades. Por tanto esta presenta adelgazamiento por cizalla (fluido pseudoplástico) hasta velocidades  $1 \text{ s}^{-1}$  para las muestras analizadas a  $25^\circ\text{C}$  y  $35^\circ\text{C}$ , mientras que a  $15^\circ\text{C}$  se requerirá de mayores velocidades (hasta  $10 \text{ s}^{-1}$ ). Este comportamiento puede deberse a la grasa de la leche de coco, ya que esta se encuentra cristalizada a temperaturas inferiores a  $24^\circ\text{C}$  (Maghazechi et al., 2021). Sin embargo al sobrepasar las tasas de corte se evidencia aumento en la viscosidad aparente, este fenómeno es conocido como dilatancia, el cual es provocado cuando las partículas dispersas en el fluido superan las fuerzas viscosas que las separan, formando agregados o enmarañamiento entre ellas, causando un aumento de la viscosidad y del esfuerzo cortante (figura 13) a partir de una velocidad de corte mínima observada (Domínguez, 2018).

Para comprobar lo determinado anteriormente, se modelaron los datos obtenidos emplearon los modelos matemáticos como el modelo de Ostwald o de la potencia (tabla 14) y Herschel- Bulkley (tabla 15), en los que se evidenció el comportamiento dilatante que presenta la leche de coco ligera a las tres temperaturas analizadas, puesto que el índice de comportamiento de flujo ( $n$ ) para ambos modelos es mayor a 1, indicando que se produce una dilatancia en el fluido a medida que la velocidad de cizalla aumenta.

**Tabla 14.** Parámetros reológicos del modelo de Ostwald o power law a 15, 25 y 35 °C de la leche de coco ligera.

Parámetro	Temperatura		
	15 °C	25°C	35°C
n	1,660 ± 0,085 <sup>a</sup>	1,851 ± 0,006 <sup>a</sup>	1,795 ± 0,016 <sup>a</sup>
K	0,002 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,001 ± 0,000 <sup>c</sup>	0,001 ± 0,005 <sup>b,c</sup>
R <sup>2</sup>	0,998 ± 0,001	0,999 ± 0,000	0,999 ± 0,000

**Tabla 15.** Parámetros reológicos del modelo de modelo de Herschel-Bulkley a 15, 25 y 35 °C de la leche de coco ligera.

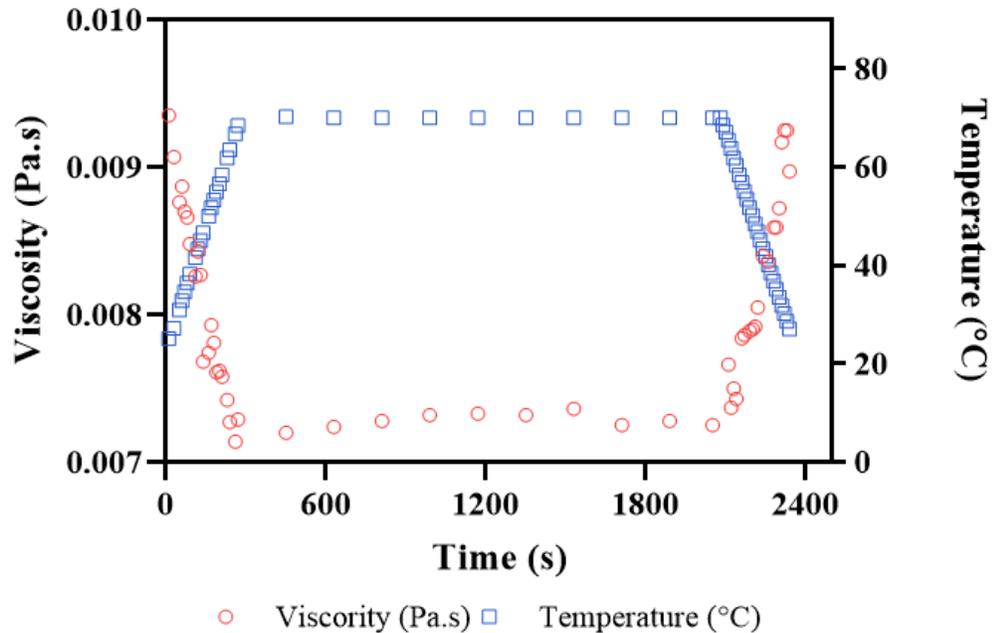
Parámetro	Temperatura		
	15 °C	25°C	35°C
n	1,778 ± 0,036 <sup>a</sup>	1,854 ± 0,006 <sup>a</sup>	1,795 ± 0,016 <sup>a</sup>
K	0,002 ± 0,000 <sup>a</sup>	0,001 ± 0,000 <sup>c</sup>	0,001 ± 0,000 <sup>b,c</sup>
$\sigma_0$	0,021 ± 0,015 <sup>b</sup>	0,003 ± 0,000 <sup>a</sup>	0,000 ± 0,001 <sup>c</sup>
R <sup>2</sup>	0,998 ± 0,001	0,999 ± 0,000	0,999 ± 0,000

El índice de flujo (n) e índice de consistencia (K) proporcionado por los modelos matemáticos empleados, se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) de un solo factor con múltiples comparaciones, donde se obtuvo como resultado que para el índice de flujo (n) no se presentó diferencia significativa ( $P > 0.05$ ), mientras que para el índice de consistencia (k) se evidenció diferencia significativa ( $P < 0.05$ ), lo que indica que la temperatura tiene efecto sobre la viscosidad; esto puede deberse a el contenido de agua en la base, debido a que esta mezcla no presenta sustancias con las cuales el agua pueda interactuar y aumentar su viscosidad.

#### - EMPASTAMIENTO DE LA LECHE DE COCO LIGERA

La leche de coco ligera se sometió a prueba de empastamiento bajo condiciones que simulaban la pasteurización (70°C por 30 minutos), la cual permitió obtener la gráfica a continuación.

Figura 14. Empastamiento de leche de coco ligera.



La curva de empastamiento permitió determinar que no hay gelatinización de la leche de coco ligera, debido a que el contenido de almidones en la muestra es poco o nulo, sin embargo se observó la disminución de la viscosidad a medida que aumentaba la temperatura, esto puede ser atribuido al contenido de grasa presente en ella, dado que el punto de fusión del aceite de coco está entre los 25 a 33°C (Fedepalma, 1985), lo que genera un cambio de fase de sólido a líquido de la grasa presente; en consecuencia, se puede apreciar que al disminuir la temperatura hasta 20 °C (figura 14).

Posteriormente la viscosidad aumentó hasta alcanzar valores similares a los iniciales, lo anterior permitió que la temperatura no afectará gravemente las estructuras de los ácidos grasos de la muestra, favoreciendo la solidificación de la grasa nuevamente. De igual forma, este tratamiento térmico busca no afectar las proteínas lábiles presentes en la leche de coco, las cuales pueden desnaturalizarse y desestabilizar la bebida (Kwon et al., 1996) y en consecuencia no afectar el comportamiento reológico de la misma.

### 3.2. RESULTADOS DE LA METODOLOGÍA PARA EL OBJETIVO ESPECÍFICO 2: EVALUAR LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS Y SENSORIALES DE LA MEZCLA ENTRE UNA BEBIDA VEGETAL DE COCO Y UN CONCENTRADO PROTEICO DE QUINUA.

#### 3.2.1. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se planteó un diseño experimental inicial con diferentes tratamientos, los cuales constaban de leche de coco ligera con tres inclusiones de harina hiperproteica de quinua (2,5%, 5% y 10%) y tres concentraciones del estabilizante (goma Xanthan (GX) al 0,05%, 0,075% y 0,1%), este diseño arrojó resultados anómalos, presentando características no deseadas como desestabilidad y la formación de geles (caso particular de adición del 10% de harina de quinua hiperproteica) (ver figura 15).

**Figura 15.** Tratamientos anómalos (adición de harina hiperproteica al 10%).



Por lo anterior y con el fin de mejorar las condiciones de la formulación de la bebida vegetal se incorporó carboximetilcelulosa (CMC) en dos cantidades (0,05% y 0,025%), este funcionaria en complemento a la GX, como en la investigación de Ibrahim etc al. (2011), la cual determinó que la incorporación de goma Xanthan y CMC controlan la sedimentación de partículas e incrementa la viscosidad de la suspensión sin afectar las propiedades físicas y sensoriales. Por otro lado se mantuvieron dos niveles de inclusión de harina de quinua hiperproteica (2,5% y 5%).

**Tabla 16.** Diseño experimental (leche de coco ligera más HHPQ, CMC y GX).

Tratamientos	% HHPQ	% CMC	% GX
E1-2	2.5%	0.05%	0.05%
E1-3	5%	0.05%	0.05%
E2-2	2.5%	0.025%	0.075%
E2-3	5%	0.025%	0.075%
E3-2	2.5%	0.025%	0.1%
E3-3	5%	0.025%	0.1%
E4-2	2,5%	0%	0%
E4-3	5%	0%	0%

**Figura 16.** Tratamientos del diseño experimental con adición de gomas.

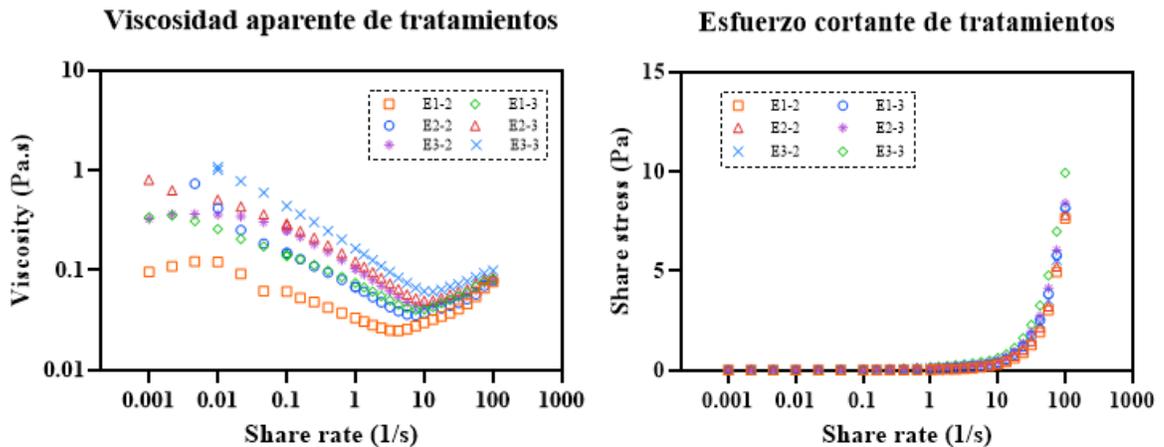


### 3.2.2. REOLOGÍA DE LOS TRATAMIENTOS DEL DISEÑO EXPERIMENTAL

Los resultados de los tratamientos del diseño experimental mostraron a que altas velocidades de cizalla hay mayor esfuerzo de corte (figura 17), además de una reducción de la viscosidad aparente cuando las formulaciones pasan del reposo ( $0 \text{ s}^{-1}$ ) hasta velocidades de cizalla de  $10 \text{ s}^{-1}$ , posterior a velocidades de cizalla de  $10 \text{ s}^{-1}$  las formulaciones se comportan como fluidos dilatantes, es decir que el comportamiento viscoso de las formulaciones son dependientes de la velocidad de cizalla aplicada, esto también se evidenció en investigaciones como la de Polo et al., (2021), por la cual la harina de quinua obtenida por molienda abrasiva de 10 minutos, granulometría de  $125 \mu\text{m}$  y sin tratamiento térmico presentó

comportamiento dilatante a velocidades cizalla de 0 a 300 s<sup>-1</sup> y newtoniano a velocidades de cizalla de 0 a 170 s<sup>-1</sup>.

**Figura 17.** Viscosidad aparente y esfuerzo cortante de los tratamientos del diseño experimental.



**Tabla 17.** Parámetros reológicos del modelo de Ostwald o power law a 25 °C de los tratamientos del diseño experimental.

Parámetro	E1-2	E1-3	E2-2	E2-3	E3-2	E3-3	E4-2	E4-3
n	1,51 ± 0,04 <sup>a</sup>	1,34 ± 0,02 <sup>a</sup>	1,43 ± 0,01 <sup>ab</sup>	1,28 ± 0,03 <sup>b</sup>	1,34 ± 0,05 <sup>abc</sup>	1,23 ± 0,02 <sup>c</sup>	0,98 ± 0,00 <sup>d</sup>	0,81 ± 0,00 <sup>e</sup>
K	0,01 ± 0,00 <sup>ef</sup>	0,02 ± 0,00 <sup>cd</sup>	0,01 ± 0,00 <sup>de</sup>	0,02 ± 0,00 <sup>c</sup>	0,01 ± 0,00 <sup>d</sup>	0,03 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,002 ± 0,00 <sup>f</sup>	0,051 ± 0,00 <sup>a</sup>
R <sup>2</sup>	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99

El análisis ANOVA de dos factores con comparación múltiple para los índices de flujo (n) obtenidos por regresión del modelo de la potencia permitió determinar que existen diferencias significativas (p<0.05) entre los tratamientos, influenciado principalmente por la adición de la goma xanthan y el CMC, puesto que presentan el 91,67% de la variación entre los tratamientos. De igual forma, se realizó el ANOVA para los datos de índice de consistencia (k), donde se estableció que existe una diferencia significativa (p<0.05) entre los tratamientos, sin embargo, para este índice se observó que la variación estuvo influenciada por las inclusiones de HHPQ (61,80%) y su interacción con la mezcla de estabilizantes (24,39%).

**Tabla 18.** Parámetros reológicos del modelo de modelo de Herschel-Bulkley a 25 °C de la bebida base de coco.

Parámetro	E1-2	E1-3	E2-2	E2-3	E3-2	E3-3	E4-2	E4-3
n	1,53 ± 0,05 <sup>a</sup>	1,35 ± 0,02 <sup>a</sup>	1,46 ± 0,02 <sup>a</sup>	1,31 ± 0,04 <sup>a</sup>	1,41 ± 0,05 <sup>a</sup>	1,35 ± 0,13 <sup>a</sup>	0,93 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,80 ± 0,00 <sup>b</sup>
K	0,01 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,02 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,01 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,02 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,01 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,02 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,003 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,051 ± 0,00 <sup>a</sup>
$\sigma_0$	0,02 ± 0,02 <sup>cd</sup>	0,03 ± 0,00 <sup>bcd</sup>	0,04 ± 0,00 <sup>abc</sup>	0,06 ± 0,00 <sup>ab</sup>	0,06 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,06 ± 0,01 <sup>ab</sup>	- 0,003 <sup>e</sup>	- 0,007 <sup>de</sup>
R <sup>2</sup>	0,999	0,999	0,999	0,999	0,998	0,999	1	1

Para correlacionar los datos obtenidos en el modelo de la potencia se empleó el modelo de Herschel-Bulkley, encontrando valores similares entre los modelos. Estos valores también fueron evaluados a través de un ANOVA de dos vías con múltiples comparaciones, encontrando que para los índices de flujo (n) existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) debido principalmente a la adición estabilizantes, la cual representó un 90,34% de la variación. De igual forma se realizó para los índices de consistencia (k) donde también se presentó una diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos, sin embargo estas variaciones fueron afectadas por la inclusión de HHPQ (44,56%), seguido la la interacción de estas con la mezcla de estabilizantes (35,44%).

La viscosidad de la bebida se vio afectada principalmente por la inclusión de la HHPQ, dado que los tratamientos que incluyen el 5% de harina presentan una viscosidad más alta en comparación con aquellos que tienen la inclusión del 2,5%, esto se relaciona con los resultados obtenidos en las comparaciones estadísticas para el índice de consistencia (k), el cual está asociado a este parámetro.

Este cambio se genera a partir de la gelatinización de los almidones residuales, el cual consiste en la hidratación e hinchazón de los almidones por la presencia de agua y el incremento de la temperatura, causando que su estructura de cristales ordenados cambie a geles desordenados, provocando aumentos en la viscosidad (Chakraborty et al., 2022). Para los almidones de quinua se han encontrado que las temperaturas de gelatinización varía entre los 55°C y 60°C (Huamani et al., 2020), por lo tanto en aquellas muestras que presentan la inclusión de 5% de HHPQ se observó un aumento en la viscosidad más marcado debido a que existe

una mayor presencia de almidones gelatinizados generados en el proceso de pasteurización, puesto que, este se realiza a una temperatura de 70°C.

Además de lo anterior, la viscosidad también puede verse afectada la adición de hidrocoloides y su interacción con proteínas y carbohidratos presentes en la HHPQ, dado que promueve interacciones hidrofóbicas, electrostáticas y la formación de puentes de hidrógeno, generando el aumento en la viscosidad en la fase continua de la bebida (Taherian et al., 2008). Conforme a esto, la goma xantana es un polímero cargado negativamente, el cual interactúa con partículas con cargas superficiales positivas generando redes estructuradas en la matriz del alimento, lo que causa el aumento de la viscosidad de la bebida (Nguyen et al., 2017). Por otro lado, el CMC actúa especialmente en la fase continua de la emulsión, dado que por su estructura química de cadena larga favorece el entrelazamiento con partículas de agua, provocando un aumento de su viscosidad y a su vez ralentiza el movimiento de la fase dispersa en la emulsión (Cai et al., 2017).

### 3.2.3. ÍNDICE DE CREMADO O ESTABILIDAD

La estabilidad de las diferentes formulaciones de los diferentes tratamientos, fue determinada mediante la aplicación de una fuerza externa (centrifugación), que dio como resultado la separación de fases y formación de capas de aceite, agua y harina hiperproteica de quinua como se muestra en la tabla a continuación.

**Tabla 19.** Estabilidad de los tratamientos del diseño experimental.

Muestra	Flóculo %	Sedimento %	Separación %
E1-2	4,2 % <sup>a</sup> ± 1,1 %	24,8 % <sup>cd</sup> ± 0,9 %	29,0 % <sup>cd</sup> ± 0,2 %
E1-3	3,6 % <sup>a</sup> ± 1,2 %	31,6 % <sup>abc</sup> ± 2,1 %	35,2 % <sup>bc</sup> ± 0,9 %
E2-2	3,5 % <sup>a</sup> ± 1,2 %	25,6 % <sup>bcd</sup> ± 1,6 %	29,1 % <sup>cd</sup> ± 2,8 %
E2-3	5,2 % <sup>a</sup> ± 1,0 %	32,6 % <sup>abc</sup> ± 1,1 %	37,9 % <sup>b</sup> ± 0,1 %
E3-2	4,2 % <sup>a</sup> ± 1,4 %	25,9 % <sup>bcd</sup> ± 1,3 %	30,1 % <sup>cd</sup> ± 0,1 %
E3-3	4,9 % <sup>a</sup> ± 1,1 %	34,1 % <sup>ab</sup> ± 2,6 %	39,0 % <sup>ab</sup> ± 1,5 %
E4-2	5,3 % <sup>a</sup> ± 2,4 %	23,5 % <sup>d</sup> ± 3,2 %	26,9 % <sup>d</sup> ± 1,9 %
E4-3	4,1 % <sup>a</sup> ± 4,1 %	37,1 % <sup>a</sup> ± 1,4 %	45,1 % <sup>a</sup> ± 1,2 %

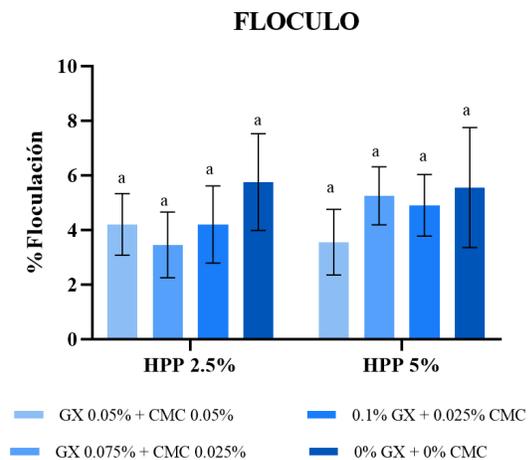
La aplicación de la fuerza centrífuga permitió que las partículas cargadas floclen o sedimenten, generando una diferencia de potencial por alteración del equilibrio atmosférico de carga de las partículas, con el movimiento continuo se establece una nueva atmósfera de flujo de carga hacia un lado y otro (Hunter, 1981). Así se puede observar en la figura a continuación.

**Figura 18.** Estabilidad de los tratamientos del diseño experimental con inclusión de gomas después del centrifugado.



En la figura anterior se puede identificar la alteración de la estabilidad de las muestras y la separación de fases por floclulación y sedimentación. La floclulación o la fase superior formada consistió en la agregación de gotas de aceite provocadas por fuerzas de atracción fuertes y fuerzas repulsivas débiles de gotas, siendo para este caso la aplicación de una fuerza externa (centrifugación), la que provocó una alteración en el sistema coloidal (Thirukumaran et al., 2023). A continuación se ilustra el porcentaje de floclulación de las muestras analizadas.

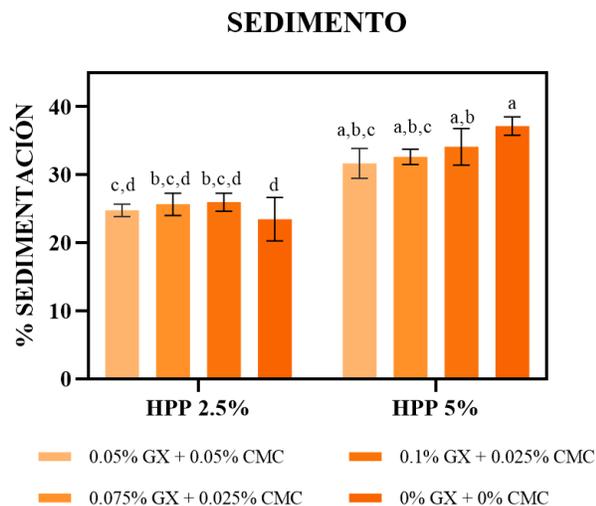
**Figura 19.** Porcentaje de floculación para los tratamientos del diseño experimental.



Los porcentajes de floculo de los tratamientos sometidos análisis de varianza (ANOVA) de dos factores con múltiples comparaciones permitió determinar que no existe diferencias significativas entre los tratamientos, es decir que la incorporación de diferentes porcentajes de harina hiperproteica y la adición de goma no influenció significativamente en la formación del floculo.

En cuanto a la sedimentación según la ley de Stokes, las partículas de mayor tamaño exhibirán mayor peso y precipitarán más (Figuroa et al., 2023). A continuación se ilustran los porcentajes de sedimentación presentados en las muestras analizadas.

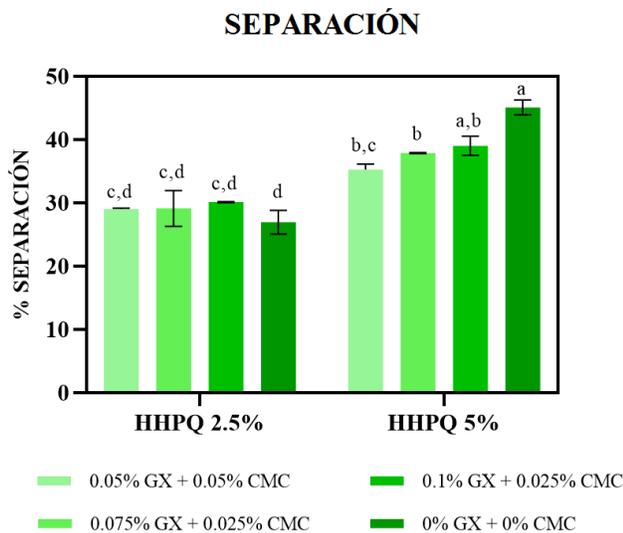
**Figura 20.** Porcentaje de sedimentación para los tratamientos del diseño experimental.



Los porcentajes de sedimento fueron evaluados mediante un ANOVA de dos factores con múltiples comparaciones donde se encontró que existe una variación significativa entre los datos analizados, generado por la adición de la mezcla de estabilizantes y es que la adición de hidrocoloides produce una disminución significativa en la densidad asociado a una disminución de sólidos sedimentados (Figueroa et al., 2023).

En cuanto a la separación total de las fases los resultados se muestran en la figura a continuación.

**Figura 21.** Porcentaje de separación de los tratamientos del diseño experimental.



Mediante análisis de varianza (ANOVA) de dos factores con múltiples comparaciones realizado al porcentaje de separación (ver tabla 19), se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre las inclusiones de HHPQ (77,14%) y la interacción de éstas con las mezclas de estabilizantes (14,34%).

Como se observa en los resultados de la tabla 19, las muestras que contienen 2,5% de HHPQ no sobrepasan el 30% de separación, considerándose las muestras con mejor estabilidad del diseño, sin embargo el efecto de los estabilizantes usados no es muy notorio entre ellas, puesto que, no se observa una variación marcada entre este grupo. No obstante, el comportamiento de las muestras que contienen inclusión de 5% de HHPQ presentan una variación un poco más marcada, dado a que se observa una disminución de hasta 5 puntos porcentuales en los resultados al adicionarse estabilizantes. Lo anterior puede atribuirse al contenido de almidones en la bebida a causa de la adición de más

harina y su interacción con los estabilizantes o a una sobresaturación de la interfase por moléculas de proteína (López, 2007).

Estudios han demostrado que el uso de almidones junto con estabilizantes tipo goma favorecen la estabilidad a largo plazo de las bebidas, debido a que esta mezcla permite la estabilización estérica de las emulsiones (Taherian et al., 2008), la cual consiste en la adhesión de macromoléculas (grasa y agua) a polímeros anfifílicos formando películas gruesas y retardando el movimiento de las moléculas hacia una segunda fase, pues su lado hidrofílico estabiliza la interfaz externa de las gotas de grasa (agua) y su lado hidrofóbico atrapa gotas más pequeñas al interior de la misma. (Peredo & Jiménez, 2012).

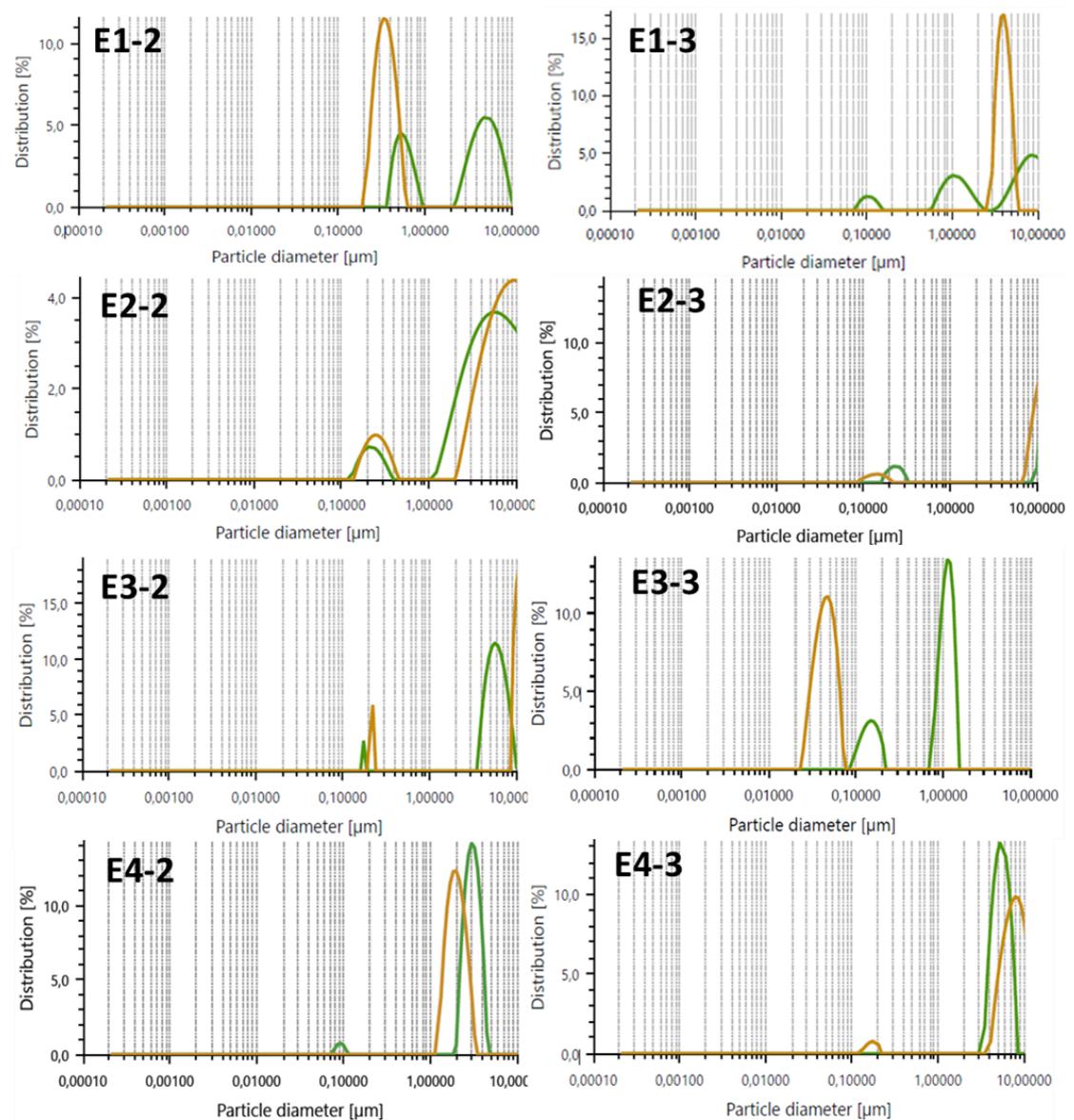
Este comportamiento también fue evidenciado por Maldonado et al.,(2018) quienes utilizaron un rango de 0,3% a 0,5% de goma xantana para la estabilización de una bebida fermentada de quinua, reportan que lograron la estabilización hasta con 0,3% de la goma, y mencionan que el almidón presente en los granos de quinua usados favorece la unificación de las fases de la bebida. De igual forma, el estudio hecho por Vivanco, (2021) analizó la adición de goma xantana y carboximetilcelulosa (CMC) para la estabilización de una bebida de arroz tipo horchata, concluyendo que la formulación idónea para este producto es de 18% de arroz y 0.05% de goma xantana y descarta la adición de CMC, la autora también plantea la idea de la estabilización estérica de la bebida gracias al contenido de almidón del arroz.

El análisis realizado permitió determinar que cuatro de los tratamientos presentaron mejor estabilidad (E1-3, E2-2, E3-2 y E4-2) los cuales fueron analizados posteriormente mediante medición de tamaño de partícula y potencial zeta para la elección de la formulación óptima de la bebida vegetal objetivo de esta investigación.

#### **3.2.4. DISTRIBUCIÓN DE TAMAÑO DE PARTÍCULAS Y POTENCIAL ZETA DE LOS TRATAMIENTOS**

El tamaño de partícula es una propiedad importante para determinar la calidad de la emulsión, influenciando propiedades como la estabilidad, propiedades ópticas, reológicas y atributos sensoriales, (Thirukumaran et al., 2023), en la figura 22 se pueden observar los picos de distribución determinados para cada tratamiento evaluado.

**Figura 22.** Distribución de tamaño de partículas de los tratamientos del diseño experimental.



El tamaño de partícula de las muestras mostraron una distribución monomodal y bimodal entre  $3,03 \pm 0,69$  y  $11,98 \pm 0,71$   $\mu\text{m}$  (tabla 20), mediante análisis ANOVA no se determinaron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre los tratamientos, debido a que se presentaron desviaciones altas entre los resultados.

En cuanto a los tamaños de diámetro dimensional o de partícula determinados en las muestras, se pueden atribuir al proceso de homogeneización en licuadora donde se une la leche de coco ligera con harina hiperproteica de quinua y los estabilizantes, como el realizado en la investigación de Thirukumaran et al.,(

2023), por la cual se determinó que la adición de proteína (para este caso de suero) seguida de una emulsificación de alta energía puede reducir significativamente el tamaño de las gotas mejorando la estabilidad de la leche de coco, ya que la aplicación de alta energía resulta en la disgregación de las gotitas en otras más pequeñas junto a una homogeneización se muestra una distribución de tamaño más uniforme.

Otro valor a tener en cuenta fue el índice de polidispersidad (PDI), el cual se define como la medida del grado de dispersión de un polímero, esta es una medida adimensional de la distribución de los tamaños de las nanopartículas y que caracteriza a los sistemas coloidales entre 0 y 1, siendo los valores altos de PDI una distribución polidispersa y los valores bajos sistemas monodispersos, estos últimos logran mayor estabilidad en el tiempo (Flores, 2016). El PDI de los tratamientos analizados sugieren que estos son sistemas monodispersos ya que su índice de polidispersidad se encuentra entre  $0,12 \pm 0,16$  y  $0,51 \pm 0,02$  (índices bajos), los cuales mediante análisis de varianza (ANOVA) por comparación múltiple no obtuvieron resultados de significancia con amplio rango de desviación entre las tres mediciones realizadas.

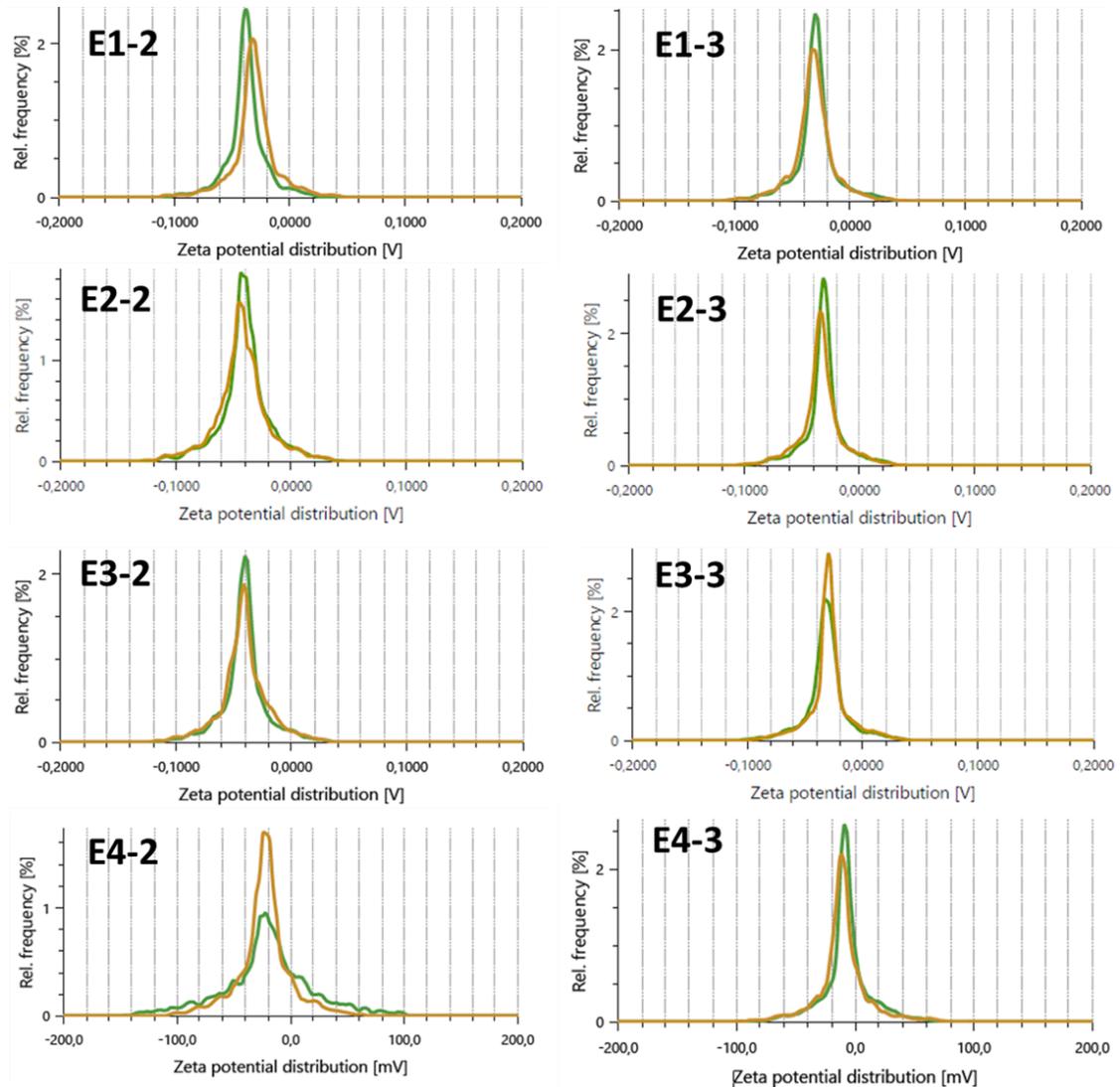
**Tabla 20.** Tamaño de partícula de los tratamientos del diseño experimental.

Muestra	Diámetro hidrodinámico ( $\mu\text{m}$ )	Índice de polidispersidad	Potencial zeta (mV)	Conductividad (ms/cm)
E1-2	$7,53 \pm 4,46^a$	$0,51 \pm 0,02^a$	$-36,00^c \pm 4,81$	0,043
E1-3	$6,06 \pm 1,79^a$	$0,18 \pm 0,02^a$	$-32,20^c \pm 0,00$	0,052
E2-2	$5,57 \pm 4,50^a$	$0,12 \pm 0,16^a$	$-42,10^e \pm 1,56$	0,042
E2-3	$5,14 \pm 0,68^a$	$0,22 \pm 0,02^a$	$-34,05^{cde} \pm 0,78$	0,052
E3-2	$5,62 \pm 1,27^a$	$0,13 \pm 0,16^a$	$-41,45^{de} \pm 0,07$	0,045
E3-3	$11,98 \pm 0,71^a$	$0,46 \pm 0,19^a$	$-33,35^{cd} \pm 0,21$	0,048
E4-2	$3,03 \pm 0,69^a$	$0,22 \pm 0,02^a$	$-23,10^b \pm 1,41$	0,082
E4-3	$5,35 \pm 4,06^a$	$0,23 \pm 0,20^a$	$-12,55^a \pm 0,354$	0,102

El potencial zeta ( $\zeta$ ) es de importancia en los tratamientos analizados ya que su valor está relacionado con la estabilidad de las dispersiones coloidales, este indica el grado de repulsión entre las partículas adyacentes, cargadas en una dispersión;

un tamaño de partícula pequeño ( $< 50 \mu\text{m}$ ) con un alto potencial zeta ( $> \pm 30 \text{ mV}$ ) se traduce en estabilidad a la solución o dispersión la cual se resistirá a la agregación, esto debido que las partículas se estabilizan eléctricamente (Batalla et al., 2014) (Hunter, 2013). En la tabla 20 se encuentran los valores de potencial zeta de los tratamientos analizados ilustrados en la figura 23.

**Figura 23.** Potencial zeta ( $\zeta$ ) de los tratamientos del diseño experimental.



Los tratamientos analizados presentaron una estabilidad alta con valores de  $\zeta$  entre  $-32,20 \pm 0,00$  y  $-42,10 \pm 1,56 \text{ mV}$ , los cuales se deben principalmente a la acción de las gomas. La goma Xhantan es un polisacáridos iónicos con carga negativa que genera un aumento en la carga superficial negativa de las gotas en la emulsión, generando una mayor repulsión entre las partículas (Mirhosseini et

al., 2008), también determinado en la investigación de Figueroa et al., (2023), en la que se logró jugos estabilizados con goma Xanthan y CMC, con valores absolutos mayores a 38,5 mV en la medición de potencial zeta, siendo un excelente inductivo de sistemas de dispersión estables sin efecto de aglomeración.

Otro factor que afectó el  $\zeta$  fue la inclusión de harina de quinua, en las muestras analizadas se determinó que con inclusiones de 2,5% de harina los valores del  $\zeta$  fueron más altos (mayores a -30 mV) y por ende más estables, esto debido a que hay neutralización completa en los grupos cargados negativamente en la emulsión. Este fenómeno fue analizado por Karimidastjerd & Kilic-Akyilmaz en 2021, quienes formularon una bebida de arroz fortificada proteicamente con un concentrado caseinomacropéptido, donde analizaron varios niveles de inclusión de harina de arroz y diferentes temperaturas, observaron que al aumentar estos dos factores en la elaboración de la bebida de arroz, los valores de  $\zeta$  se acercaban a cero, puesto que las cargas negativas en la emulsión disminuían por la interacción de dichos factores.

El análisis de varianza (ANOVA) de dos factores con múltiples comparaciones realizado al potencial zeta de muestras, determinó que existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) tanto de la inclusión de HHPQ, como la mezcla de estabilizantes, este último obtuvo mayor relevancia, puesto que presenta un 79,25% del total de la variación.

Finalmente y tras los análisis realizados, fueron seleccionados tres tratamientos para la formulación de la bebida vegetal (E2-2, E2-3 y E3-2) por sus características de tamaño de partícula (5  $\mu\text{m}$  aproximadamente), conformación de sistemas monodispersos (IP inferiores a 0,30) y  $\zeta$  superiores a  $\pm 30$  mV. Estos tratamientos se relacionaron con los de mejor estabilidad (E1-3, E2-2, E3-2 y E4-2), dando como resultado la selección de los tratamientos **E2-2 y E3-2**. De estos se eligió el tratamiento **E2-2** (2,5% HHPQ, 0,025% CMC y 0.075% GX), dado que no presentó diferencia significativa con el tratamiento E3-2, además de contener menor porcentaje de GX lo que contribuye a un ahorro en materiales e insumos.

### 3.3. RESULTADOS DE LA METODOLOGÍA PARA EL OBJETIVO ESPECÍFICO 3: DETERMINAR EL TIEMPO DE VIDA ÚTIL DE LA BEBIDA VEGETAL DE COCO CON ADICIÓN DE CONCENTRADO PROTEGIDO DE QUINUA MEDIANTE SEGUIMIENTO MICROBIOLÓGICO, FÍSICA Y SENSORIAL.

El tratamiento seleccionado como la formulación de la bebida vegetal (E2-2, la cual contiene leche de coco ligera, 2,5% HHPQ, 0,025% CMC y 0.075% GX) se le denominará en adelante como la **bebida vegetal de coco con adición de quinua (BCQ)**, la cual se sometió a pruebas que se describirán a continuación.

#### 3.3.1. PRUEBAS MICROBIOLÓGICAS

La bebida vegetal de coco con adición de quinua se sometió a las pruebas microbiológicas según lo dispuesto por el Ministerio de Salud y Protección Social en la resolución 1407 del 2022.

**Tabla 21.** Resultados de las pruebas microbiológicas de la bebida vegetal de coco con adición de quinua (BCQ).

	<b>Mesófilos aerobios</b>	<b><i>E. Coli</i></b>	<b><i>Salmonella spp</i></b>	<b>Mohos y levaduras</b>
BCQ	246 UFC/ml	<3 NMP/ml	Ausencia/ 25 ml	<10 UFC/ml
Normativa (mínimo exigido)	103 UFC/ml	<10 UFC/ml	Ausencia/ 25 m	100 UFC/ml

Según lo expuesto en el numeral 5 de la resolución 1407 del 2022, por el cual se exponen los criterios microbiológicos que deberán cumplir frutas, bulbos, hortalizas y sus derivados. Para productos como la bebida vegetal analizada se exigen pruebas para cuantificar la presencia de mesófilos aerobios, Mohos y levaduras, *Escherichia coli* y *Salmonella spp*, las cuales permitieron determinar que la bebida vegetal cumple con las especificaciones ya que todos los resultados microbiológicos estuvieron por debajo de los mínimos exigidos.

Es de resaltar que todos estos resultados se deben a las condiciones de higiene e inocuidad presentados durante el proceso de procesamiento de las materias primas y tratamientos térmicos trabajados y es que una mala higiene puede traer consigo problemas de salud, es por ello que el gobierno y sus Ministerios establecen estas condiciones (Organización Panamericana de la Salud, 2019).

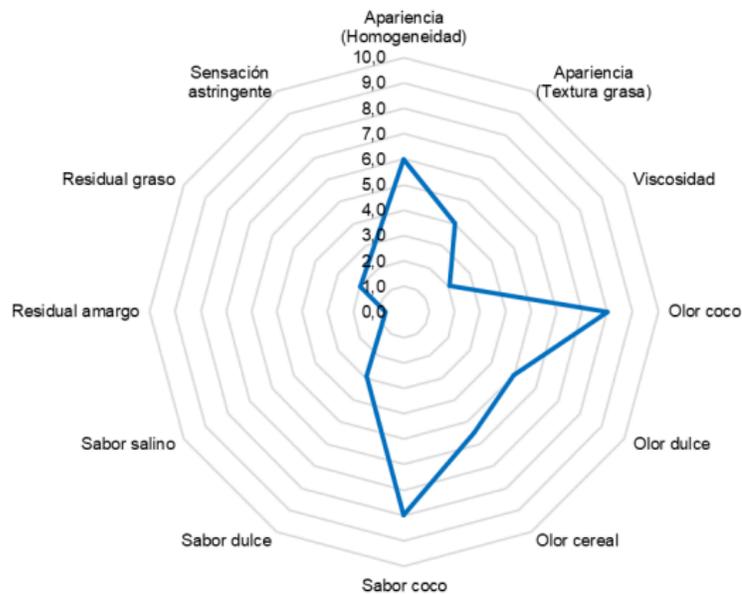
### 3.3.2. ANÁLISIS SENSORIAL

La bebida vegetal de coco con adición de quinua (BCQ) fue evaluada sensorialmente mediante calificación de las intensidades calificadas se muestra en la tabla 22 en escala de 0 a 10, donde 0 es ausencia; de 0,6 a 2,9 es muy leve; 3 a 4,9 es leve; de 5 a 6,9 es moderada; de 7 a 8,9 es marcada y de 9 a 10 como muy marcada.

**Tabla 22.** Calificación de las intensidades según los descriptores de la BCQ.

<b>Descripciones</b>	<b>Bebida vegetal</b>	<b>Intensidad</b>
Apariencia (Homogeneidad)	6,0	Moderado
Apariencia (Textura grasa)	4,0	Leve
Viscosidad	2,1	Muy leve
Olor coco	8,0	Marcado
Olor dulce	5,0	Moderado
Olor cereal	5,5	Moderado
Sabor coco	8,0	Marcado
Sabor dulce	2,9	Leve
Sabor salino	1,0	Muy leve
Residual amargo	0,7	Muy leve
Residual graso	2,0	Muy leve
Sensación astringente	2,6	Muy leve
Calidad general	9,6	Muy marcado

**Figura 24.** Las intensidades de los descriptores sensoriales para la bebida vegetal de coco con quinua.



**Fuente:** INTAL

La calidad general de la BCQ fue muy marcada con puntuación de 9,6, es decir que la bebida en general presentan características sensoriales atractivas, algunas de las características fue el olor y sabor a coco las cuales persisten con intensidad marcada, indicando que la bebida vegetal de coco logró contrarrestar características de olor y sabor de la harina hiperproteica de quinua y es que el coco en si es usado para enmascarar sabores, como en la investigación de Gómez (2022), en la que enmascaran el sabor típico del pescado con la adición de coco rallado; o en la investigación de Jaramillo (2022), el cual adicionan coco a una barra de granola como enmascarador del sabor dulce de un aglutinante.

La apariencia homogénea de la BCQ fue calificada como moderada, este es un factor importante y está relacionado con la estabilidad de la misma; como se determinó en el objetivo 2 con la adición de los hidrocoloides y de la proteína, por la cual se establece el tratamiento más adecuado que lograra mantener las características propias de una bebida.

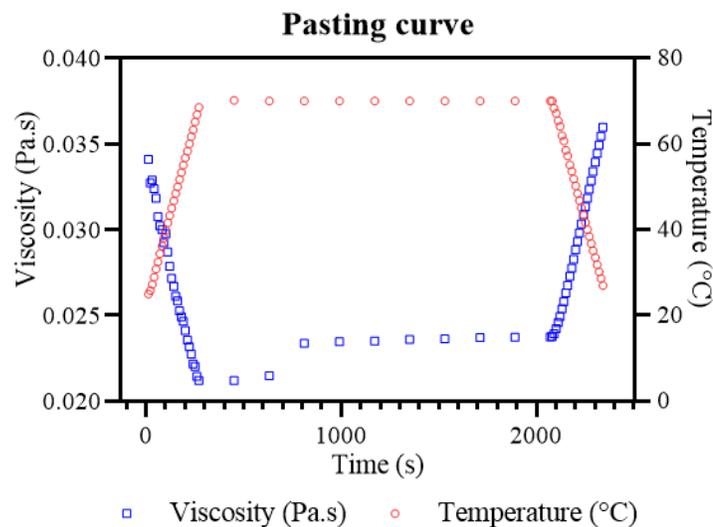
La viscosidad presente y clasificada con intensidad muy leve es atribuida a características propias de la harina hiperproteica de quinua ya que al ser un harina contribuirá a la formación de geles por su contenido de proteína la cual provoca un aumento en la viscosidad de la bebida; y es que en para la obtención de este tipo de harina se realizan procesos de extrusión los cuales conllevan a

desnaturalización, provocando la pérdida del orden molecular y la completa degradación de las proteínas con la formación de fragmentos altamente solubles que al incorporarse con este tipo de formulaciones promueve el incremento en la viscosidad por el alto poder de hinchamiento (García & Pacheco, 2010).

### 3.3.3. CURVA DE EMPASTAMIENTO

La BCQ se sometió a un tratamiento térmico según condiciones de pasteurización, determinando su comportamiento reológico como se ilustra en la figura a continuación.

**Figura 25.** Curva de empastamiento de la bebida vegetal de coco con quinua.



En la figura anterior se observa el comportamiento reológico de BCQ, la cual presentó una disminución de la viscosidad aparente (0,0341 a 0,0212 Pa.s) con el aumento de la temperatura de 20 a 68,5 °C, factor atribuido al punto de fusión de los lípidos presentes en la bebida vegetal (aportados en su mayoría por la leche de coco) los cuales cambian de fase sólida a líquida a temperaturas entre 25 a 33°C (Fedepalma, 1985). Posteriormente la viscosidad aumenta y se mantiene a temperatura constante de 70°C, esto puede deberse al efecto del almidón residual al calentarse en presencia de exceso de agua lo cual genera una gelatinización, generando alteración del orden molecular dentro del gránulo de almidón en que se absorbe el calor (Zárate, 2019), sin embargo estos valores no son tan pronunciados y es que a fin de minimizar las posibles alteraciones en la bebida se trabajó a temperaturas bajas.

Finalmente con la disminución de la temperatura aumenta la viscosidad, este hecho puede atribuirse a la reorganización de las cadenas lineales durante la

etapa de calentamiento y un aumento del número de unión durante la formación de la emulsión y por tanto una red que retiene más agua. Lo presentado es una buena retrogradación, relacionado con componentes como gránulos hinchados y moléculas de almidón dispersas presentes en la emulsión caliente, es posibles que el almidón tenga un menor contenido de amilosa lo que genera una menor retrogradación (Lucas et al., 2013), con valores de viscosidad cercanos a los iniciales.

Cuando la bebida vegetal alcanza la temperatura de pasteurización hay un pequeño incremento de viscosidad que se debe a la gelatinización de las pequeñas cantidades de almidón residual (Salgado et al., 2019), posterior en la tapa de enfriamiento se nota un aumento de viscosidad a los niveles iniciales antes del calentamiento, esto quiere decir que el procedimiento de pasteurización calentamiento enfriamiento no afecta de manera significativa la viscosidad del producto final, es decir mantiene la estabilidad.

### 3.3.4. ANÁLISIS PROXIMAL

Se realizó un análisis proximal de la BCQ determinando su composición, además se comparó con una formulación igual (leche de coco ligera, 0,025% CMC y 0.075% GX) que incluyera mayor inclusión de HHPQ (5%). Dicho análisis fue hecho por el Instituto de Ciencia y Tecnología Alimentaria (INTAL), ubicado en la ciudad de Medellín, los cuales informan los siguientes resultados:

**Tabla 23.** Composición proximal de bebida vegetal de coco con inclusiones de % HHPQ.

	BCQ contiene 2,5% HHPQ (g/100g)	Inclusión de 5% HHPQ (g/100g)
Humedad	92,67	90,68
Grasa total	3,35	3,25
Proteína	0,87	1,50
Fibra dietaria total	< 0,50	< 0,50
Azúcares totales	1,32	1,25
Cenizas	< 0,50	0,53

**Fuente:** INTAL.

Como se puede apreciar los resultados son similares entre sí, sin embargo el parámetro de proteína presenta una variación marcada para las dos muestras, puesto que la muestra que contiene un 5% de inclusión de HHPQ duplica la cantidad de proteína presente en el tratamiento que incluye 2,5% de HHPQ (la bebida vegetal con adición de quinua), esta diferencia se debe principalmente a la cantidad de harina incluida en cada tratamiento y la poca presencia de proteína en la bebida base de coco.

Un caso similar es analizado por Rincon et al., en 2020, quienes identificaron que al aumentar el porcentaje de extracto de garbanzo con alto contenido de proteína en la formulación para una bebida vegetal de coco; mejoraba el contenido proteico. Además estudios como el de Huang et al., (2022) quienes desarrollaron un yogur vegano a partir de una bebida vegetal de soya con inclusión de harina de quinua encontrando que el contenido proteico tenía una relación directamente proporcional con la inclusión de harina en la formulación. De igual forma Bravo Mera et al., (2019) analizaron la adición de harina de quinua en leche animal fermentada, encontrando un patrón similar en cuanto al contenido proteico en sus tratamientos.

Por lo anterior, podemos entender que el uso de la harina de quinua como materia prima en alimentos está siendo aprovechada para satisfacer las necesidades proteicas, sin la necesidad de modificar a grandes rasgos otros componentes en las matrices alimentarias, es por ello y por el costo que esta misma implica que se la bebida vegetal cumple con un nivel de inclusión del 2,5%.

### 3.3.5. VIDA ÚTIL

La vida útil establecida para la bebida vegetal de coco con empaque metalizado y tratamiento térmico no agresivo (pasteurización a 70°C por 30 min) 11 días, esto debido al fallo por incumplimiento en el parámetro microbiológico de aerobios mesófilos y recuento de levaduras (INTAL, 2023).

A continuación se presentan los resultados descritos por el laboratorio INTAL para pruebas fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales para las muestras almacenadas por 36 días a 4°C.

**Tabla 24.** Comportamiento de parámetros fisicoquímicos de la bebida vegetal durante almacenamiento a 4°C.

	Días de almacenamiento		
Ensayo	1	29	36

Actividad de agua ( $a_w$ )	1,005	1,001	1,005
Índice de peróxidos (mEq peróxido /Kg)	0,100	0,200	0,648

Fuente: INTAL

La actividad de agua ( $a_w$ ) se mantuvo estable durante el almacenamiento, puesto que no se presentó una variación entre las muestras, este parámetro es determinante en la durabilidad de los alimentos, dado que promueve reacciones químicas, enzimáticas y el crecimiento de microorganismos. Si bien, es recomendado mantener valores inferiores a 0,6 de  $a_w$  en alimentos, en el caso de bebidas no es posible, puesto que este tipo de productos necesita una cantidad suficiente de agua para lograr su fluidez, sin embargo, existen tecnologías que se pueden aplicar para inhibir principalmente el crecimiento de microorganismos, como el control de pH, adición de aditivos antimicrobianos, tratamientos térmicos adecuados y condiciones de empaque y almacenamiento idóneo (Shafiur Rahman & Labuza, 2007).

En segundo lugar, se evaluó el índice de peróxidos, el cual indica el grado de oxidación de un alimento expresada en miliequivalentes de oxígeno activo por kilogramo de grasa de peróxidos (Ministerio de Salud y Protección Social, 2012), donde se observa un aumento de 0,1 a 0,65 con respecto al tiempo, esto debido a la cantidad de agua presente, puesto que, ésta actúa como un catalizador para la formación de peróxidos por parte de enzimas, además de coadyuvar a la rancidez de las muestras, ya que se promueve la aparición de metilcetona a causa de la oxidación de ácidos grasos saturados (Pandiselvam et al., 2023).

En términos normativos, el producto cumple con la cantidad permitida estipulada en la Resolución 2154 de 2012 del Min. Salud y Protección Social, el cual reglamenta los requisitos técnicos y sanitarios que deben cumplir los aceites y grasas de origen vegetal o animal, donde determina que para preparados de grasa en el que se clasifica el producto por ser una emulsión, no puede sobrepasar el 1 mEq peróxido /Kg.

**Tabla 25.** Resultados de comportamiento microbiológico durante almacenamiento a 4°C.

Parámetro	Días de almacenamiento			
	1	11	29	36

Recuento de aerobios mesófilos (UFC/g)	10	1500	11000	3700
Recuento de coliformes totales (UFC/g)	< 10	70	470	1100
Recuento de E. coli (UFC/g)	< 10	< 10	< 10	< 10
Recuento de mohos y levaduras (UFC/g)	< 10	< 10	2600	29000
Detección de salmonella (spp /25g)	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia

**Fuente:** INTAL

Los resultados microbiológicos indican el cumplimiento de la norma según lo establecido para bebidas y sus derivados (resolución 1407 del 2022) hasta el día 11, esto debido a que la bebida vegetal representa un medio rico para el desarrollo de microorganismos, puesto que presenta una  $a_w$  alta, junto con pH cercano a 7 con lo cual se puede mantener el crecimiento de todos los microorganismos más comunes introducidos en la manipulación, incluso si esta se conserva en refrigeración puede deteriorarse fácilmente (Navarro et al., 2007). Además este producto no incluye conservantes que contribuyen a la vida del producto.

**Tabla 26.** Calificación de los descriptores sensoriales durante el almacenamiento a 4°C.

Descriptores sensoriales	Días de almacenamiento			
	11	19	28	32
Apariencia	10,0	9,0	8,0	8,0
Homogeneidad	6,0	6,0	6,0	6,0
Apariencia (Textura grasa)	4,0	4,0	4,0	4,0
Viscosidad	2,0	2,5	2,5	2,5
Olor coco	6,5	6,5	6,5	6,0
Olor dulce	4,0	4,0	4,0	3,5

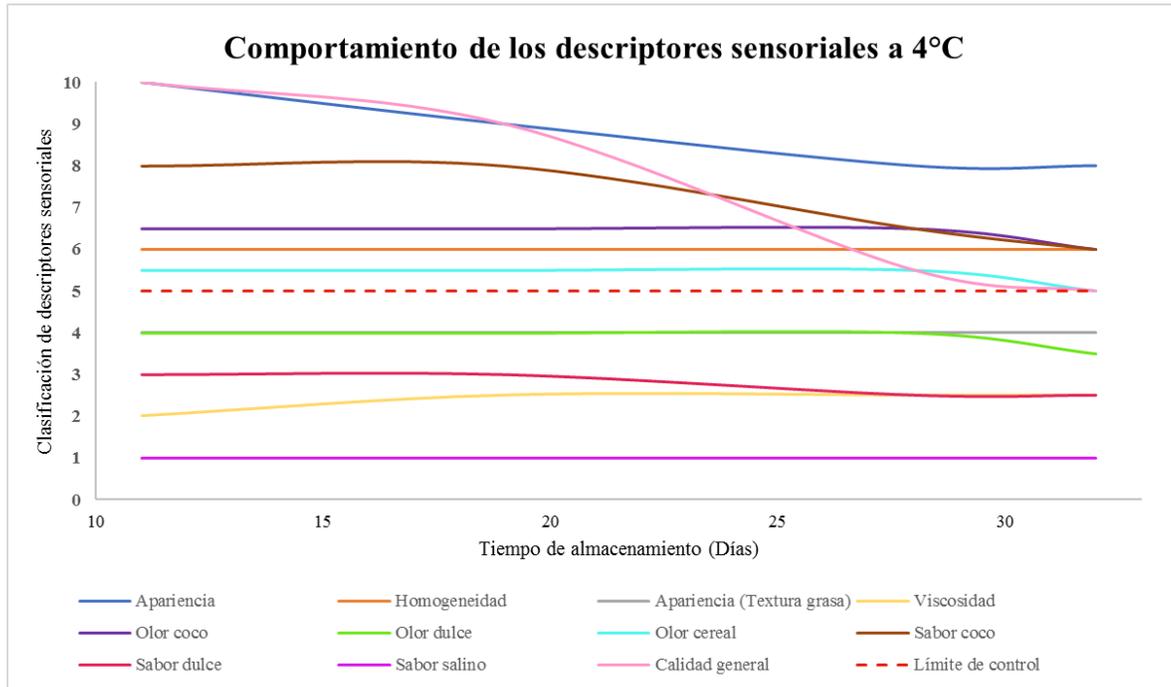
Olor cereal	5,5	5,5	5,5	5,0
Sabor coco	8,0	8,0	6,5	6,0
Sabor dulce	3,0	3,0	2,5	2,5
Sabor salino	1,0	1,0	1,0	1,0
Sabor objetable	0,0	0,0	4,0	4,5
Residual amargo	1,5	1,5	2,5	2,5
Residual graso	2,0	2,0	2,0	2,0
Sensación astringente	3,0	3,0	3,5	3,5
Calidad general	10,0	9,0	5,5	5,0

**Fuente:** INTAL

Las características que sobresalieron durante el análisis sensorial de vida útil de la bebida vegetal fueron la apariencia, sabor a coco y la calidad en general. Estas se fueron deteriorando con el transcurso de los días y otras no deseables se hicieron presentes (sabor objetable, residual amargor y astringencia). El deterioro sensorial de la bebida vegetal se hace evidente después de los 19 días de recibido el producto, ya que desde este periodo empieza a notarse la decadencia en los aromas y sabores.

A continuación se muestra la gráfica para el comportamiento para el comportamiento de los descriptores sensoriales a 4°C.

**Figura 26.** Resultados del comportamiento de los descriptores sensoriales a 4°C.



**Fuente:** INTAL.

En las anotaciones realizadas por el laboratorio, para el día 19 de almacenamiento se observa un cambio en la tonalidad de la bebida mencionada como pardeamiento del producto. Este cambio puede deberse a la oxidación de lípidos, pues al contener ácidos grasos saturados permite la formación de aldehídos y cetonas, los cuales al reaccionar con un grupo amino genera una pigmentación parda (Cardona Serrate, 2020), esto se puede evidenciar con el aumento del índice de peróxidos.

De igual forma la oxidación de grasas provocó la aparición del sabor objetable (asociado a sabor rancio y ácido) presentado el día 28 de almacenamiento. Esta oxidación puede verse generada principalmente por la proliferación de microorganismos (tabla 25), la presencia de oxígeno y el empaque. La rancidez en el producto también depende del fruto, su maduración y procesamiento, estos fue planteado en la investigación de Larissa, (2019), en la que determinó la existencia de un punto óptimo de maduración del fruto donde la acidez se encuentra en su punto más bajo al igual que la actividad de las lipasas.

#### 4. CONCLUSIONES

La leche de coco presentó características microbiológicas adecuadas y en cumplimiento a lo establecido en la normativa (codex 240 y la resolución 1407) las cuales fueron favorables indicando un bajo contenido de carga microbiana y correctas prácticas de manipulación realizadas. En cuanto a su composición, esta presenta alto contenido en grasa (40% aproximadamente), el cual fue posible de reducir hasta 4% aproximadamente con la adición de agua y agua de coco.

La inclusión de harina hiperproteica de quinua como fuente proteica a la bebida vegetal de coco trae consigo una serie de beneficios al proceso de elaboración de la bebida; pues no solo mejora el contenido proteico de la bebida, si no que también ayuda a lograr la estabilización de la emulsión con la adición mínima de aditivos, sin modificar significativamente su viscosidad.

La bebida vegetal de coco presentó resultados sensoriales deseados, en las que predominaron las características del coco, con comportamiento dilatante y tendencia a newtoniano; el cual no presentó picos viscosos ni retrogradación por efecto del contenido proteico de la harina hiperproteica y el almidón residual que esta pudo aportar, estas características permiten asumir que la bebida podría tener una la aceptación en un nicho de mercado vegano.

Se demostró que la bebida vegetal cuenta con una vida útil corta, debido a que esta es un medio rico para el crecimiento de microorganismos debido a factores como la actividad de agua y el pH entre 6 y 7, tratamientos térmicos inadecuados y empaque inapropiado, lo cual permite una investigación futura para determinar una formulación adecuada de conservantes y proceso térmicos óptimos que permitan alargar su vida en anaquel.

La formulación de E2-2, la cual tiene una inclusión de 2,5% de HHPQ y 0.025% y 0.075% de CMC y goma xantana respectivamente, presentó mejores condiciones de estabilidad y reológicas, lo que la hace una formulación apta para su uso a gran escala.

## **5. RECOMENDACIONES**

El tratamiento térmico practicado para la bebida vegetal deberá ser modificado para que la carga microbiana de está pueda ser eliminada en su mayoría o en su totalidad y así se pueda extender la vida útil del producto; además de considerar el uso de conservantes y antioxidantes en cantidades mínimas que no alteren el producto final.

Se deben ajustar los tratamiento térmicos para lograr niveles de vida útil adecuado y la adición de antioxidantes que contribuyen la reducción de las oxidación de grasas

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Abdullah, Z., Taip, F.S., & Mustapa Kamal, S.M. (2022, December). Comparative analysis of nutritional composition and droplet size of coconut milk due to dilution and emulsification. *Food Research*, 6(6), 48-52. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.6\(6\).763](https://doi.org/10.26656/fr.2017.6(6).763)
- Aguirre, L., Carlos, J., Castrillón, T., & Misael, C. R. (2018, Abril 15). *Influence of the Composition of Coconut-Based Emulsions on the Stability of the Colloidal System*. Maxwell Science. Retrieved February 22, 2023, from <https://maxwellsci.com/jp/mspabstract.php?doi=ajfst.14.5841>
- Ainsworth, E., & Gillespie, K. (2007, Abril 12). *Estimación del contenido de fenoles totales y otros sustratos de oxidación en tejidos vegetales mediante el reactivo de Folin-Ciocalteu*. Natureprotocols. Retrieved 06 07, 2023, from <https://www.nature.com/articles/nprot.2007.102>
- Association of Official Analytical Chemist (AOAC). (n.d.). *Association of Official Analytical Chemist*. AOAC INTERNATIONAL - In Food & Agriculture, We Set the Standard. Retrieved February 26, 2023, from <https://www.aoac.org/>
- Badui, S. (2006). Capítulo 7. Pigmentos. In *QUIMICA DE LOS ALIMENTOS* (Cuarta ed., pp. 401-438). Enrique Quintanar Duarte. <https://fcen.uncuyo.edu.ar/upload/libro-badui200626571.pdf>
- Batalla, J., Cuadros, A., & Martínez, E. (2014, December 14). *Potencial zeta en la determinación de carga superficial de liposomas*. Unirioja.es. Retrieved July 29, 2023, from <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5196753.pdf>
- Baune, M. C., Terjung, N., Tülbek, M. Ç., & Boukid, F. (2022, September). Textured vegetable proteins (TVP): Future foods standing on their merits as meat alternatives. *Future Foods*, 6(2666-8335). Science Direct. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2022.100181>
- Bienestar Familiar. (2018, September 5). *PROCESO ADQUISICIÓN DE BIENES Y SERVICIOS FORMATO Anexo – FICHA TÉCNICA DE LOS ALIMENTOS (FT ALIMENTOS) A2.F1.P3.ABS 24/08/*. ICBF. Retrieved February 26, 2023, from [https://www.icbf.gov.co/sites/default/files/ft\\_2\\_harina\\_de\\_quinoa.pdf](https://www.icbf.gov.co/sites/default/files/ft_2_harina_de_quinoa.pdf)

- Blasi, F., Pellegrino, R. M., Alabed, H. B., Ianni, F., Emiliani, C., & Cossignani, L. (2023, June 23). Lipidomics of coconut, almond and soybean milks - Comprehensive characterization of triacylglycerol class and comparison with bovine milk. *Food Research International*, 172. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113147>
- Boker, R., & Silva, E. K. (2022, June). Innovative technologies for manufacturing plant-based non-dairy alternative milk and their impact on nutritional, sensory and safety aspects. *Future Foods*, 5(100098). <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2021.100098>
- Bravo Mera, J. A., Vera Verduga, G. C., Andrade Andrade, V. V., Gorozabel Muñoz, W. A., & García Mendoza, J. J. (2019, November). Evaluation of physico-chemical and organoleptic parameters of a fermented milk enriched with quinoa (*Chenopodium quinoa*). *La Tecnica- Revista de agrociencias*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7407787>
- Buback, M. (2006). *NIR Spectra of Organic Compounds* (Second ed.). Wiley. [https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=i\\_eWjO5pb28C&oi=fnd&pg=PP1&ots=VtJLHTIxVB&sig=KAGbgIG72qmmDGeeT38vp0Li2Xo&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=true](https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=i_eWjO5pb28C&oi=fnd&pg=PP1&ots=VtJLHTIxVB&sig=KAGbgIG72qmmDGeeT38vp0Li2Xo&redir_esc=y#v=onepage&q&f=true)
- Cano Sarmiento, C., Téllez Medina, D. I., Viveros Contreras, R., Cornejo Mazón, M., Figueroa Hernández, C. Y., García Armenta, E., Alamilla Beltrán, L., García, H. S., & Gutiérrez López, G. F. (2018, April 5). Zeta Potential of Food Matrices. *Food Engineering Reviews volume*, 10, 113-138. Springer Link. <https://doi.org/10.1007/s12393-018-9176-z>
- Cárdenas, E., Santin Espindola, Y., & Gutiérrez García, B. (2021, Abril 21). *¿Bebidas vegetales o leche de vaca?* *Revistas de ECOSUR*. Retrieved September 17, 2023, from <https://revistas.ecosur.mx/ecofronteras/index.php/eco/article/view/1963/2021>
- Cardona Serrate, F. (2020, June 30). *Alteraciones no microbianas en alimentos: el pardeamiento y el enranciamiento*. [Artículo]. Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica de València. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/147166/Cardona%20-%20ALTERACIONES%20ENZIM%3%81TICAS%20EN%20ALIMENTOS%3A%20EL%20PARDEAMIENTO%2C%20EL%20ENRANCIAMIENTO%20Y%20LA%20REACCI%3%93N....pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Cardoso, W., Gomes, J., Roque, J., Barbosab, M., & Teófilo, R. (2022, January 15). *Dehydration as a Tool to improve predictability of sugarcane juice carbohydrates using near-infrared spectroscopy based PLS models*. ELSEVIER. Retrieved June 21, 2023, from <https://www-sciencedirect-com.acceso.unicauca.edu.co/science/article/pii/S0169743921002276>
- Carrillo Inungaray, M. L., & Reyes Munguía, A. (2013, June). *Vida útil de los alimentos. Lifetime food*. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5063620.pdf>
- Castillo, S., & Gonzales, M. (2018, Abril 17). *Desarrollo de un proceso tecnológico para obtener una harina hiperproteica de quinua, aplicable en la empresa Segalco S.A.S*. Repositorio Universidad del Cauca. Retrieved 04 02, 2023, from <http://repositorio.unicauca.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/1724>
- Cereceres, A., García, R., Álvarez, E., & Rodríguez, A. (2020, January 20). *Ingestión de compuestos fenólicos en población adulta mayor*. SciELO España. Retrieved June 19, 2023, from [https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0212-16112019000200470](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112019000200470)
- Chakraborty, I., N, P., Sankar Mal, S., Paul, U. C., Rahman, M. H., & Mazumder, N. (2022, February 03). An Insight into the Gelatinization Properties Influencing the Modified Starches Used in Food Industry: A review. *Food and Bioprocess Technology*, 15, 1195-1223. Springer Link. <https://doi.org/10.1007/s11947-022-02761-z>
- Chen, W., Li, H., Zhang, F., Xiao, W., Zhang, R., Chen, Z., & Du, Y. (2021, June). *Handheld short-wavelength NIR spectroscopy for rapid determination of sugars and carbohydrate in fresh juice with sampling error profile analysis*. ScienceDirect. Retrieved April 19, 2023, from <https://www-sciencedirect-com.acceso.unicauca.edu.co/science/article/pii/S1350449521001043>
- Clemente, G., Ana, J., Sinisterra, N., & Jareño, L. (2021, Septiembre 16). *Desarrollo de una leche de coco: análisis físico-químico y microbiológico*. Universitat Politècnica de Valencia. Retrieved February 22, 2023, from <https://riunet.upv.es/handle/10251/173654?show=full>

- Comintec. (2019). *Importancia del pH en la elaboración de conservas* [Folleto]. COMINTEC.  
[https://comintec.com.mx/images/boletines/mailingspdf/alimentos\\_nov2019.pdf](https://comintec.com.mx/images/boletines/mailingspdf/alimentos_nov2019.pdf)
- Corral Lugo, A., Morales García, Y. E., Pazos Rojas, L. A., Ramírez Valverde, A., Martínez-Contreras, R., & Muñoz-Rojas, J. (2012, Junio). Cuantificación de bacterias cultivables mediante el método de "Goteo en Placa por Sellado (o estampado) Masivo". *Revista UNAL*.  
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/37416/40417>
- Crevel, R. W. R., Wang, K., & Clare Mills, E.N. (2023, February). An in vitro protocol to characterise the resistance of food proteins to intestinal digestion. *Food and Chemical Toxicology*, 173(113590). Science Direct.  
<https://doi.org/10.1016/j.fct.2022.113590>
- Cueva, R. (2012). *QUÍMICA DEL CARBONO*. Junta de Andalucía. Retrieved May 24, 2023, from [https://www.juntadeandalucia.es/averroes/centros-tic/14004971/helvia/sitio/upload/Formulacion\\_organica\\_revisada\\_10412.pdf](https://www.juntadeandalucia.es/averroes/centros-tic/14004971/helvia/sitio/upload/Formulacion_organica_revisada_10412.pdf)
- Dakhili, S., Abdolalizadeh, L., Marzieh Hosseini, S., Shojaee-Aliabadi, S., & Mirmoghtadaie, C. L. (2019, July 16). Quinoa protein: Composition, structure and functional properties. *Food Chemistry*, 299(125161).  
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125161>
- Díaz Ocampo, R. (2018). *Reología aplicada a sistemas alimentarios* (1st ed.). Grupo Compás.  
<http://142.93.18.15:8080/jspui/bitstream/123456789/270/1/CORRECCIONES-ilovepdf-compressed.pdf>
- Domínguez, I. (2018, October 18). *Caracterización del comportamiento de fluidos dilatantes a diferentes temperaturas* [Tesis]. Biblioteca Virtual- Universidad Carlos III de Madrid.  
<https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/29542#preview>
- Eduardo, R. (2013). *Aplicación de la espectroscopia nir para la determinación de parámetros críticos en la fabricación de comprimidos en la industria farmacéutica*. TDX (Tesis Doctorals en Xarxa). Retrieved April 23, 2023, from <https://www.tdx.cat/handle/10803/107849#page=39>

- Erkmen, O. (2022). Section I - General food microbiology analyzing practices. In *Microbiological Analysis of Foods and Food Processing Environments* (pp. 1-2). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/C2021-0-01219-0>
- Espinosa Manfugás, J. (2007). *Evaluación Sensorial de los Alimentos* (1st ed.). Universitaria. <https://s47003acac0f1f7a3.jimcontent.com/download/version/1463707242/module/8586131883/name/LIBRO%20ANALISIS%20SENSORIAL-1%20MANFUGAS.pdf>
- Fedepalma. (1985). *Usos alimenticios del coco*. Fedepalma. Retrieved April 29, 2023, from <https://publicaciones.fedepalma.org>
- Figueroa, J., Márquez, C., & Ciro, H. (2023, June 22). *Evaluación de estabilidad coloidal en bebidas de tomate de árbol*. Researchgate.net. Retrieved July 30, 2023, from [https://www.researchgate.net/profile/Jorge-Figueroa-Florez/publication/341341717\\_Evaluacion\\_de\\_estabilidad\\_coloidal\\_en\\_bebidas\\_de\\_tomate\\_de\\_arbol\\_Evaluation\\_of\\_colloidal\\_stability\\_in\\_tamarillo\\_beverages/links/5ebb623a92851c11a86500ed/Evaluacion-de-estabili](https://www.researchgate.net/profile/Jorge-Figueroa-Florez/publication/341341717_Evaluacion_de_estabilidad_coloidal_en_bebidas_de_tomate_de_arbol_Evaluation_of_colloidal_stability_in_tamarillo_beverages/links/5ebb623a92851c11a86500ed/Evaluacion-de-estabili)
- Flores, G. (2016, Enero). *ELABORACIÓN DE NANOESTRUCTURAS POLIMÉRICAS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE COMPONENTES BIOACTIVOS*. Tesis IPN. Retrieved August 7, 2023, from <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/24165/Flores%20Miranda%20C%20Grisel%20Adriana.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Fon Fay Vásquez, F. M., & Zumbado Fernández, H. (2020). *Análisis proximal en alimentos Fundamentos teóricos y técnicas experimentales* (1st ed.). Colloquium. <http://colloquiumbiblioteca.com/index.php/web/article/view/43/39>
- Food and Agriculture Organization Of the United Nations (FAO). (2013). *Dietary protein quality evaluation in human nutrition*. FAO. <https://www.fao.org/ag/humannutrition/35978-02317b979a686a57aa4593304ffc17f06.pdf>
- García, A., & Pacheco, E. (2010, Diciembre). *EVALUACIÓN DE DE UNA BEBIDA LÁCTEA INSTANTÁNEA A BASE DE HARINA DE ARRACACHA (Arracacia xanthorrhiza) CON LA ADICIÓN DE ÁCIDO FÓLICO*. Scielo. Retrieved August 17, 2023, from

[https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-75182010000400009&script=sci\\_arttext&tlng=pt](https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-75182010000400009&script=sci_arttext&tlng=pt)

- García, G. (2020). *UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES CARRERA DE INGENIERÍA E*. Repositorio de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi. Retrieved February 22, 2023, from <http://repositorio.upec.edu.ec/bitstream/123456789/1336/1/030-GARC%c3%8da%20MENDIETA%20GISSELA%20MARIBEL.pdf>
- Gómez, H. (2022, October 2). *DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE LA PREFERENCIA Y ACEPTABILIDAD DE EMPANIZADOS DE PERICO CORYPHAENA HIPPURUS EN PUERTO DE ILO*. Bistream. Retrieved August 17, 2023, from [http://181.176.3.22/bitstream/handle/UNAM/77/T095\\_70211654\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://181.176.3.22/bitstream/handle/UNAM/77/T095_70211654_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Guía Técnica Colombiana (GTC) 165. (2007, Agosto). Análisis Sensorial. Metodología. Guía General. *ICONTEC*. <https://es.slideshare.net/dianaingeniera/gtc-165>
- Hoffman, J. R., & Falvo, M. J. (2004, September). Protein – Which is Best? *Journal of sport science and medicine*. National Library of Medicine. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3905294/>
- Hong, K., Kim, S., & Lee, S. (2018, November 25). *Effects of HLB value on oil-in-water emulsions: Droplet size, rheological behavior, zeta-potential, and creaming index*. *ELSERVIER*. Retrieved February 26, 2023, from <https://doi.org/10.1016/J.JIEC.2018.06.022>
- Hoyuelo, S. A., & Rohanie, M. (2014, January 3). Sensory Evaluation as a Tool in Determining Acceptability of Innovative Products Developed by Undergraduate Students in Food Science and Technology at The University of Trinidad and Tobago. *Journal of Curriculum and Teaching*, 3(1;2014), 10-26. 10.5430/jct.v3n1p10
- Hu, Y.-T., Ting, Y., Hu, J.-Y., & Hsieh, S.-C. (2017, January 14). Techniques and methods to study functional characteristics of emulsion systems. *Journal of Food and Drug Analysis*, 25, 16-26. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2016.10.021>

- Huamani, A. L., Ponce-Ramírez, J. C., & Málaga-Juárez, J. (2020, Marzo 10). Optimización del proceso de cocción de quinua utilizando el diseño 3k y la función de deseabilidad: Grado de gelatinización, índice de absorción de agua, índice de solubilidad y desprendimiento de cotiledones. *Scientia Agropecuaria*, 11(3). Scielo. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.03.10>
- Huang, K., Liu, Y., Zhang, Y., Cao, H., Luo, D., Yi, C., & Guan, X. (2022, June 11). Formulation of plant-based yoghurt from soybean and quinoa and evaluation of physicochemical, rheological, sensory and functional properties. *Food Bioscience*, 49. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101831>
- Huang, R., Huang, K., Guan, X., Li, S., Cao, H., Zhang, Y., Lao, X., Bao, Y., & Wang, J. (2021, July). Effect of defatting and extruding treatment on the physicochemical and storage properties of quinoa (*Chenopodium quinoa* Wild) flour. *LWT*, 147. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111612>
- Hunter, R. J. (1981). *Zeta potential in colloid science : principles and applications*. Academic Press.
- Hunter, R. J. (2013). *Zeta Potential in Colloid Science: Principles and Applications* (R. H. Ottewill & R. L. Rowell, Eds.). Elsevier Science.
- Ibanoğlu, E. (2002, May). *Rheological behaviour of whey protein stabilized emulsions in the presence of gum arabic*. ScienceDirect. Retrieved April 29, 2023, from [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(01\)00115-7](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(01)00115-7)
- Ibrahim, G., Hassan, M., Massry, K., Ghorab, A., Ramadán, M., & Osman, F. (2011, January). *Effect of clouding agents on the quality of apple juice during storage*. ELSEVIER. Retrieved July 30, 2023, from <https://www-sciencedirect-com.acceso.unicauca.edu.co/science/article/pii/S0268005X10001001>
- Icontec Internacional. (2007, Marzo 21). *Microbiología de alimentos y de alimentos para animales. metodo horizontal para la deteccion de salmonella spp*. Tienda virtual ICONTEC. Retrieved February 26, 2023, from <https://tienda.icontec.org/gp-microbiologia-de-alimentos-y-de-alimentos-para-animales-metodo-horizontal-para-la-deteccion-de-salmonella-spp-ntc4574-2007.html>
- Icontec Internacional. (2009, 04 15). *MICROBIOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS PARA CONSUMO HUMANO Y ANIMAL. MÉTODO HORIZONTAL PARA EL*

*RECUENTO DE MICROORGANISMOS. TÉCNICA DE RECUENTO DE COLONIAS A 30 °C.* DocPlayer. Retrieved February 26, 2023, from <https://docplayer.es/37122181-Norma-tecnica-colombiana-4519.html>

Icontec Internacional. (2015, February 1). *Gtc 165 Análisis sensorial: Metodología. Guía general.* Slideshare. Retrieved February 26, 2023, from <https://es.slideshare.net/dianaingeniera/gtc-165>

Icontec internacional. (2018, 12 12). *MICROBIOLOGÍA DE ALIMENTOS Y DE ALIMENTOS PARA ANIMALES. MÉTODO HORIZONTAL PARA EL RECUENTO DE COLIFORMES O Escherichia coli O AMBOS. TÉCNICA DE RECUENTO DE COLONIAS UTILIZANDO MEDIOS FLUOROGÉNICOS O CROMOGÉNICOS.* icontec. Retrieved February 26, 2023, from <https://tienda.icontec.org/gp-microbiologia-de-alimentos-y-de-alimentos-para-animales-metodo-horizontal-para-el-recuento-de-coliformes-o-escherichia-coli-o-ambos-tecnica-de-recuento-de-colonias-utilizando-medios-fluorogenicos-o-cromogenicos-ntc4458-2018.ht>

Icontec Internacional. (2021, 12 16). *NTC 5698-2:2009 Microbiología de alimentos y productos de alimentación animal. Método horizontal para la enumeración de mohos y levaduras. Parte 2: técnica de recuento de colonias en productos con actividad acuosa (aw) inferior o igual a 0,95.* icontec. Retrieved February 26, 2023, from <https://tienda.icontec.org/gp-microbiologia-de-alimentos-y-productos-de-alimentacion-animal-metodo-horizontal-para-la-enumeracion-de-mohos-y-levaduras-parte-2-tecnica-de-recuento-de-colonias-en-productos-con-actividad-acuosa-aw-inferior-o-o-igual-a-095-ntc>

Icontec internacional. (2016, August 24). *NORMAS RATIFICADAS POR EL CONSEJO DIRECTIVO 2016-08-17 Editadas - 2016-08-24 NORMAS Y GUÍAS NUEVAS.* Icontec. Retrieved February 26, 2023, from <https://www.icontec.org/wp-content/uploads/2019/07/Consejo-Directivo-2016-08-17.pdf>

Jaramillo, L. (2022, October 2). *Evaluación de las características texturales y sensoriales de una barra de Granola obtenida mediante moldeado en frío.* Repositorio. Retrieved August 17, 2023, from <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/1934/1/104874.pdf>

- Jeske, S., Zannini, E., & Arendt, E. (2017, March). Evaluation of Physicochemical and Glycaemic Properties of Commercial Plant-Based Milk Substitutes. *Plant Foods for Human Nutrition*, 72, 26-33. Springer Link. <https://doi.org/10.1007/s11130-016-0583-0>
- Karimidastjerd, A., & Kilic-Akyilmaz, M. (2021, January). Formulation of a low-protein rice drink fortified with caseinomacropeptide concentrate. *Food and Bioproducts Processing*, 125, 161-169. Science Direct. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2020.11.004>
- Kene, K., & LW, E. (2019, October 15). *Chemometric studies of the effects of milk fat replacement with different proportions of vegetable oils in the formulation of fat-filled milk powders: Implications for quality assurance*. ELSEVIER. Retrieved June 22, 2023, from <https://www-sciencedirect-com.acceso.unicauca.edu.co/science/article/pii/S0308814619309276>
- Kofi, S., Amenakpor, J., Atisey, S., Odai, R., & Amoah, E. (2019, April 11). *Production of coconut milk: A sustainable alternative plant-based milk*. ScienceDirect. Retrieved March 25, 2023, from <https://www-sciencedirect-com.acceso.unicauca.edu.co/science/article/pii/S2666016422000287>
- Kumar Sarangapany, A., Murugesan, A., Annamalai, A. S., Balasubramanian, A., & Shanmugam, A. (2022, December 2). An overview on ultrasonically treated plant-based milk and its properties – A Review. *Applied Food Research*, 2(100130). <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100130>
- Kwon, K. S., Bae, D., Parque, K. H., & Rhee, K. C. (1996, July 4). *Aqueous extraction and membrane techniques improve coconut protein concentrate functionality(Article)*. Scopus. Retrieved June 26, 2023, from <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1996.tb12197.x>
- Laboratorio de microbiología de Barcelona ACONSA. (2022, May 3). *pH en alimentos: su importancia en la seguridad alimentaria*. Aconsa. Retrieved February 27, 2023, from <https://aconsa-lab.com/ph-en-alimentos-importancia/>
- Larissa, B. (2019, March 9). *SECADO DEL FRUTO DE COCO O MBOKAJA — Acrocomia aculeata — EN SECADERO TIPO SILO PARA LA OBTENCIÓN DEL ACEITE DE PULPA DE COCO DE GRADO ALIMENTICIO*.

Repositorio. Retrieved October 5, 2023, from <https://repositorio.conacyt.gov.py/bitstream/handle/20.500.14066/4097/14-1-NV-093-TESIS-LARISA-BENITEZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Li, D. (Ed.). (2008). *Encyclopedia of Microfluidics and Nanofluidics*. Springer. [https://doi.org/10.1007/978-0-387-48998-8\\_866](https://doi.org/10.1007/978-0-387-48998-8_866)

Li, D. (Ed.). (2015). *Encyclopedia of Microfluidics and Nanofluidics*. Springer New York. [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-5491-5\\_200395](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-5491-5_200395)

Lima, E.B.C., Sousa, C.N.S., & Meneses, L.N. (2015). *Cocos nucifera (L.) (Areaceae): A phytochemical and pharmacological review*. SciELO. Retrieved June 7, 2023, from <https://www.scielo.br/j/bjmbr/a/VJSRqj9zW8VcmKMd8M6FH9B/?lang=en>

Lingiardi, N., Galante, M., De Sanctis, M., & Spelzini, D. (2022, November 15). Are quinoa proteins a promising alternative to be applied in plant-based emulsion gel formulation? *Food Chemistry*, 394(133485). <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133485>

Lucas, L., Dumar, V., & Cárdenas, C. (2013, 11 09). *Caracterización de harina y almidón obtenidos a partir de plátano guineo AAAea (Musa sapientum L.)*. Revistas Unal. Retrieved August 22, 2023, from [https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta\\_agronomica/article/download/30816/43652?inline=1](https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/download/30816/43652?inline=1)

Maldonado, R., Carrillo Herrera, P., Ramírez Cárdenas, L., & Carvajal Larenas, F. E. (2018, Julio). Elaboración de una bebida fermentada a base de quinoa *Chenopodium quinoa*. *Enfoque UTE online*, 9(3). Scielo. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v9n3.329>

Marina, A. M., Che Man, Y. B., & Amin, I. (2009, October). Virgin coconut oil: emerging functional food oil. *Trends in Food Science & Technology*, 20(10), 481-487. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2009.06.003>

McClements, D. J. (2015). *Food Emulsions: Principles, Practices, and Techniques, Third Edition*. Taylor & Francis Group.

Mendoza, N., Hoyos, J., & Peláez, C. (2021, Agosto 28). Capacidad antioxidante y contenido de polifenoles totales de extractos de tallo de Stevia rebaudiana en varios modelos in vitro. *Revista EIA*, 17(34). <https://doi.org/10.24050/reia.v17i34.1282>

- Mezger, T. G. (2006). *The Rheology Handbook: For Users of Rotational and Oscillatory Rheometers*. Vincentz Network.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de España. (2019, 05). Coconut (Cocos nucifera L). 239 *Coconut*. [https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/coco\\_tcm30-102445.pdf](https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/coco_tcm30-102445.pdf)
- Ministerio de Salud y protección Social. (2012, Agosto 8). *RESOLUCION 2154 DE 2012* [Reglamento técnico sobre los requisitos sanitarios que deben cumplir los aceites y grasas de origen vegetal o animal.]. <https://www.minsalud.gov.co/Normativa/Paginas/normativa.aspx>. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/resolucion-2154-de-2012.pdf>
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2022, Agosto 5). Criterios microbiológicos que deben cumplir los alimentos y bebidas destinados para consumo humano. *Resolución 1407*. [https://www.minsalud.gov.co/Normatividad\\_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%20No.%201407%20de%202022.pdf](https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%20No.%201407%20de%202022.pdf)
- Mirhosseini, H., Ping Tan, C., Hamid, N. S.A., & Yusof, S. (2008, February 15). Effect of Arabic gum, xanthan gum and orange oil contents on  $\zeta$ -potential, conductivity, stability, size index and pH of orange beverage emulsion. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 315, 47-56. Science Direct. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2007.07.007>
- Molina Martínez, J. M., & Cánovas Rodríguez, F. J. (2012). *Principios básicos de electrocinética* (1st ed.). Marcombo. [https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=pzpTWhEoj5oC&oi=fnd&pg=PA7&dq=principio+de+la+electrocinetica&ots=dp6Ini3N93&sig=XQscJRoEKoEnbTwu3HdDew-38pw&redir\\_esc=y#v=onepage&q=principio%20de%20la%20electrocinetica&f=false](https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=pzpTWhEoj5oC&oi=fnd&pg=PA7&dq=principio+de+la+electrocinetica&ots=dp6Ini3N93&sig=XQscJRoEKoEnbTwu3HdDew-38pw&redir_esc=y#v=onepage&q=principio%20de%20la%20electrocinetica&f=false)
- Montoya, C. (2021). *Caracterización fisicoquímica y compuestos bioactivos en el coco (Cocos nucifera L.) y su aceite: Efecto del cultivar y región de cultivo*. Redalyc. Retrieved June 18, 2023, from <https://www.redalyc.org/journal/6729/672971063003/html/#B2>
- Narchi, I., Vial, C., & Djelveh, G. (2009, January 5). Effect of protein-polysaccharide mixtures on the continuous manufacturing of

foamed food products. *Food Hydrocolloids*, 23(1), 188-201. Science Direct. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2007.12.010>

Navarro, P., Tapia, M., Perez, E., Fernandez, J., & Welti, J. (2007, 03 30). *LECHE DE COCO: COMPOSICIÓN, TECNOLOGÍA Y FUNCIONALIDAD. NUEVAS OPORTUNIDADES PARA SU CONSERVACIÓN Y USO COCONUT MILK: COMPOSI.* Biblat. Retrieved Junio 23, 2023, from <https://biblat.unam.mx/hevila/Agrollania/2007/vol4/3.pdf>

Nielsen, S. S. (2017). Determination of (Total) Phenolics and Antioxidant Capacity in Food and Ingredients. In *Food Analysis* (5th ed., pp. 455-468). Springer International Publishing. <https://doi-org.acceso.unicauca.edu.co/10.1007/978-3-319-45776-5>

Niu, C., Guo, H., Wei, J., Sajid, M., Yuan, Y., & Yue, T. (2018, August 1). *Fourier Transform Near-Infrared Spectroscopy and Chemometrics To Predict Zygosacchomyces rouxii in Apple and Kiwi Fruit Juices.* ELSERVIR. Retrieved June 21, 2023, from <https://www-sciencedirect-com.acceso.unicauca.edu.co/science/article/pii/S0362028X22086628>

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (1997). *Grasas y aceites en la nutrición humana. Consulta FAO/OMS de expertos. (Estudio FAO Alimentación y Nutrición - 57).* Capítulo 5 - Elaboración y refinado de aceites comestibles. Retrieved April 19, 2023, from <https://www.fao.org/3/V4700S/v4700s09.htm>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Olvera Novoa, M. A., Martínez Palacios, C. A., & Real de León, E. (1993). ANALISIS PROXIMALES. In *MANUAL DE TECNICAS PARA LABORATORIO DE NUTRICION DE PECES Y CRUSTACEOS.* FAO. <https://www.fao.org/3/ab489s/ab489s03.htm>

Organización Panamericana de la Salud. (2019, June 6). *La inocuidad de los alimentos es responsabilidad de todos - OPS/OMS | Organización Panamericana de la Salud.* PAHO. Retrieved August 15, 2023, from <https://www.paho.org/es/noticias/6-6-2019-inocuidad-alimentos-es-responsabilidad-todos>

Pandiselvam, R., Akshay, A. T., Manikantan, M. R., Ramesh, S. V., Patil, H., Gopal, M., & Shil, S. (2023, September 23). Influence of skimmed coconut milk

starter on the fermentation rate and biochemical quality attributes of virgin coconut oil. *Biomass Conversion and Biorefinery*. Springer Link. <https://doi.org/10.1007/s13399-023-04894-3>

Pandiselvam, R., Mahanti, K., Manikantan, S., Kothakota, A., Chakraborty, S., Ramesh, S., & Shameena, P. (2022, March). *Rapid detection of adulteration in desiccated coconut powder: vis-NIR spectroscopy and chemometric approach*. ScienceDirect. Retrieved April 20, 2023, from <https://www-sciencedirect-com.acceso.unicauca.edu.co/science/article/pii/S095671352100726X>

Patil, U., & Benjakul, S. (2018, August 2018). Coconut Milk and Coconut Oil: Their Manufacture Associated with Protein Functionality. *Journal of Food Science*, 83(8), 2019-2027. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14223>

Patra, T., Rinnan, A., & Olsen, K. (2021, April 7). The physical stability of plant-based drinks and the analysis methods thereof. *Food Hydrocolloids*, 118. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.106770>

Peamprasart, T., & Chiewchan, N. (2006, December). *Effect of fat content and preheat treatment on the apparent viscosity of coconut milk after homogenization*. ScienceDirect. Retrieved April 30, 2023, from <https://www-sciencedirect-com.acceso.unicauca.edu.co/science/article/pii/S0260877405005315>

Peredo, H. A., & Jiménez, M. T. (2012). Mecanismos de inestabilidad y métodos de estabilización de emulsiones múltiples. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 6(2), 122-130. [https://handbook.usfx.bo/nueva/vicerrectorado/citas/TECNOLOGICAS\\_2012/ingenieria%20de%20Alimentos/TSIA-62Peredo-Luna-et-al-2012.pdf](https://handbook.usfx.bo/nueva/vicerrectorado/citas/TECNOLOGICAS_2012/ingenieria%20de%20Alimentos/TSIA-62Peredo-Luna-et-al-2012.pdf)

Polo, M., Roa, D., & Jesús, B. (2021, Diciembre). *Propiedades reológicas de quinua (Chenopodium quinoa Wild) obtenidas mediante molienda abrasiva y tratamiento térmico*. Scielo. Retrieved August 9, 2023, from <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642021000600053>

Quesada, D., & Gómez, G. (2019, May 01). ¿Proteínas de origen vegetal o de origen animal?: Una mirada a su impacto sobre la salud y el medio ambiente. *Revista de Nutrición Clínica y Metabolismo*, 2(1:2019), 79-86. <https://doi.org/10.35454/rncm.v2n1.063>

- Raghavarao, K. (2010, Abril 3). *Effect of different treatments for the destabilization of coconut milk emulsion*. Elsevier. Retrieved June 12, 2023, from <https://www-sciencedirect-com.acceso.unicauca.edu.co/science/article/pii/S0260877409005342>
- Ren, C. L. (2014). *Encyclopedia of Microfluidics and Nanofluidics* (T. Glawdel, Ed.; Dongqing Li ed.). Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-27758-0>
- Ren, G., Teng, C., Fan, X., Guo, S., Zhang, L., Liang, Z., & Qin, P. (2023, January 4). Nutrient composition, functional activity and industrial applications of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Chemistry*, 410(135290). <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.135290>
- Rice, D., & Galbraith, M. (2023, April 4). *Fourier transform infrared spectroscopy as a tool for identifying the unique characteristic bands of lipid in oilseed components: Confirmed via Ethiopian indigenous desert date fruit*. Sciencedirect. Retrieved April 10, 2023, from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844023019060>
- Rincon, L., Braz, R., & Rodrigues, E. (2020, June). *Development of novel plant-based milk based on chickpea and coconut*. ELSERVIER. Retrieved 02 22, 2023, from <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109479>
- Rioja, A., Vizaluque, B., Aliaga, E., Tejada, L., Book, O., Mollinedo, P., & Peñarrieta, M. (2018, Diciembre). *DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE TOTAL, FENOLES TOTALES, Y LA ACTIVIDAD ENZIMÁTICA EN UNA BEBIDA NO LÁCTEA EN BASE A GRANOS DE CHENOPODIUM QUINOA*. Redalyc. Retrieved June 19, 2023, from <https://www.redalyc.org/journal/4263/426358213006/html/>
- Ruengdech, A., & Siripatrawan, U. (2021, April). *Application of catechin nanoencapsulation with enhanced antioxidant activity in high pressure processed catechin-fortified coconut milk*. ScienceDirect. Retrieved April 23, 2023, from <https://www-sciencedirect-com.acceso.unicauca.edu.co/science/article/pii/S0023643820315826>
- Salgado, R., Paternina, A., Cohen, C., & Rodríguez, J. (2019, Agosto). *Análisis de las Curvas de Gelatinización de Almidones Nativos de tres Especies de Ñame: Criollo (*Dioscorea alata*), Espino (*Dioscorea rotundata*) y Diamante*

22. SciELO Chile. Retrieved August 22, 2023, from [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-07642019000400093](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642019000400093)

- Seneviratne, K. N., Hapuarachchia, C. D., & Ekanayake, S. (2009, June). Comparison of the phenolic-dependent antioxidant properties of coconut oil extracted under cold and hot conditions. *Food Chemistry*, *114*(4), 1444-1449. Science Direct. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.11.038>
- Shafiur Rahman, M., & Labuza, T. P. (2007). 20. Water Activity and Food Preservation. In *Handbook of Food Preservation* (2nd ed., pp. 447-475). Mohammad Shafiur Rahman. [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/55655659/Handbook\\_of\\_Food\\_Preservation-libre.PDF?1517183936=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DManual\\_de\\_preservacion\\_de\\_alimentos.pdf&Expires=1696109973&Signature=Tfk8CONABro4G0ppbsit6JPIXmDIUBsZ-MR~Xc](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/55655659/Handbook_of_Food_Preservation-libre.PDF?1517183936=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DManual_de_preservacion_de_alimentos.pdf&Expires=1696109973&Signature=Tfk8CONABro4G0ppbsit6JPIXmDIUBsZ-MR~Xc)
- Silva, A. R., Silva, M. M.N., & Ribeiro, B. D. (2020, May). Health issues and technological aspects of plant-based alternative milk. *Food Research International*, *131*(108972). <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108972>
- Silva, E., Fernandes, J., Ribeiro, A., Miguez, M., & Garcia, E. (2018, Mayo 22). *Stability and rheological behavior of coconut oil-in-water emulsions formed by biopolymers*. Redalyc. Retrieved July 20, 2023, from <https://www.redalyc.org/journal/470/47058505006/html/>
- Simuang, J., Chiewchan, N., & Tansakul, A. (2004, September). *Effects of fat content and temperature on the apparent viscosity of coconut milk*. ScienceDirect. Retrieved April 29, 2023, from <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2003.09.032>
- Singleton, V., & Rossi, J. (1965, Enero). *Colorimetría de Fenólicos Totales con Reactivos Ácido Fosfomolibdico-Fosfotúngstico*. American Journal of Enology and viticulture. <https://www.ajeonline.org/content/16/3/144>
- Sitorus, A., Muslinh, M., & Syahri, I. (2021, June). *Dataset of adulteration with water in coconut milk using FTIR spectroscopy*. ScienceDirect. Retrieved April 16, 2023, from <https://doi.org/10.1016/j.dib.2021.107058>
- Steward, A., & Sharp, P. (1946). *Vitamin C Content of Market Milk, Evaporated Milk, and Powdered Whole Milk*. CAB Direct. Retrieved April 23, 2023, from <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19462701524>

- Taherian, A. R., Fustier, P., Britten, M., & Ramaswamy, H. S. (2008, July 12). Rheology and Stability of Beverage Emulsions in the Presence and Absence of Weighting Agents: A Review. *Food Biophysics*, 3, 279-286. <https://doi.org/10.1007/s11483-008-9093-4>
- Taleb, M., Rabiha, Z., Belal, F., & Meor, A. (2022, December). *Biological activities and physiochemical properties of low-fat and high-fat coconut-based kefir*. ScienceDirect. Retrieved June 7, 2023, from <https://www-sciencedirect-com.acceso.unicauca.edu.co/science/article/pii/S1878450X22001597>
- Tangsuphoom, N., & Coupland, J. (2007, August 2). *Effect of surface-active stabilizers on the microstructure and stability of coconut milk emulsions*. ELSEVIER. Retrieved July 9, 2023, from <https://pdf.sciencedirectassets.com/271995/1-s2.0-S0268005X08X00049/1-s2.0-S0268005X07001993/main.pdf?X-Amz-Security-Token=IQoJb3JpZ2luX2VjEB4aCXVzLWVhc3QtMSJHMEUCIQDXHn3NBb2%2BJDRiSxhwPiGM PxcWWIBBN40Tdl2huu9MAIlgKgAvwLEV3mBVxGezb5TRcXZ9C1ENxChJ U5o1jK9AdE0>
- Taormina, P. J., & Hardin, M. D. (2021). Purposes and Principles of Shelf Life Determination. In *Food Safety and Quality-Based Shelf Life of Perishable Foods* (1st ed., pp. 1-26). Saltador Cham. <https://doi-org.acceso.unicauca.edu.co/10.1007/978-3-030-54375-4>
- Thirukumaran, R., Nimbkar, S., Mahalakshmi, L., Leena, M., Moisés, J., & Anandharamakrishnan, C. (2023, June). *Impact of different emulsification techniques on the stability of coconut milk*. ELSEVIER. Retrieved July 27, 2023, from <https://www-sciencedirect-com.acceso.unicauca.edu.co/science/article/pii/S2666154323001151>
- Umiyauri, P., & Umiyauri, T. (2022, October 2). *ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA REHIDRATANTE DE AGUA DE COCO (Cocos nucifera) Y GUAYABA (Psidium guajava), EVALUACION DE UNA PULPEADORA VERTICAL*. Repositorio UCSM. Retrieved September 18, 2022, from <https://repositorio.ucsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12920/6548/69.0373.AL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP). (2014, Octubre). Análisis Sensorial. *Investigación UPAEP*. [https://investigacion.upaep.mx/micrositios/assets/analisis-sensorial\\_final.pdf](https://investigacion.upaep.mx/micrositios/assets/analisis-sensorial_final.pdf)
- Víctor, A., Abad, L., López, M., González, B., & Vázquez, J. (2022, June 30). *Nutritional quality of protein flours of fava bean (Vicia faba L.) and in vitro digestibility and bioaccessibility*. ELSEVIER. Retrieved Febrero 24, 2022, from <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2022.100303>
- Vivanco, J. L. (2021). EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE ARROZ (*Oryza sativa* L.), GOMA XANTANA Y CARBOXIMETILCELULOSA EN LA ESTABILIDAD DE PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN DE UNA BEBIDA TIPO HORCHATA. <https://repositorio.uteq.edu.ec/items/f020b9cb-97d0-4115-b1ec-05dc87e4bc6d>
- Wang, K., Crevel, R. W.R., & Clare Mills, E.N. (2022, September). Assessing protein digestibility in allergenicity risk assessment: A comparison of in silico and high throughput in vitro gastric digestion assays. *Food and Chemical Toxicology*, 167(113273). Science Direct. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2022.113273>
- Wang, W., Chen, H., Ke, D., Chen, W., Zhong, Q., Chen, W., & Yun, Y.-H. (2020, March). *Effect of sterilization and storage on volatile compounds, sensory properties and physicochemical properties of coconut milk*. ELSEVIER. Retrieved Febrero 24, 2023, from <https://doi.org/10.1016/j.microc.2019.104532>
- Wlodarska, K., Piasecki, P., Prieto, A., Pawlak, K., Gorecki, T., & Sikorska, E. (2021, May). *Rapid screening of apple juice quality using ultraviolet, visible, and near infrared spectroscopy and chemometrics: A comparative study*. ELSEVIER. Retrieved June 21, 2023, from <https://www-sciencedirect-com.acceso.unicauca.edu.co/science/article/pii/S0026265X21001363>
- Wu, S., & Wu, Y. (2017, June 29). *Proximate composition and nutritional evaluation of the adductor muscle of pen shell*. ELSEVIER. Retrieved February 26, 2023, from <https://doi.org/10.1007/s13205-017-0840-4>
- Xu Lu, H. S., Juanjuan Guo, J. T., Yi Lei, S., & Yingtong, S. (2019, November). *Rheological properties and structural features of coconut milk emulsions*

*stabilized with maize kernels and starch*. ELSERVIER. Retrieved 02 22, 2023, from <https://www-sciencedirect-com.acceso.unicauca.edu.co/science/article/pii/S0268005X18317776>

- Zárate, L. (2019). *Aplicación del almidón de quinua (Chenopodium quinoa) en la industria alimentaria de acuerdo a su potencial tecnológico*. Repositorio Universidad Nacional. Retrieved August 22, 2023, from <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/76596/LauraMarcelaZaratePolanco.2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Zeb, A. (2021). Concept of Antioxidants in Foods. In *Phenolic Antioxidants in Foods: Chemistry, Biochemistry and Analysis* (1st ed., Vol. 1, pp. 3-23). Saltador Cham. [https://doi-org.acceso.unicauca.edu.co/10.1007/978-3-030-74768-8\\_1](https://doi-org.acceso.unicauca.edu.co/10.1007/978-3-030-74768-8_1)
- Zhang, S., Zhang, Q., Shang, J., Mao, Z., & Yang, C. (2021, March). Measurement methods of particle size distribution in emulsion polymerization. *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 39, 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.cjche.2021.03.007>
- Zhangc, M., Mac, X., Xiaoc, Z., Sol, A., Zhaoc, M., Wangc, Y., Huang, D., Suid, X., & Huo, J. (2023, September 30). *Polyphenols in twenty cultivars of blue honeysuckle (Lonicera caerulea L.): Profiling, antioxidant capacity, and  $\alpha$ -amylase inhibitory activity*. ScienceDirect. Retrieved May 15, 2023, from <https://www-sciencedirect-com.acceso.unicauca.edu.co/science/article/pii/S0308814623007665>
- Zhao, P., Xiaoran, Y., Cheng, M., Yirong, W., Wang, Y., Wang, K., Wang, X., & Wang, J. (2023, August). *ScienceDirect*. Effect of Pickering emulsion on the physical properties, microstructure and bioactivity of corn starch/cassia gum composite films. Retrieved April 18, 2023, from <https://doi-org.acceso.unicauca.edu.co/10.1016/j.foodhyd.2023.108713>

## ANEXOS

### ANEXO A. Pruebas microbiológicas torta de coco.

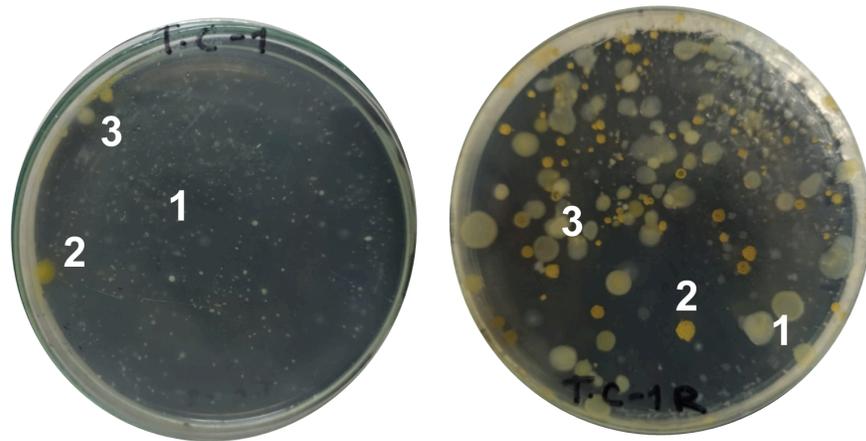
**Tabla 1.** Resultados de las pruebas microbiológicas de torta de coco cruda.

Mesófilos aerobios (UFC/ml)	E. Coli (UFC/ml)	Coliformes totales y fecales (UFC/ml)	Mohos y levaduras (UFC/ml)
$3,73 \times 10^3 \pm 0,5 \times 10^3$	Ausencia	$5,45 \times 10^1$	$1,82 \times 10^1 \pm 0,00..$

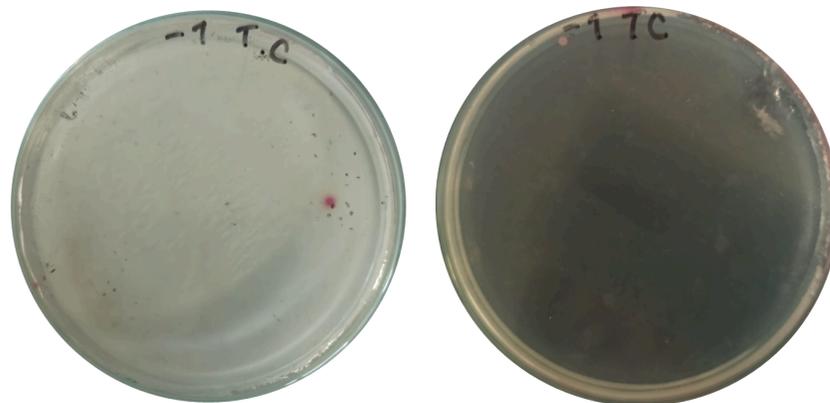
**Cuadro 1.** Descripción macroscópica de mesófilos de la torta de coco en agar PCA de las morfologías identificadas en la muestra de torta de coco y su réplica.

Colonia 1	<ul style="list-style-type: none"><li>- Forma: Puntiforme</li><li>- Margen: Entero</li><li>- Superficie: lisa</li><li>- Consistencia: Cremosa</li><li>- Propiedad óptica: Traslúcida</li><li>- Tamaño: Pequeño</li></ul>
Colonia 2	<ul style="list-style-type: none"><li>- Forma: Circular</li><li>- Margen: Entero</li><li>- Elevación: Montañosa</li><li>- Superficie: Seca</li><li>- Propiedad óptica: Opaca</li><li>- Tamaño: Mediana</li><li>- Color: Amarillo</li></ul>
Colonia 3	<ul style="list-style-type: none"><li>- Forma: Circular</li><li>- Margen: Entero</li><li>- Superficie: Lisa</li><li>- Consistencia: Cremosa</li><li>- Propiedad óptica: Brillante</li><li>- Tamaño: Pequeño</li><li>- Color: Blanco</li></ul>

**Figura 1.** Colonias de mesófilos de la dilución  $10^{-1}$  de torta de coco y su réplica en agar PCA después de 24 h.



**Figura 2.** Colonias sembradas de torta de coco en agar chromogenic colinstant después de 24 h, determinación de coliformes totales y *E. Coli*.



**Figura 3.** Colonias de hongos y levaduras de la dilución  $10^{-1}$  de torta de coco y su réplica en agar PDA después de 24 h.



**Figura 4.** Colonias sembradas de torta de coco en agar Salmonella- Shigella después de 24 h; a: Caldo MKTTn, b: caldo RVA.

