

Evaluación de la composición nutricional y propiedades funcionales de harinas elaboradas  
a base de tres variedades de papa colombiana

Álvaro José Sierra Cuadros y Wendy Cristina Robles Niño

Trabajo de grado para optar por el título de ingeniero químico

Modalidad Investigación

Directora

Viviana Sánchez Torres  
Ph.D. Ingeniera Química

Codirectora

Viviana Lucía Cuarán  
Investigadora Máster

Tutora

Oliva Yineth Páez Madariaga  
Ingeniera Química

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicoquímicas

Escuela de Ingeniería Química

Bucaramanga

2024

### **Dedicatorias**

*A Dios que me ha iluminado y dado la sabiduría y fortaleza necesaria para lograr afrontar las diferentes situaciones y llegar a cumplir mis metas.*

*A mis padres Leonor Cuadros y Álvaro Sierra por su apoyo, sacrificios, confianza, consejos y motivación para no rendirme, por estar siempre presentes y ser el motor que impulsa y ayuda a cumplir mis sueños, este logro es completamente de ustedes. Sin duda alguna la vida me premió con ustedes.*

*A mi hermano Jhon Fredy por su compañía, palabras de aliento y apoyo durante toda la vida en especial en esta etapa.*

*A mi sobrina Mariana por ser luz en mi vida, motivarme a crecer y ser un ejemplo para ella, por estar para mí siendo el mayor regalo y motivo de felicidad.*

*A mis amigos, en especial a Laura, Dayanna, Sofía, Tania, Karem, Viviana y Harver por estar desde siempre acompañándome en este proceso, escuchándome y brindándome su apoyo incondicional.*

*A mi compañera de proyecto y amiga Wendy Robles que desde el primer semestre y hasta el final fue incondicional, por cada consejo brindado, por compartir los mejores momentos y aprendizajes a lo largo de este tiempo.*

*Finalmente me dedico este triunfo a mí mismo, por creer en mis capacidades y a pesar de las dificultades no rendirme y lograr llegar hasta el final, por creer en que los sueños se cumplen ser valiente y alcanzar lo que un día siendo niño me propuse.*

*Álvaro José Sierra Cuadros*

*A mi abuela Tilcia y mi mami Elsa, quienes han sido los pilares de luz en mi vida, por su amor incondicional, su fe en mí y sus abrazos reconfortantes que me sostuvieron en cada paso de este arduo camino. A mi papi Nelson, por apoyarme, aconsejarme y confiar siempre en mí. A mi tío Gabriel, por ser una guía constante, brindándome su compañía y colaboración en innumerables ocasiones.*

*A mis hermanos Felipe y Gabriela, quienes han sido la fuente de mi mayor alegría y motivación. Sus sonrisas y ocurrencias llenaron mis días de esperanza y energía, recordándome siempre que vale la pena luchar por nuestros sueños.*

*A Sebastián, por estar a mi lado en cada paso de esta travesía, por creer en mí y por ser mi apoyo y mi cómplice en la búsqueda incansable de mis sueños.*

*A mis amigos y compañeros de aventuras, Nicolás y Alexa, fueron esa chispa de alegría y vitalidad que llenó mis días de risas y momentos inolvidables.*

*A mi compañero de tesis y amigo de carrera, Álvaro, por cada momento compartido, cada consejo brindado, cada palabra de aliento, por su paciencia, dedicación y apoyo constante, los cuales fueron pilares fundamentales en nuestro camino hacia este logro.*

*Y, por último, me dedico este logro a mí misma, por perseverar, por mantener mi valentía intacta y nunca dejar de creer en mis sueños.*

*Wendy Cristina Robles Niño*

### **Agradecimientos**

A la Universidad Industrial de Santander, por brindarnos la oportunidad y los medios necesarios para nuestra formación como profesionales, marcando un camino de aprendizaje y crecimiento invaluable.

A la Escuela de Ingeniería Química y a sus dedicados docentes, quienes no solo compartieron sus conocimientos con nosotros, sino que también nos guiaron con dedicación y contribuyeron de manera significativa a nuestra formación académica.

Al Grupo de Investigación en Alimentos CICTA, por su invaluable apoyo y colaboración durante todo el proceso de desarrollo de este proyecto.

A la profesora Viviana Sánchez y a la investigadora Viviana Cuarán, quienes creyeron en nuestras capacidades desde el inicio, brindándonos su apoyo incondicional y acompañándonos a lo largo de cada paso de esta investigación.

A nuestra tutora, Oliva Páez, por su apoyo constante, sus sugerencias constructivas, su dedicación incansable, por compartir generosamente su conocimiento, tiempo y esfuerzo para guiarnos hacia el éxito en nuestro proyecto de grado.

Al Semillero de Investigación en Alimentos y Tecnología (AICT), por ser una fuente constante de inspiración y aprendizaje, y por su invaluable apoyo en todas las actividades realizadas.

A Andrea, Nathalia y Yuly, quienes siempre estuvieron dispuestas a apoyarnos y compartir sus conocimientos y experiencia cuando más lo necesitábamos.

**Tabla de contenido**

Resumen .....	11
Introducción.....	13
1.Objetivos.....	14
1.1. Objetivo general .....	14
1.2. Objetivos específicos.....	14
2. Marco conceptual .....	15
2.1. Variedades de papa empleadas en este estudio.....	15
2.1.1. Papa Parda Pastusa .....	15
2.1.2. Papa Perla Negra .....	16
2.1.3. Papa Mary.....	16
2.2. Propiedades funcionales .....	16
2.2.1. Capacidad de absorción de agua (CAA).....	16
2.2.2. Capacidad de absorción de aceite (CAAC) .....	17
2.2.3. Densidad aparente (DA), densidad comprimida (DC) .....	17
2.2.4. Índice de compresibilidad (IC).....	18
2.2.5. Ángulo de reposo (AR).....	18
2.2.6. Intensidad de color.....	19
2.3. Composición nutricional.....	19
2.3.1. Análisis bromatológico .....	19

3. Estado del arte .....	20
4. Metodología.....	22
4.1. Elaboración de las harinas .....	23
4.1.1. Recolección y selección de la papa .....	23
4.1.2. Lavado y desinfección .....	24
4.1.3. Inhibición del pardeamiento enzimático.....	25
4.1.4. Secado, trituración, molienda y tamizado .....	25
4.1.5. Rendimiento.....	26
4.2. Propiedades funcionales .....	26
4.2.1. Capacidad de absorción de agua.....	26
4.2.2. Capacidad de absorción de aceite .....	27
4.2.3. Densidad aparente, densidad comprimida e índice de compresibilidad .....	27
4.2.4. Ángulo de reposo.....	28
4.3. Análisis bromatológicos .....	29
4.4. Análisis estadístico de las propiedades de las harinas .....	30
5. Resultados.....	31
5.1. Producción de harina de papa de las variedades Parda Pastusa, Perla Negra y Mary ...	31
5.2. Propiedades funcionales de las harinas .....	32
5.3. Propiedades nutricionales de las harinas .....	36
6. Conclusiones.....	39

EVALUACIÓN NUTRICIONAL Y FUNCIONAL DE HARINAS DE PAPA  
COLOMBIANA

7

7. Recomendaciones ..... 40

Referencias ..... 41

Apéndices ..... 46

**Lista de tablas**

<b>Tabla 1.</b> Métodos de Análisis bromatológicos aplicados.....	29
<b>Tabla 2.</b> Rendimiento de las tres variedades de papa .....	31
<b>Tabla 3.</b> Propiedades funcionales de las harinas de papa .....	32
<b>Tabla 4.</b> Intensidad del color de las harinas .....	35
<b>Tabla 5.</b> Análisis bromatológicos de las harinas de papa.....	36

**Lista de figuras**

<b>Figura 1.</b> Variedades de papa empleadas en este estudio .....	15
<b>Figura 2.</b> Diagrama de las fases de la metodología del proceso .....	22
<b>Figura 3.</b> Diagrama del proceso metodológico de producción de harinas .....	23
<b>Figura 4.</b> Intensidad de color de las harinas de papa .....	35

**Lista de apéndices**

<b>Apéndice A.</b> Protocolo de lavado y desinfección .....	46
<b>Apéndice B</b> Protocolo de tratamiento térmico.....	50
<b>Apéndice C.</b> Protocolo de secado, trituración molienda y tamizado.....	54
<b>Apéndice D.</b> Protocolo de Capacidad de absorción de agua .....	57
<b>Apéndice E.</b> Protocolo de la capacidad de absorción de aceite.....	61
<b>Apéndice F.</b> Protocolo densidad aparente, comprimida y índice de compresibilidad .....	65
<b>Apéndice G.</b> Protocolo ángulo de reposo .....	69

## Resumen

**Título:** Evaluación de la composición nutricional y propiedades funcionales de harinas elaboradas a base de tres variedades de papa colombiana.

**Autores:** Álvaro José Sierra Cuadros, Wendy Cristina Robles Niño.

**Palabras clave:** Harina de papa; Inhibición enzimática; Papa perla negra, Papa Mary, Papa parda pastusa.

**Descripción:** La riqueza de la biodiversidad de Colombia permite que se cuente con más de 800 tipos de papa hasta la fecha, muchos son desconocidos por la población y con ello las propiedades que pueden ofrecer para fabricar diferentes productos dentro de la industria alimentaria. El presente estudio se basó en la producción de harina de papa utilizando las variedades colombianas Parda Pastusa, Perla Negra y Mary, la evaluación de las propiedades funcionales y la composición nutricional. Se analizó tanto el contenido de grasa, humedad, proteína, fibra cruda, carbohidratos, hierro y ceniza como la densidad aparente y comprimida, absorción de agua y aceite, ángulo de reposo e intensidad de color comparándolas con una harina de trigo tradicional. La composición nutricional para las harinas de papa resultó ser similar en contenido de humedad oscilando entre 7.66 - 8.69%, grasa entre el 0.45 y 0.55 %, fibra cruda con un porcentaje promedio de 1.39% y carbohidratos 85%, sin embargo, el contenido de hierro, proteína y ceniza fue diferente para cada harina. Del mismo modo las propiedades funcionales no presentaron una variación significativa a excepción de la capacidad de absorción de agua la cual varió en un rango de 92 – 784.1 % teniendo un valor más alto la harina elaborada con papa Mary. Los rendimientos de producción oscilaron entre los 15.75 – 18.1 % en base húmeda sobresaliendo la harina de papa parda Pastusa. En conclusión, los resultados obtenidos indican que la variedad de papa influye en la capacidad de absorción de agua y rendimientos de las harinas.

---

\*Trabajo de Grado.

\*\*Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería Química. Directora: Viviana Sánchez Torres, PhD en Ingeniería Química. Codirectora: Viviana Cuarán, Investigadora máster.

### Abstract

**Title:** Evaluation of the nutritional composition and functional properties of flours made from three varieties of Colombian potatoes.

**Authors:** Álvaro José Sierra Cuadros, Wendy Cristina Robles Niño.

**Keywords:** Potato flour; Enzyme inhibition; Perla Negra potato, Mary potato, Parda Pastusa potato.

**Description:** The richness of Colombia's biodiversity allows for the existence of over 800 types of potatoes to date, many of which are unknown to the population along with their potential properties for manufacturing various products within the food industry. This study focused on the production of potato flour using the Colombian varieties Perla Negra, Parda Pastusa, and Mary, evaluating their functional properties and nutritional composition. The content of fat, moisture, protein, crude fiber, carbohydrates, iron, and ash was analyzed, as well as bulk density and tapped density, water and oil absorption, angle of repose, and color intensity, comparing them to traditional wheat flour. The nutritional composition for the potato flours showed similar moisture content ranging from 7.66% to 8.69%, fat content between 0.45% and 0.55%, crude fiber with an average percentage of 1.39%, and carbohydrates at 85%. However, the iron, protein, and ash content varied for each flour. Similarly, the functional properties did not show significant variation except for water absorption capacity, which varied from 92% to 784.1%, with the highest value in the flour made from Mary potatoes. Production yields ranged from 15.75% to 18.1% on a wet basis, with the Parda Pastusa potato flour standing out. In conclusion, the results indicate that the potato variety influences the water absorption capacity and yields of the flours.

---

\*Thesis.

\*\*Faculty of Physicochemical Engineering. School of Chemical Engineering. Director: Viviana Sánchez Torres, PhD in Chemical Engineering. Co-director: Viviana Cuarán, Master's researcher.

## **Introducción**

Colombia se caracteriza por tener una geografía y climas variados, lo que hace que tenga condiciones ideales para cultivar diferentes tipos de productos agrícolas como la papa (Finagro, 2023). La producción de papa en Colombia se da en nueve de sus treinta y dos departamentos, en los que se destacan Boyacá, Cundinamarca y Nariño, pues representan el 91 % de la totalidad de la producción (FEDEPAPA, 2022).

En los últimos años, fueron sembradas alrededor de 114,926 hectáreas y producidas aproximadamente 2.53 millones de toneladas de papa presentándose diferentes variedades de estas según las condiciones climáticas de la localización del cultivo (FNFP, 2022). Hoy en día el suelo colombiano produce cerca de 850 clases de papa de las cuales probablemente la gran parte son desconocidas por la población del país y con ello los diferentes usos y beneficios nutricionales que puedan tener cada una de ellas (Agropinos, 2021).

La comparación de harinas obtenidas a partir de diferentes variedades de papa es valiosa puesto que hace posible conocer las posibles ventajas y desventajas que cada una tiene en diferentes aplicaciones culinarias e industriales teniendo presente el aporte que éstas ofrecen al ser un alimento. ¿Existe en realidad diferencia en las propiedades fisicoquímicas y en la composición nutricional de cada una de estas?

Al conocer las propiedades de cada harina, se podría determinar cuál es la más adecuada para cada uso específico, lo que permitiría mejorar la calidad de los productos finales y optimizar su aplicación.

## **1.Objetivos**

### **1.1. Objetivo general**

Evaluar la composición nutricional y las propiedades funcionales de harinas elaboradas a partir de tres variedades de papa.

### **1.2. Objetivos específicos**

- Producir harinas a partir de las variedades de papa Mary, Parda Pastusa y Perla Negra.
- Evaluar las propiedades funcionales de las harinas de papa obtenidas.
- Realizar un análisis bromatológico de la composición nutricional de las harinas de cada variedad de papa.

## 2. Marco conceptual

### 2.1. Variedades de papa empleadas en este estudio

En este estudio se emplearon tres cultivares de papa: Parda Pastusa, Perla Negra y Mary, como se ilustra en la Figura 1.

#### Figura 1.

*Variedades de papa empleadas en este estudio*



#### 2.1.1. Papa Parda Pastusa

La Parda Pastusa es una variedad de papa originaria de Nariño, Colombia, perteneciente al grupo Andigenum, y se cultiva a una altitud de 3.113 metros sobre el nivel del mar. La planta tiene un crecimiento semi erecto y tallos verdes con pocas manchas. Los tubérculos son comprimidos y tienen una piel de color rojo-morado pálido con manchas moradas y carne blanca, mientras que los brotes son de color rojo crema. Agronómicamente, esta variedad produce un rendimiento de 1.700 kg/planta, una gravedad específica de 1.076 y se adapta bien a diferentes condiciones, aunque es bastante susceptible a enfermedades como la gota y el tizón temprano. Es ideal para hervir, ya que tiene un tiempo de cocción prolongado y una consistencia firme (Tinjacá Ruiz & Rodríguez Molano, 2015).

### **2.1.2. Papa Perla Negra**

La variedad de papa Perla negra se destaca por su elevado contenido de hierro, zinc y vitamina C, nutrientes esenciales para una salud óptima. Presenta un rendimiento promedio de 32,16 toneladas por hectárea y una alta tendencia a producir papas de primera categoría, con un peso superior a 75 gramos, lo que la convierte en una opción atractiva para los agricultores. Esta papa tiene un crecimiento semirrecto, una textura harinosa, una rápida cocción y un sabor neutro, lo que la hace versátil tanto para el consumo fresco como para la industria (hojuelas y bastones). Además, su tolerancia a la gota permite reducir los costos de producción en un 4,15% y minimizar el impacto ambiental (Agrosavia, n.d.-a).

### **2.1.3. Papa Mary**

La papa Mary es una variedad que posee una alta productividad, con un promedio de 37 toneladas por hectárea. Es una clase precoz, con un 40% de su producción en tubérculos de tamaño comercial (cero y primera). Presenta una forma redonda aplanada, piel rosado oscuro, pulpa color yema de huevo y textura reticulada características que la hacen única. Se considera ideal para la industria de procesamiento por su contenido de azúcares reductores (entre 0,06 y 0,26 mg/g) y materia seca (22%). Además, presenta tolerancia estable a la gota, la dormidera y la sarna polvosa, lo que reduce la necesidad de fungicidas (7 a 9 aplicaciones) y el consumo de agua (Agrosavia, n.d.-b).

## **2.2. Propiedades funcionales**

### **2.2.1. Capacidad de absorción de agua (CAA)**

La capacidad de absorción de agua (CAA) es una propiedad fundamental de los alimentos, especialmente de la harina, que determina su interacción con el agua durante la

preparación de productos como el pan. Esta propiedad define la cantidad máxima de agua que un alimento puede retener en su estructura sin perder su integridad física (Prieta Banquet & Jimenes Villalba, 2017).

La CAA juega un papel crucial en la formación de la masa, ya que influye en la hidratación de los componentes, la viscosidad y la elasticidad de la masa, y la textura final, en otras palabras, una harina con alta CAA generalmente produce masas más húmedas, elásticas y con mayor volumen, lo que se traduce en productos con mejor textura, migado y sabor (Henaos Osorio & Aristizábal Galvis, 2009).

### **2.2.2. Capacidad de absorción de aceite (CAAC)**

La capacidad de absorción de aceite (CAAC) es una propiedad fundamental de las harinas, que determina la cantidad de aceite que pueden retener en su estructura sin perder su integridad física (Chaparro et al., 2014). Esta propiedad juega un papel crucial en la calidad de diversos productos horneados, especialmente en cuanto a su textura, sabor y rendimiento.

Las harinas con partículas más finas presentan una mayor superficie disponible para la absorción de aceite, lo que se traduce en una mayor CAAC. Esta característica contribuye a una textura suave y húmeda, un sabor intenso y una mejor conservación durante el almacenamiento (Montes O. et al., 2016).

### **2.2.3. Densidad aparente (DA), densidad comprimida (DC)**

La densidad aparente de la harina, también conocida como densidad volumétrica, se define como la masa de un volumen determinado de harina, incluyendo los espacios vacíos entre las partículas, dividida por ese mismo volumen. En otras palabras, es la densidad que

se observa a simple vista, sin considerar el volumen real que ocupan las partículas de harina (Atarés Huerta, 2019).

La densidad comprimida, o densidad compactada aparente aumentada, se define como la densidad que adquiere un material granular tras someterse a un proceso de compactación mecánica. Este proceso implica aplicar una fuerza sobre el material, lo que provoca que las partículas se acerquen entre sí y reduzcan el volumen ocupado por los espacios vacíos (Atarés Huerta, 2019).

#### **2.2.4. Índice de compresibilidad (IC)**

El índice de compresibilidad (IC) de una harina se define como la capacidad que tiene dicha harina de reducir su volumen cuando se aplica una fuerza de compactación. En otras palabras, es una medida de la porosidad de la harina y de su capacidad para compactarse (Buzera et al., 2022).

Un IC alto indica que la harina tiene mayor porosidad y, por lo tanto, se compacta más fácilmente bajo presión. Por otro lado, un IC bajo indica una harina menos porosa y con mayor resistencia a la compactación (Buzera et al., 2022).

#### **2.2.5. Ángulo de reposo (AR)**

El ángulo de reposo, que representa el grado máximo de inclinación que alcanza la superficie de un cono de harina al verterse libremente sobre una superficie plana, es un indicador crucial de la fluidez y compactación del material. Este parámetro es esencial para determinar aspectos clave en la producción alimentaria, incluyendo la dosificación, mezclado, moldeado y las características finales del producto. Una harina con un ángulo de

reposito elevado retiene más aire, lo que se traduce en productos con una textura más esponjosa (Cerezal Mezquita et al., 2018).

### **2.2.6. Intensidad de color**

La intensidad de color, en el contexto de la física y la percepción visual, se refiere a la cantidad de luz que un objeto refleja o emite, y cómo esto influye en la percepción del color. Es una medida de la pureza y saturación del color, que puede variar desde colores muy vivos y puros hasta colores más apagados y desaturados (Rocío Cortázar, 2022).

## **2.3. Composición nutricional**

### **2.3.1. Análisis bromatológico**

El análisis bromatológico es una herramienta fundamental para evaluar la calidad y el valor nutricional de los alimentos. A través de un estudio fisicoquímico, se determina de manera precisa la composición del alimento, permitiendo realizar un seguimiento del rendimiento y la salud tanto de personas como de animales (Vicente de Pablos, 2021).

Este análisis abarca una amplia gama de parámetros, como el porcentaje de proteína, la cantidad de grasa, la humedad, los carbohidratos y fibra cruda (Arranaz & Arranaz, 2019). La fibra cruda se refiere a todas las sustancias orgánicas no nitrogenadas que no se disuelven tras sucesivas hidrólisis, una en un medio ácido y otra en un medio alcalino. El componente principal de la FC es la celulosa (85%), junto con las hemicelulosas y la lignina (15%). Estos componentes constituyen principalmente la fracción insoluble de la fibra (García Ochoa et al., 2008).

### 3.Estado del arte

La elaboración de harinas a partir de papas ha ganado interés en los últimos años debido a sus posibles aplicaciones en la industria alimentaria (International Potato Center, 2022), gracias a sus propiedades únicas que las hacen atractivas. Estas harinas tienen una textura fina y suave, lo que las hace ideales para elaborar productos horneados como panes y galletas (Brunel Jean, 2015). Además, tienen propiedades de retención de agua y capacidad de gelificación, lo que puede mejorar la textura y la estabilidad de los productos finales (Lugo Lucumi Marcela, 2015).

En su estudio, Otalarga et al. (2011) concluyen que la harina de papa debido a sus propiedades funcionales y composición fisicoquímica puede ser utilizada como ingrediente principal en la preparación de polvos, mezclas para puré instantáneo e incluso como aditivo natural en las formulaciones de nuevos productos microbiológica y sensorialmente estables.

En 2011 se determinó el nivel óptimo de sustitución de harina de trigo por harina de papa de la variedad parda pastusa para la elaboración de pan; se evaluaron diferentes porcentajes de sustitución: 0%, 10%, 20% y 30% analizando las características físicas, sensoriales, químicas y la aceptación del producto resultante. Los hallazgos indicaron que el porcentaje de sustitución preferido fue del 20% en peso de harina de papa en lugar de harina de trigo Cerón et al. (2011).

Tres años después, Cerón Cardenas et al. (2014) investigaron la comparación de diversos porcentajes de sustitución de harina de papa por harina de trigo. Los resultados respaldaron la viabilidad de usar harina de papa de la variedad Parda Pastusa como sustituto parcial de la harina de trigo en la producción de galletas. Sin embargo, se observó que niveles

de sustitución superiores al 50% condujeron a un producto de calidad inferior, con una textura quebradiza y una menor durabilidad.

Hernandez y Arias Burgos (2019) realizaron una evaluación de los diferentes niveles de inclusión de harina de papa (*Solanum tuberosum*) como alternativa alimentaria para cerdos en etapa de ceba. Se concluyó que la inclusión del 30% de harina de papa tuvo efectos positivos en variables productivas como la ganancia diaria de peso, ganancia de peso total y conversión alimenticia. En cuanto a la digestibilidad de la materia seca, los mejores resultados se obtuvieron al incluir el 20% y 30% de harina de papa en comparación con el grupo de control.

En el año 2022, se descubrió que es factible incluir harina de papa china en un rango de 8 a 25% en los productos de panadería, dependiendo de la presentación deseada del producto final (Castro Hinojosa, 2022). Es crucial destacar que la mezcla con harina de trigo es fundamental para asegurar un proceso adecuado de panificación, dado que la harina de papa china (*Colocasia esculenta*) tiende a aumentar los valores nutricionales, organolépticos y reológicos a niveles que no son aceptables.

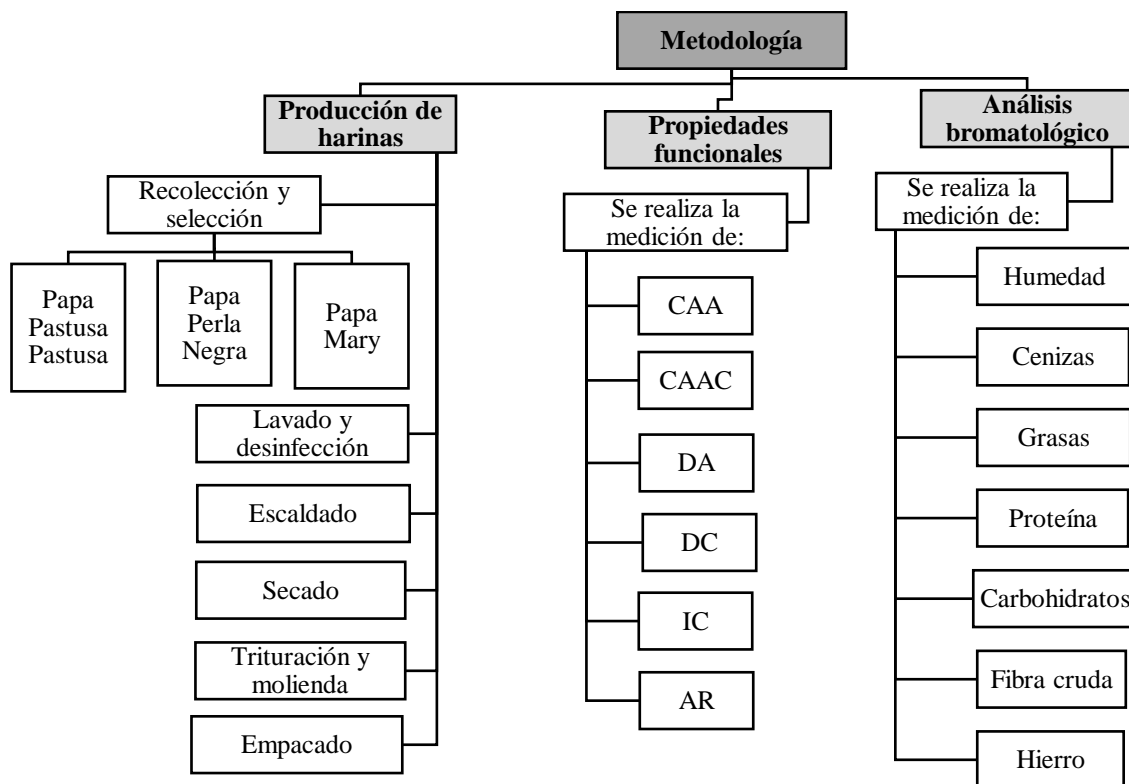
El presente trabajo de grado contribuye al avance en la comprensión de las propiedades funcionales y la composición nutricional de las harinas elaboradas a base de papa colombiana, proporcionando información relevante que puede ser utilizada para promover su uso en la cotidianidad.

#### 4. Metodología

El desarrollo de este trabajo se llevó a cabo en tres etapas metodológicas, tal como se muestra en la figura 2. La primera etapa, denominada producción de harinas, incluye los pasos de recolección y selección, lavado y desinfección, escaldado, secado, trituración y molienda, y finalmente el empacado de la harina. En la segunda etapa, se evalúan las propiedades funcionales de la harina mediante la medición del CAA, CAAC, DA, DC, IC y AR. La tercera y última etapa corresponde al análisis bromatológico, donde se mide la humedad, cenizas, grasas, proteína, carbohidratos, fibra cruda y hierro. Estas etapas metodológicas permiten evaluar tanto las propiedades funcionales como la composición nutricional de las harinas obtenidas de las diferentes variedades de papa colombiana.

**Figura 2.**

*Diagrama de las fases de la metodología del proceso*

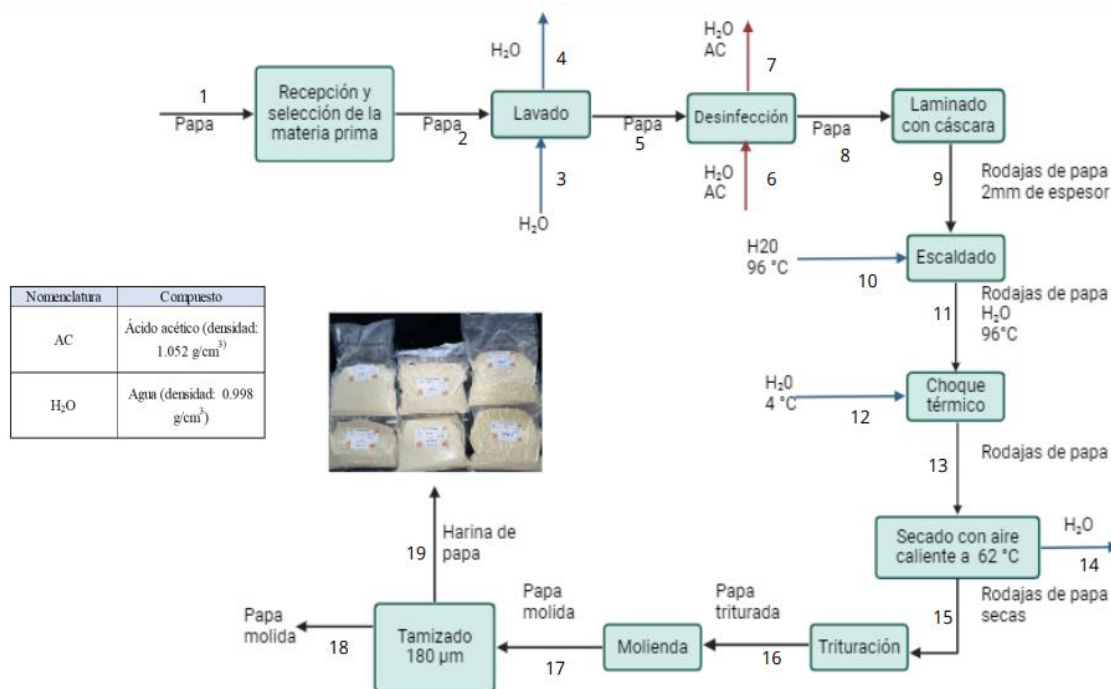


### 4.1. Elaboración de las harinas

En la Figura 3 se presenta un diagrama esquemático que describe la metodología empleada en el proceso de producción de las harinas.

**Figura 3.**

*Diagrama del proceso metodológico de producción de harinas*



#### 4.1.1. Recolección y selección de la papa

Las variedades de papa fueron proveídas por parte de Agrosavia; para la selección de las papas durante cada uno de los procesos se tuvo en cuenta lo establecido en la NTC 341 de 2018, normativa que regula la recolección de papa en la industria alimentaria donde se estipula que los tubérculos deben estar enteros y de forma regular, presentar un aspecto fresco y estar libres de podredumbre y moho, ser de consistencia firme, estar limpios y exentos de

cualquier materia extraña visible, libres de verdeamiento, plagas, brotes, humedad externa anormal y no tener olores extraño. (NTC 341:2018). Posteriormente las papas seleccionadas fueron refrigeradas en bolsas tipo Ziplot.

#### 4.1.2. Lavado y desinfección

Partiendo del lote seleccionado de acuerdo con las condiciones mencionadas en la etapa anterior, se pesaron entre 600 y 700 g de papa en una gramera electrónica Venecia (SF-400). El lavado se inició únicamente con agua para retirar las impurezas y suciedad de la piel de estas; para la desinfección se sumergieron los tubérculos en una solución al 4% de agua destilada y ácido acético al 99% por 3 minutos. Con el fin de conocer la cantidad de solución necesaria se consideró la ecuación de disolución Ec.1 y se calculó en Microsoft Excel. En este caso se necesitaron entre 1300 y 1500 ml de solución con una cantidad promedio de 56 ml de ácido acético para cada variedad procesada. Por último, con agua se retiró el exceso de solución restante en la superficie de las papas. (Belkacemi, 2022). En el apéndice A se ilustra de mejor manera este proceso.

$$C_1 * V_1 = C_2 * V_2 \quad \text{Ec.1}$$

Donde:

$$C_1 = \%v/v \text{ Ác. acético requerido}$$

$$V_1 = 2 * \text{Masa de papa.}$$

$$C_2 = \%v/v \text{ Ác. acético compra}$$

$$V_2 = \text{Ác. en la solución}$$

#### **4.1.3. Inhibición del pardeamiento enzimático**

Para prevenir el pardeamiento enzimático las papas fueron sometidos a tratamiento térmico a través de un proceso de escaldado sumergiéndolas en agua destilada durante 6 minutos a una temperatura de 96°C utilizando un baño de agua Memmert modelo WNB 14 y vasos precipitados de vidrio de 800 ml. Para este tratamiento las papas fueron cortadas en láminas y con cáscara haciendo uso de una mandolina Metaltex, iniciando a laminarlas una vez el baño alcanzara una temperatura de 94°C retardando un posible pardeamiento (Belkacemi, 2022).

A continuación, tras haber pasado los 6 minutos las láminas de papa se agregaron a una cubeta con agua a 4 °C durante 1 hora utilizando vasos precipitados de plástico, manteniendo la temperatura del agua constante. En el apéndice B se explica este procedimiento de manera detallada.

#### **4.1.4. Secado, trituración, molienda y tamizado**

Luego del tratamiento térmico se retiró el agua de los recipientes con ayuda de un colador, las láminas de papa se secaron con papel absorbente y fueron llevadas por 3 horas a 60°C a un secador MLW 03955 con controlador de temperatura de bandejas las cuales se forraron con papel aluminio. El secador fue precalentado a 58 °C durante 30 minutos previos al proceso y su temperatura fue controlada para mantenerla constante. Una vez teniendo las láminas deshidratadas, el tamaño de estas fue reducido con una licuadora de la marca Oster, un molino de cuchillas CocoaTown hasta alcanzar un tamaño aproximado de 180 µm con un tamiz estándar. La harina ya obtenida fue empacada al vacío y almacenada a temperatura ambiente. (Buzera et al., 2022). En el apéndice C se plasma a detalle este proceso.

#### 4.1.5. Rendimiento

Se calculó el rendimiento en base húmeda para conocer la cantidad de harina producida luego del procesamiento de las papas con respecto a la cantidad utilizada inicialmente. Dicho cálculo se realizó con la siguiente ecuación.

$$\text{Rendimiento en base húmeda} = \frac{\text{Peso de harina producida}}{\text{Peso de papa utilizada}} \cdot 100 \quad \left[ \% \frac{p}{p} \right] \quad \text{Ec.2}$$

### 4.2. Propiedades funcionales

#### 4.2.1. Capacidad de absorción de agua

Para la medición de la capacidad de absorción de agua (CAA), se pesaron 0.5 g de harina registrando este valor como W1 en un tubo de falcon de 15 ml que había sido previamente pesado sin tapa W2. Luego, se añadieron 5 ml de agua destilada al tubo y se agitó en un vortex Boeco V-1 plus durante 1 min. Posteriormente, se dejó reposar durante 30 min a temperatura ambiente y se centrifugó a 4000 rpm durante 30 min en una centrífuga de la marca Thermo Scientific. El sobrenadante fue descartado invirtiendo los tubos. Finalmente, se pesó nuevamente el tubo de centrífuga con la muestra, obteniéndose el peso W3. Este proceso se documenta minuciosamente en el apéndice D y fue llevado a cabo según lo establecido por Chikpah et al. (2020).

La capacidad de absorción de agua se calculó con la siguiente ecuación:

$$CAA(\%) = \frac{W3 - (W2 + W1) [g]}{W1 [g]} * 100 \quad [\%] \quad \text{Ec. 3}$$

#### 4.2.2. Capacidad de absorción de aceite

La capacidad de absorción de aceite (CAAC) comenzó agregando 0.5 g de harina W1 a un tubo de centrifuga cuyo peso era conocido previamente como W2, y se añadieron 5 ml de aceite de soja. La mezcla se agitó en vortex durante 30 s y se mantuvo en reposo a temperatura ambiente por aproximadamente 30 min, seguidamente se centrifugó a 4000 rpm durante 30 min. El aceite no absorbido fue drenado para poder pesar la muestra con el tubo, obteniéndose W3. Este proceso está descrito en el apéndice E, donde se puede evidenciar mejor el paso a paso del proceso (Chikpah et al., 2020).

$$CAAC(\%) = \frac{w3-(w2+w1) [g]}{w1 [g]} * 100 \quad [\%] \quad Ec. 4$$

#### 4.2.3. Densidad aparente, densidad comprimida e índice de compresibilidad

En una probeta de 100 ml se agregaron 10 g de harina para registrar el volumen de la muestra (V). El fondo de la probeta se golpeó 10 veces de manera continua para medir el nuevo volumen (VT). Al conocer los valores de V y VT, mediante las siguientes ecuaciones, se obtuvieron la densidad aparente, comprimida y el índice de compresibilidad. Este proceso se describe en el apéndice F (Buzera et al., 2022) .

$$Densidad\ aparente = \frac{Masa}{V} \quad \left[\frac{g}{ml}\right] \quad Ec. 5$$

$$Densidad\ comprimida = \frac{Masa}{VT} \quad \left[\frac{g}{ml}\right] \quad Ec. 6$$

$$Indice\ de\ compresibilidad = \frac{Densidad\ comprimida - Densidad\ aparente}{Densidad\ comprimida} \quad Ec. 7$$

#### 4.2.4. Ángulo de reposo

Esta propiedad fue medida de dos formas, la primera de ellas se realizó siguiendo lo descrito por Buzera et al. (2022), en un soporte de laboratorio se ubicó un embudo a 2.4 cm del banco y se midió la cantidad de harina necesaria para alcanzar 2.4 cm de altura. Se dejó fluir la harina en el embudo hasta formar una pila en la base y se midió el diámetro. La ecuación mostrada a continuación permitió calcular el ángulo de reposo, donde H es la altura y R el diámetro. En el apéndice G se evidencia el proceso.

$$\theta = \tan^{-1} \frac{H}{R} \quad [^\circ] \quad \text{Ec. 8}$$

En la segunda, se empleó el software ImageJ para llevar a cabo la segunda metodología. Se utilizó una caja de color y se posicionó un embudo a 2.4 cm de distancia del banco de trabajo en el laboratorio. La harina se dejó fluir a través del embudo hasta formar un montículo en la base, y se capturó una fotografía para analizar posteriormente con el software y obtener el ángulo correspondiente.

#### 4.2.5 Intensidad de color

La intensidad del color se midió utilizando el software ImageJ y empleando una caja de color en el laboratorio. Este procedimiento se realizó con el objetivo de diferenciar el color de cada una de las muestras de harina. Para ello, se capturaron imágenes de las harinas bajo condiciones controladas de iluminación y se analizaron mediante ImageJ, el cual permitió cuantificar la intensidad y otras características cromáticas de las muestras. Esta metodología permitió obtener datos precisos sobre la variación de color entre las diferentes harinas, facilitando así su comparación y caracterización.

### 4.3. Análisis bromatológicos

Basado en la norma NTC 267 del 2007 para la evaluación bromatológica de las harinas de trigo. Los análisis gravimétricos fueron utilizados para la determinación de humedad, cenizas, grasa, proteína, fibra cruda y carbohidratos, asegurando la precisión mediante duplicados. Además, se empleó la técnica de espectrometría de absorción atómica para la cuantificación de hierro en las muestras. Este enfoque metodológico garantizó obtención de datos confiables para la evaluación nutricional detallada de las harinas de papas estudiadas, tal como se evidencia en la tabla 1. Los análisis bromatológicos se llevaron a cabo en el área de servicios del grupo de investigación en Ciencia y Tecnología de alimentos CICTA con el apoyo de estudiantes pertenecientes al semillero ACIT.

**Tabla 1.**

*Métodos de Análisis bromatológicos aplicados*

Parámetros	Unidad	Métodos de análisis
<b>Humedad</b>	%	Gravimétrico/ Métodos de análisis aplicados
<b>Cenizas</b>	%	Gravimétrico/GOMECH.01 V09 2019-04-01
<b>Grasas</b>	%	Gravimétrico-Soxhlet/GOMEGC.01 V06 2019-04-01
<b>Proteína</b>	%	Volumétrico Kjeldahl/ GOMEPL.01 V08 2019-04-01
<b>Carbohidratos</b>	%	Cálculo según Numeral 11.23 Resolución 810 de 2021
<b>Fibra cruda</b>	%	Hidrólisis ácida y básica/GOMEFC.01 V01 2019-07-23
<b>Hierro</b>	mg/100g muestra	Espectroscopía de absorción/ NTC-EN 14084:2021

#### **4.4. Análisis estadístico de las propiedades de las harinas**

Después de completar las pruebas, se evaluaron los datos obtenidos para comparar las propiedades funcionales y la composición nutricional de las harinas elaboradas con tres variedades de papa colombiana. Se analizaron posibles diferencias en la capacidad de absorción de agua y aceite, densidad, color y contenidos de grasa, ceniza, hierro y otros componentes. Estos parámetros permitieron identificar diferencias significativas entre las harinas de las diferentes variedades de papa mediante el uso del software Statistica, utilizando un nivel de significancia estadística de  $p < 0,05$ . Además, se realizó la prueba de Tukey para determinar diferencias entre grupos específicos.

## 5. Resultados

### 5.1. Producción de harina de papa de las variedades Parda Pastusa, Perla Negra y Mary

El rendimiento en la producción de harinas está relacionado con varios factores como la calidad, variedad utilizada y los métodos empleados en su transformación. Las etapas de recepción, laminación, reducción de tamaño y secado influyen en gran proporción en el resultado de la obtención de harinas (Alonso et al., 2014)

En la tabla 2 se muestran los resultados de cada variedad de papa en relación con su rendimiento en base húmeda.

**Tabla 2.**

*Rendimiento de las tres variedades de papa*

<b>Tipos de papa</b>	<b>Rendimiento [%p/p]</b>
<b>Parda Pastusa</b>	18.1±0.001 <sup>a</sup>
<b>Perla Negra</b>	15.5±0.002 <sup>b</sup>
<b>Mary</b>	17.5±0.008 <sup>a</sup>

La propiedad se presenta con sus medias y desviaciones estándar.

(\*) Letras distintas indican diferencias significativas entre las medias.

De acuerdo con los resultados obtenidos, las tres variedades de papa presentan una variación en sus rendimientos, sin embargo entre la Parda pastusa y la Mary no hay diferencias significativas; las papas Parda pastusa y Mary son las variedades que mayor rendimiento tienen en comparación a la Perla Negra, lo que indica que se produce más harina por unidad de peso de papa fresca donde utilizando aproximadamente 4119 g de papa se obtuvieron 744 g de harina con Parda pastusa, 711g con Mary y 638 g de harina de Perla Negra.

## 5.2. Propiedades funcionales de las harinas

En la tabla 3 se encuentran los resultados de las propiedades funcionales de las harinas obtenidas con tres variedades de papa (Parda pastusa, Perla negra y Mary) y de la harina de trigo comercial que se usó como referencia. Estas propiedades son fundamentales para determinar el comportamiento y posibles usos de las harinas en diversas aplicaciones industriales, especialmente en la producción de alimentos procesados y horneados.

**Tabla 3.**

*Propiedades funcionales de las harinas de papa*

Harinas	Propiedades funcionales					
	CAA [%]	CAAC [%]	DA [g/ml]	DC [g/ml]	IC	AR [°]
<b>Parda pastusa</b>	736.4±7 <sup>b</sup>	132.2±10.5 <sup>b</sup>	0.69±0.001 <sup>a</sup>	0.82±0.01 <sup>a</sup>	0.15±0.01 <sup>b</sup>	41.7±0.2 <sup>b</sup>
<b>Perla negra</b>	680.5±2 <sup>c</sup>	130.9±3 <sup>b</sup>	0.56±0.02 <sup>b</sup>	0.72±0.01 <sup>b</sup>	0.18±0.01 <sup>b</sup>	41.1±0.5 <sup>b</sup>
<b>Mary</b>	784.1±2 <sup>a</sup>	136.9±5 <sup>c</sup>	0.71±0.02 <sup>a</sup>	0.84±0.01 <sup>a</sup>	0.15±0.04 <sup>b</sup>	42.1±0.07 <sup>b</sup>
<b>Trigo</b>	92.3±0.1 <sup>d</sup>	187.5± 0.03 <sup>a</sup>	0.43±0.01 <sup>c</sup>	0.66±0.03 <sup>c</sup>	0.31±0.02 <sup>a</sup>	45.5±0.1 <sup>a</sup>

Las propiedades se presentan con sus medias y desviaciones estándar.

(\*) Letras distintas indican diferencias significativas entre las medias.

La capacidad de absorción de agua (CAA) según los resultados obtenidos presenta variaciones significativas en cada una de las harinas, sobresaliendo la elaborada con papa Mary (784.1 ± 2) en comparación a la Parda pastusa y Perla negra con valores entre los 736 y 785%. La capacidad de absorción de agua de las harinas a base de papa resultó ser 7 veces mayor a la harina de trigo tradicional (92.3± 0.1) lo que coincide con los hallazgos evidenciados por Rodríguez-Sandoval et al. (2012) donde la harina de trigo posee menor CAA. Del mismo modo la capacidad de absorción de agua harinas de papa es alto en

comparación a las que son obtenidas de legumbres como las arvejas o el plátano según Bravo Yucuma & Yépez Gonzáles. (2017).

La harina de trigo presentó la mayor capacidad de absorción de aceite (CAAC) ( $187.5 \pm 0.03\%$ ). En contraste, las harinas de papa mostraron una capacidad de absorción de aceite que osciló entre 130 y 137%, lo que equivale a aproximadamente 1.36 veces menos que la harina de trigo. Estos resultados están relacionados con los reportados por Adebawale et al. (2002), quienes encontraron variaciones en la capacidad de absorción de aceite en harinas de distintos tubérculos debido a diferencias en la composición y estructura del almidón. Un bajo valor de CAAC es deseable para productos que necesitan una textura crujiente y seca, así como una larga vida útil, según señalan Pareyt & Delcour. (2008)

Las densidades aparentes (DA) y comprimida (DC) están interrelacionadas y son indicativas de que, mientras mayor es el volumen que ocupa el polvo, menor será su densidad. La DA de la harina de trigo es de  $0.43 \pm 0.01$  g/ml, mientras que la DA de las harinas de papa varían entre  $0.56 \pm 0.02$  g/ml (Perla negra) y  $0.71 \pm 0.02$  g/ml (Mary). Asimismo, las DC de las harinas de papa son mayores, con valores de hasta  $0.84 \pm 0.01$  g/ml (Mary) en comparación con  $0.66 \pm 0.03$  g/ml para la harina de trigo. Estudios realizados por Almora, Campa y Rodríguez. (2022) sobre la densidad de polvos alimenticios, confirman que la DA suele ser menor que la DC debido a la compactación de las partículas durante el proceso de compresión. Se sugiere que harinas con alta densidad aparente son ideales para productos que requieren una textura más densa y menos aireada, como panes integrales (Rosell et al. 2001), puesto que proporcionarían una estructura más firme y una miga compacta.

La harina de trigo tiene un índice de compresibilidad de  $0.31 \pm 0.02$ , sugiriendo una mayor tendencia a formar aglomerados bajo presión. En contraste, las harinas de papa tienen índices de compresibilidad significativamente menores (alrededor de 0.15), indicando mejores propiedades de flujo. Tal como lo demuestran Szepes et al. (2014) donde indican que un índice menor al 0.15 se relaciona con buenas características de flujo, mientras que un valor superior al 0.25 indica poca fluidez. Las harinas con un IC bajo permiten una mejor aireación de la masa, lo cual es ideal para la producción de panes con una textura esponjosa y volumen adecuado (Alvis et al. 2011).

El ángulo de reposo (AR) mide la fluidez y cohesión de los polvos. En este análisis, la harina de trigo presentó un AR de  $45.5^\circ$ , indicando mayor cohesión y menor fluidez en comparación con las harinas de papa, cuyas medidas oscilaron entre  $41.1^\circ$  y  $42.1^\circ$ . Esto sugiere que las harinas de papa son más fluidas y menos cohesivas que la harina de trigo (Bravo Yucuma & Yépez Gonzáles, 2017b). Estudios previos han mostrado que las harinas de trigo tienden a tener mayor cohesión debido a su contenido proteico y gluten mientras que las harinas alternativas sin gluten, como las de coco, almendra y papa, tienen ángulos de reposo menores, demostrando menor cohesión (R. V. Flores, 2014). Por esto se sugiere que estas harinas son ideales para la elaboración de productos de panadería que requieren una menor cantidad de gluten y una fermentación más rápida como en la producción de pan blanco suave y panecillos (Román, 2010).

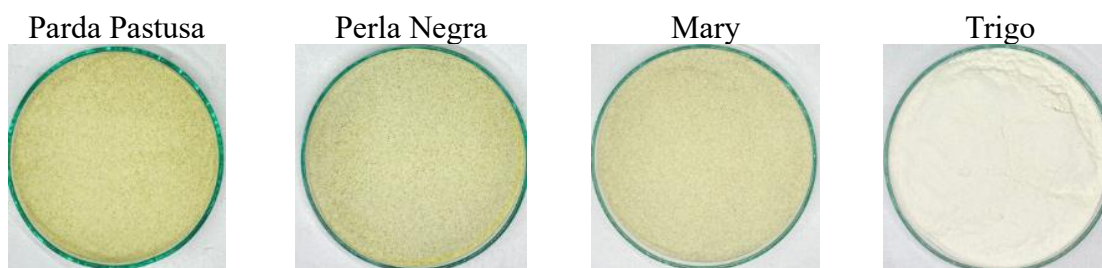
La intensidad del color (IC) es un factor importante para analizar en los alimentos, en el caso de las harinas, la variación del color puede repercutir en la calidad del producto garantizando si se cumple con estándares de la industria y en casos con las expectativas de los consumidores (HunterLab, n.d.). El análisis de la intensidad del color por medio de la

aplicación Image J permite a través de una de sus principales funciones analizar los canales RGB (red, green, blue) y cuantificar los píxeles de cada color. La intensidad del color varía entre 0 y 255, cada píxel toma un valor para asignarle un color, las zonas oscuras se representan con valores cercanos a 0 y las más claras valores cercanos a 255. (Rolando, n.d.)

Los resultados obtenidos de esta propiedad se pueden observar de forma detallada en la figura 4 y los valores de la intensidad de color en la tabla 4.

**Figura 4.**

*Intensidad de color de las harinas de papa*



**Tabla 4.**

*Intensidad del color de las harinas*

Harinas	Intensidad de color
<b>Parda pastusa</b>	199.23±6.4 <sup>b</sup>
<b>Perla negra</b>	183.80±7.3 <sup>b</sup>
<b>Mary</b>	199.72±2.6 <sup>b</sup>
<b>Trigo</b>	227.99±0.4 <sup>a</sup>

Las propiedades se presentan con sus medias y desviaciones estándar.

(\*) Letras distintas indican diferencias significativas entre las medias.

Según los resultados evidenciados en los histogramas, las harinas elaboradas con papa presentan un valor promedio de color entre 178 y 201.567 píxeles, valores cercanos a los 255 píxeles lo cual hace referencia a los colores claros que caracterizan estos tipos de harina. La

intensidad de color de las harinas de papa no presentó ninguna diferencia significativa entre sí, pero son valores menores en comparación a la intensidad de la harina de trigo que es más blanca.

### 5.3. Propiedades nutricionales de las harinas

Los resultados obtenidos sobre las propiedades nutricionales de las diferentes muestras de harinas se presentan detalladamente en la Tabla 5.

**Tabla 5.**

*Análisis bromatológicos de las harinas de papa*

Harinas	Composición nutricional						
	Humedad [%]	Ceniza [%]	Grasa [%]	Proteína [%]	Fibra Cruda [%]	Carbohidratos [%]	Hierro [mg/100g]
<b>Perla negra</b>	8.17±0.5 <sup>a</sup>	1.51±0.1 <sup>a</sup>	0.546±0.01 <sup>a</sup>	5.38±0.3 <sup>b</sup>	0.89±0.4 <sup>a</sup>	84.39±0.9 <sup>a</sup>	3.82±0.3 <sup>b</sup>
<b>Parda pastusa</b>	7.66±0.6 <sup>a</sup>	1.21±0.05 <sup>b</sup>	0.548±0.1 <sup>a</sup>	5.12±0.06 <sup>c</sup>	1.56±0.5 <sup>a</sup>	85.46±0.3 <sup>a</sup>	3.91±0.1 <sup>b</sup>
<b>Mary</b>	8.69±0.2 <sup>a</sup>	1.17±0.04 <sup>b</sup>	0.458±0.03 <sup>a</sup>	4.48±0.04 <sup>b</sup>	1.719±0.4 <sup>a</sup>	85.19±0.3 <sup>a</sup>	3.43±0.3 <sup>c</sup>
<b>Trigo</b>	5.10 <sup>b</sup>	-	0.8 <sup>a</sup>	10.0 <sup>a</sup>	-	74.0 <sup>b</sup>	8.50 <sup>a</sup>

Los valores de la harina de trigo fueron tomados de la tabla nutricional de la harina de trigo Robinson leudante. Las propiedades se presentan con sus medias y desviaciones estándar.

(\*) Letras distintas indican diferencias significativas entre las medias.

La humedad es un factor crucial que influye en la estabilidad y conservación de los productos (Arevalo, 2017). En este caso, las harinas de papa presentaron un contenido de humedad entre 7.66%±0.6 y 8.69%±0.2. Esta cifra cumple con los estándares establecidos por la NTC de las harinas de papa, y es notablemente mayor al contenido de humedad generalmente encontrado en la harina de trigo, que es del 5.1%. Este alto contenido de humedad aumenta el riesgo de deterioro por la acción de microorganismos (Lopez, 2012).

Las harinas de papa y las harinas de trigo muestran diferencias notables en su contenido de cenizas, el cual refleja la cantidad de minerales presentes. Según los datos, la

harina de papa tiene un contenido entre  $1.51\% \pm 0.1$  a  $1.17\% \pm 0.04$  de cenizas, en este caso la tabla nutricional de la harina no reporta porcentaje de cenizas. Además, estos valores son menores que los encontrados por Nazate. (2019) donde se reportó un contenido de cenizas del 4.34% para la harina de papa. Los porcentajes de las harinas de papa Mary, Perla negra y Parda pastusa son favorables, ya que, un alto contenido de cenizas puede afectar negativamente la calidad y el comportamiento de las harinas (Gómez, 2020).

Las tres harinas de papa muestran contenidos de grasa similares, alrededor de 0.54% sin diferencias significativas entre sí; estos valores de grasa obtenidos para las tres harinas son muy bajos, lo cual coincide como datos reflejados por harinas elaboradas a base de papas nicaragüenses donde el porcentaje oscila entre 0.6% para la variedad Granola y 0.53% la Provento (Alonso et al., 2014). De este modo, la harina de papa presenta una cantidad de grasa 3 veces menor a la harina de trigo, que al ser porcentajes bajos indican ser favorables para la conservación de este producto, debido a que la grasa incide en la rancidez una vez sea envasada. (Alonso et al., 2014)

Por otro lado, se observa que la harina de la variedad Perla Negra posee el contenido proteico más alto, con un valor de  $5.38 \pm 0.3\%$  en comparación a las harinas de las variedades Parda Pastusa y Mary las cuales presentan los niveles más bajos, aunque sin diferencias significativas entre estas dos. Como se detalla en la tabla 4, los porcentajes de proteína en las harinas de Perla Negra y Mary son superiores al aportado por la papa Hausa (4.81%) (Akhila et al., 2022) y son comparables a la harina de la papa criolla ( $6.0189 \pm 0.08\%$ ) (Felipe et al., 2008) pero inferiores a la proteína de la harina de trigo que es del 10%. Estos hallazgos subrayan la diferencia en el contenido proteico entre las distintas variedades destacando entre estas del potencial nutritivo de la Perla Negra pero aun así al contrastarla con la harina de

trigo posee una menor cantidad de proteína siendo esta una gran desventaja para casos donde la cantidad de proteína sea un factor crítico.

Por otro lado, dentro de los análisis bromatológicos se obtuvo el porcentaje de fibra cruda de cada harina. No se observaron diferencias significativas, el valor promedio fue de 1.39 % siendo un valor similar a la fibra que aportan variedades como la Granola 2.36% y Provento 2.18% (Alonso et al., 2014)

No hubo diferencias significativas en el contenido de carbohidratos de las harinas papa (entre  $84.39 \pm 0.9$  y  $85.46 \pm 0.3$ ) siendo aproximadamente 1.16 veces mayores que el contenido de carbohidratos de la harina de trigo (74%). El contenido de carbohidratos de las harinas de papa coincide con lo presentado por (Guerrero Villalobos et al., 2019) quienes obtuvieron un contenido de carbohidratos de 83% de harina de papa. Debido a su elevado contenido de carbohidratos, la harina de papa puede ser especialmente adecuada para la producción de alimentos energéticos como barras energéticas y productos de panadería (Jiménez & Landa Robles, 2018).

El contenido de hierro en la harina de papa obtenida oscila de  $3.43 \pm 0.3$  a  $3.91 \pm 0.1$  mg/100g, el cual es similar al de la harina de chíá, que es de 3,7mg/100g (Medina & Martínez, 2023). Además es 2.49 veces mayor al valor del hierro reportado por Guerrero Villalobos et al. (2019) donde el contenido de hierro en harina de papa fue de 1.83mg/100g. Sin embargo, su contenido de hierro es aproximadamente 0.4 veces menor al contenido reportado en la harina de trigo, que es de 8.50 mg/100g . Esta diferencia se debe a que la harina de trigo comercial fortificada con una variedad de vitaminas, ácido fólico y hierro.

## 6. Conclusiones

La investigación demostró que la variedad de papa Parda pastusa exhibe el rendimiento más alto en la producción de harinas, con un promedio de rendimiento del 18.01% siendo este porcentaje 1.05 veces mayor en comparación al rendimiento de las demás variedades lo que indica que la diferencia no es significativa.

Las harinas de papa presentaron valores de las propiedades funcionales distintas en comparación con la harina de trigo estándar. Se observó que tienen una capacidad de absorción de agua significativamente mayor, con valores que oscilan entre 736.4% y 784.1%, en comparación con el trigo que tiene un 92.3%. Esta característica las hace ideales para productos que requieren alta hidratación durante la preparación, como masas y panes. Además, las harinas de papa mostraron densidades comprimidas más altas, indicando una mayor compacidad en productos finales como panes y productos horneados.

En términos de composición nutricional, la harina de Perla negra destacó por su contenido más alto de proteínas, alcanzando un promedio del 5.38%. Por otro lado, la Parda pastusa exhibió el mayor contenido de fibra cruda, con un promedio de 1.56%. Estos resultados son cruciales para la formulación de productos alimenticios, ya que indican que las harinas de papa pueden ofrecer beneficios nutricionales específicos según la variedad utilizada. Además, todas las harinas de papa evaluadas mostraron un contenido elevado de carbohidratos, lo cual las hace adecuadas para la producción de alimentos energéticos.

## **7. Recomendaciones**

Recomendamos realizar estudios sobre la estabilidad y la vida útil de la harina de papa, incluyendo pruebas de almacenamiento a largo plazo bajo diferentes condiciones ambientales, para determinar su durabilidad y garantizar su calidad.

Promover la certificación y el cumplimiento de normativas de calidad para la harina de papa, asegurando que cumpla con estándares internacionales y nacionales de seguridad alimentaria.

Realizar análisis microbiológicos periódicos para verificar la pureza y seguridad microbiológica de la harina de papa, asegurando que los niveles de microorganismos estén dentro de los estándares aceptables para su consumo humano.

## Referencias

- Adebowale, K. O., Adeniyi Afolabi, T., & Lawal, O. S. (2002). Isolation, chemical modification and physicochemical characterisation of Bambarra groundnut (*Voandzeia subterranean*) starch and flour. *Food Chemistry*, 78(3), 305–311. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00100-0](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00100-0)
- Agropinos. (2021). Conozca la gran variedad de papa que existe en Colombia. <https://www.agropinos.com/blog/variedades-de-la-papa-en-colombia>
- Agrosavia. (n.d.-a). Variedad de papa Perla Negra. Retrieved April 14, 2024, from <https://www.agrosavia.co/productos-y-servicios/oferta-tecnol%C3%b3gica/l%C3%adnea-agr%C3%adcola/ra%C3%adces-y-tub%C3%a9rculos/material-reproductivo/384-variedad-de-papa-perla-negra>
- Agrosavia. (n.d.-b). Variedad mejorada de papa AGROSAVIA Mary. Retrieved April 14, 2024, from <https://www.agrosavia.co/productos-y-servicios/oferta-tecnol%C3%b3gica/l%C3%adnea-agr%C3%adcola/ra%C3%adces-y-tub%C3%a9rculos/material-reproductivo/386-variedad-de-papa-agrosavia-mary>
- Akhila, P. P., Sunooj, K. V., Aaliya, B., Navaf, M., Sudheesh, C., Yadav, D. N., Khan, M. A., Mir, S. A., & George, J. (2022). Morphological, physicochemical, functional, pasting, thermal properties and digestibility of hausa potato (*Plectranthus rotundifolius*) flour and starch. *Applied Food Research*, 2(2), 100193. <https://doi.org/10.1016/J.AFRES.2022.100193>
- Almora-Hernández, E., Campa-Huergo, C., & Rodríguez-Jiménez, E. (2022). Correlación Granulometría-Densidad de los polvos de hojas secas de *Moringa oleifera* de diferentes tamices. *Tecnología Química*, 42(1), 131–141. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?Script=sci\\_arttext&pid=S2224-61852022000100131&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?Script=sci_arttext&pid=S2224-61852022000100131&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Alonso, J., García-Jarquín, K. Z., González-Lindo, K., & Benavente, M. (2014). Producción de harina de papa para puré instantáneo. *Nexo Revista Científica*, 27(2), 99–114. <https://doi.org/10.5377/nexo.v27i2.1946>
- Alvis, A., Pérez, L. J., & Arrazola, G. S. (2011). Estudio de Propiedades Físicas y Viscoelásticas de Panes Elaborados con Mezclas de Harinas de Trigo y de Arroz Integral. *Información Tecnológica*, 22(4), 107–116. <https://doi.org/10.4067/S0718-076420110004000012>
- Arevalo, S. (2017). Agua en alimentos.
- Arranaz, N., & Arranaz, L. (2019). Bromatología, la ciencia de los alimentos. *Bioeco-Actual*. <https://www.bioecoactual.com/2019/09/04/bromatologia-la-ciencia-los-alimentos/>
- Atarés Huerta, L. (2019). Determinación de la porosidad. ETSIAMN (Universidad Politécnica de Valencia).
- Belkacemi, L. (2022). Blanching effect on physicochemical and functional properties of flours processed from peeled and unpeeled white-fleshed sweet potato Algerian cultivar. *Food Science and Technology*, 42, e86821. <https://doi.org/10.1590/FST.86821>
- Bravo Yucuma, A. N., & Yépez Gonzáles, E. Y. (2017a). Caracterización y evaluación de harinas alternativas en la elaboración de productos de panadería como sustitutos parciales de la harina de trigo.

- Brunel Jean. (2015, March). Harina de papa como sustituto de la harina de trigo. <https://www.foodnewlatam.com/paises/77-colombia/2760-harina-de-papa-como-sustituto-de-la-harina-de-trigo-2.html>
- Buzera, A., Gikundi, E., Orina, I., & Sila, D. (2022<sup>a</sup>). Effect of Pretreatments and Drying Methods on Physical and Microstructural Properties of Potato Flour. *Foods* 2022, Vol. 11, Page 507, 11(4), 507. <https://doi.org/10.3390/FOODS11040507>
- Carmen, K., Ramos Dirigida, M., Claudia, D., & Haros, M. (2023). Propiedades nutricionales, tecnológicas y sensoriales de un producto panario precocido y congelado.
- Castro Hinojosa, G. A. (2022). Caracterización de la harina de papa china (*Colocasia esculenta*) para su utilización en la industria de panificación. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Cerezal Mezquita, P., Carrasco Verdejo, A., Pinto Tapia, K., & Arcos Zavala, R. (2018). Suplemento alimenticio de alto contenido proteico para niños de 2 – 5 años. Ii. Propiedades físicas, químicas, reológicas y color. *Interciencia*, 33.
- CERÓN, A. F., HURTADO B, A., OSORIO M, O., & BUCHELY, M. (2011). Estudio de la formulación de la harina de papa de la variedad parda pastusa (*solanum tuberosum*) como sustituto parcial de la harina de trigo en panadería. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 9(1), 105–111. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?Script=sci\\_arttext&pid=S1692-35612011000100013&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?Script=sci_arttext&pid=S1692-35612011000100013&lng=en&nrm=iso&tlng=es)
- Cerón Cardenas, A. F., Bucheli Jurado, M. A., & Osorio Mora, O. (2014). Elaboración de galletas a base de harina de papa de la variedad Parda Pastusa (*Solanum tuberosum* L.). *Acta Agronómica*, 63(2), 101–109. <https://doi.org/10.15446/ACAG.V63N2.39575>
- Chaparro, S. P., Tavera, M. L., Martínez, J. J., & Gil, J. H. (2014). Propiedades funcionales de la harina y de los aislados proteicos de la semilla de guanábana (*annona muricata*) functional properties of flour and protein isolates from *annona muricata* seeds. & *Div. Cient*, 17(1), 151–159.
- Chikpah, S. K., Korese, J. K., Hensel, O., & Sturm, B. (2020). Effect of Sieve Particle Size and Blend Proportion on the Quality Properties of Peeled and Unpeeled Orange Fleshed Sweet Potato Composite Flours. *Foods*, 9(6). <https://doi.org/10.3390/FOODS9060740>
- FEDEPAPA. (2022). En el mercado nacional: Cómo cerró el subsector y que viene para 2023. <https://fedepapa.com/wp-content/uploads/2023/03/Boleti%CC%81n-161.pdf>
- Felipe, A., Munera, E., Camilo, J., Tabares, V., De, U., & Salle, L. A. (2008). Aprovechamiento de la harina de papa criolla (*solanum phureja*) como sustituto parcial de la sémola de trigo en la formulación y elaboración de una pasta alimenticia tipo spaghetti.
- Finagro. (2023). Crecimiento del sector agropecuario y agroexpo 2023, un reto hacia el desarrollo del campo. <https://www.finagro.com.co/noticias/articulos/crecimiento-del-sector-agropecuario-agroexpo-2023-reto-desarrollo-del-campo-0>
- Flores, J., Flores, R., Huarcaya, E., & Humiri, H. (2010). Análisis bromatológico de la harina de trigo. UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA . <https://toaz.info/doc-view-3>
- Flores, R. V. (2014). El gluten del trigo y su rol en la industria de la panificación. 32, 231–246.

- FNFP. (2022). Informes Interactivos del Subsector Papa. <https://observatoriofnfp.com/estadisticas-2/>
- García Ochoa, O. E., Infante, R. B., & Rivera, C. J. (2008). Hacia una definición de fibra alimentaria. *Anales Venezolanos de Nutrición*, 21(1), 25–30. [http://ve.scielo.org/scielo.php?Script=sci\\_arttext&pid=S0798-07522008000100005&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?Script=sci_arttext&pid=S0798-07522008000100005&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Gomez, M. (2020, September 12). Calidad de harinas. <https://innograin.uva.es/2020/09/22/calidad-de-harinas-i/>
- Guerrero Villalobos, H., Solano, Á. V., Obando-Ulloa, J. M., Local, T., & Carlos, S. (2019). Elaboración de harina de papa con energías limpias. <http://www.incap.>
- Henao Osorio, S., & Aristizábal Galvis, J. (2009). Influencia de la variedad de yuca y nivel de sustitución de harinas compuestas sobre el comportamiento reológico en panificación. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/29139>
- Hernandez, R. A., & Arias Burgos, Y. L. (2019). Evaluación de los diferentes niveles de inclusion de harina de papa (*solanum tuberosum*) como alternativa alimentaria para cerdos en etapa de ceba. Universidad Industrial de Santander. <https://noesis.uis.edu.co/handle/20.500.14071/14195>
- Hunterlab. (n.d.). Soluciones para la medición del color de la harina. Retrieved June 27, 2024, from <https://www.hunterlab.com/es/industries/food/grain-products/measuring-the-color-of-flour/>
- International Potato Center. (2022). Papas para mejorar los ingresos de los productores peruanos. International Potato Center. <https://cipotato.org/es/blog-es/papas-mejorar-ingresos-productores-peruanos/>
- Jimenez, A., & Landa Robles, C. (2018). Propiedades nutricionales y funcionales de las distintas Harinas utilizadas para la elaboración de un pan de alto valor nutricional.
- Lopez, A. (2012). Contenido de Humedad en la Harina. <https://hannachile.com/2024/03/01/contenido-de-humedad-en-la-harina/>
- Lugo Lucumi Marcela. (2015). La enfermedad celiaca y la contribución de la ingeniería de alimentos al desarrollo de nuevos productos sin gluten. Universidad del Valle.
- Medina, D., & Martinez, M. (2023). Desarrollo de un producto alimentario panificable tipo pan blando a partir de harina de trigo, yuca y quinua. <https://repositorio.unisucre.edu.co/server/api/core/bitstreams/ec1c19d7-eced-49d5-818b-821cead82a92/content>
- Miranda Julio, R. (2010). Caracterización de la producción de papa en el departamento de Nariño mediante el analisis de datos multivariados. Universidad del Norte.
- Montes O., N., Millar M., I., Provoste L., R., Martínez M., N., Fernández Z., D., Morales I., G., & Valenzuela B., R. (2016). Absorción de aceite en alimentos fritos. *Revista Chilena de Nutrición*, 43(1), 87–91. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182016000100013>
- Nathalia, L., Rivera, S., Camilo, B., Pinto, A., Viviana, D., & Torres, S. (n.d.). Producción y caracterización fisicoquímica de una harina vegetal a base de papa.

- Nazate, A. L. (2019). Influencia de la harina de papa *Solanum tuberosum* y harina de garbanzo *Cicer arietinum* sobre las 44 características estructurales y sensoriales de un pan bajo en gluten.
- NTC 341:2018. (2018). Industria alimentaria. Papa para consumo. Especificaciones. Icontec. <https://tienda.icontec.org/gp-industria-alimentaria-papa-para-consumo-especificaciones-ntc341-2018.html>
- Otalarga Rodríguez, M. C., Lopez Rodríguez, M. R., & Mancilla Caro, L. J. (2011). Caracterización fisicoquímica, funcional, microbiológica, sensorial y de estabilidad de la harina de papa (*Solanum tuberosum*) para puré instantáneo. *Ciencia En Desarrollo*. [https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencia\\_en\\_desarrollo/article/view/284/288](https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencia_en_desarrollo/article/view/284/288)
- Pacho, P. (2022). Determinación de Cenizas Totales en Harina de Trigo. <https://es.scribd.com/document/587629676/LABORATORIO-N%C2%BA-4-DETERMINACION-DE-CENIZAS-TOTALES-EN-HARINA-DE-TRIGO-1>
- Pareyt, B., & Delcour, J. A. (2008). The role of wheat flour constituents, sugar, and fat in low moisture cereal based products: a review on sugar-snap cookies. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48(9), 824–839. <https://doi.org/10.1080/10408390701719223>
- Prieta Banquet, L. M., & Jimenes Villalba, K. M. (2017). Caracterización de cuatro variedades de batata (*Ipomoea batatas*).
- Rocio Cortazar. (2022). Propiedades del color – Teoría del color Parte II. <https://acumbamail.com/blog/propiedades-del-color/>
- Rodríguez-Sandoval, A., Rodríguez-Sandoval, E., Lascano, A., & Sandoval, G. (2012). Influence of the partial substitution of wheat flour for quinoa and potato flour on the thermomechanical and breadmaking properties of dough.
- Rolando, M. (n.d.). Introducción al programa imagej.
- Román, M. G. (2010). Tecnología en cereales 2º Curso de Ciencia y Tecnología de los Alimentos.
- Rosell, C. M., Rojas, J. A., & Benedito de Barber, C. (2001). Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. *Food Hydrocolloids*, 15(1), 75–81. [https://doi.org/10.1016/S0268-005X\(00\)00054-0](https://doi.org/10.1016/S0268-005X(00)00054-0)
- Szepes, A., Bajdik, J., Jr., P. K., Neményi, M., Pap, R., Kovács, A. J., & Pintye-Hódi, K. (2014). Characterization and Utilization of Starches Extracted from Florencia and Waxy Maize Hybrids for Tablet Formulation : Compaction Behaviour and Tablet Properties. *American Journal of Plant Sciences*, 5(6), 787–798. <https://doi.org/10.4236/AJPS.2014.56093>
- Tinjacá Ruiz, S., & Rodríguez Molano, L. E. (2015). Catálogo de papas nativas de Nariño, Colombia. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias Agrarias, Sede Bogotá.
- Vargas-Tapia, P., Castellanos-Ramos, J. Z., Muñoz-Ramos, J. De J., Sánchez-García, P., Tijerina-Chávez, L., López-Romero, R. M., Martínez-Sánchez, C., & Ojodeagua-Arredondo, J. L. (2008). Efecto del tamaño de partícula sobre algunas propiedades físicas del tezontle de Guanajuato, México. *Agricultura Técnica En México*, 34(3), 323–331. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?Script=sci\\_arttext&pid=S0568-25172008000300007&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?Script=sci_arttext&pid=S0568-25172008000300007&lng=es&nrm=iso&tlng=es)

Vicente de Pablos Vicente. (2021, December 13). Bromatología, el estudio de los alimentos.  
Traza. <https://www.traza.net/2021/12/13/bromatologia-el-estudio-de-los-alimentos/>

## Apéndices

### Apéndice A. Protocolo de lavado y desinfección

<p>Elaborado por: Wendy Cristina Robles Niño – Álvaro José Sierra Cuadros</p>
<p>Correos: <a href="mailto:Wendy2194264@correo.uis.edu.co">Wendy2194264@correo.uis.edu.co</a> <a href="mailto:Alvaro2194249@correo.uis.edu.co">Alvaro2194249@correo.uis.edu.co</a></p>

OBJETO	ALCANCE
<p>Describir el procedimiento para el correcto lavado y desinfección de un lote de papa.</p>	<p>De gran importancia y ayuda a nivel industrial para garantizar la desinfección y limpieza adecuada de la materia prima.</p>
DEFINICIONES Y ABREVIATURAS	
<p><b>Ácido acético:</b> compuesto orgánico que, debido a sus propiedades antimicrobianas, puede ayudar a reducir el crecimiento de bacterias y otros microorganismos en entornos de procesamiento de alimentos. <b>Ác.:</b> Ácido.</p>	

### PROTOCOLO PARA LAVADO Y DESINFECCIÓN DE DIFERENTES VARIETADES DE PAPA

#### CONSIDERACIONES

- El personal encargado de llevar a cabo la medición debe contar con la indumentaria adecuada.
- Para el procedimiento, es necesario utilizar elementos de protección personal como bata impermeable, calzado cerrado, pantalón, tapabocas, gafas y cofia.
- Se debe realizar antes de iniciar el proceso el lavado y desinfección de manos, es importante tener las uñas cortas y sin esmaltes.
- Los materiales utilizados deben estar durante el proceso limpios y en excelentes condiciones higiénicas; purgar los materiales con agua destilada antes de usarlos.

- Disponer de una zona de trabajo limpia para ello se recomienda desinfectarla antes, durante y después del proceso con alcohol al 70%.

## METODOLOGÍA

### Recomendaciones:

- A la hora de manipular el ácido acético, se requiere el uso de guantes, gafas y careta doble filtro. Hacerlo dentro de una cabina.
- Al medir el volumen de agua destilada utilizar una probeta de 1000 ml.
- Para desechar la solución de ácido acético y agua, asegurarse de se diluya agregando más agua.

### Solución de ácido acético y agua.

Teniendo el lote de papas seleccionado según lo establecido en la NTC 341 de 2018, y la cantidad a procesar, lavar con suficiente agua para retirar las impurezas de la piel de estas.

- Para conocer las proporciones de agua y ácido acético requeridas en la solución, utilizar la ecuación de dilución teniendo en cuenta la masa de las papas, el volumen de la solución, del ácido acético y los porcentajes de volumen en volumen.

$$C_1 * V_1 = C_2 * V_2$$

Donde:

$$C_1 = \%v/v \text{ Ác. acético requerido.}$$

$$V_1 = 2 * \text{Masa de papa.}$$

$$C_2 = \%v/v \text{ Ác. acético comprado}$$

$$V_2 = \text{Ác. en la solución}$$

**Tabla 1. Cálculo de la cantidad de solución necesaria**

Masa de papa para desinfección [g]	Volumen de solución [ml]	Ácido acético requerido %v/v
	V <sub>1</sub>	C <sub>1</sub>
656	1312	4
H <sub>2</sub> O %v/v	Volumen de ácido acético [ml]	Ácido acético Comprado %v/v
96	V <sub>2</sub>	C <sub>2</sub>
	53,01	99

Fuente. Elaborada en base a (Science Company, s.f.)

- En una probeta de 100 ml agregar la cantidad de ácido acético según el valor calculado anteriormente y luego aforar con agua destilada hasta alcanzar 100 ml. Posteriormente agregar el ácido y el volumen de agua en un balde.



### Desinfección

- En un vaso precipitado de 1000 ml sumergir las papas en la solución durante 3 minutos, seguidamente retirar el exceso de solución lavándolas nuevamente con bastante agua.

#### 1. Variedad: Perla Negra



#### 2. Variedad: Pastusa



#### 3. Variedad: Mary



## REFERENCIAS

Flow Chemical. (5 de abril de 2018). *Guantes en la industria alimentaria ¿Es recomendable usarlos?* Obtenido de <https://www.flowchem.com.co/guantes-la-industria-alimentaria/>

Incontec. (s.f.). *NTC 341: 2018 Industria alimentaria. Papa para consumo. Especificaciones.* Obtenido de <https://tienda.icontec.org/gp-industria-alimentaria-papa-para-consumo-especificaciones-ntc341-2018.html>

Science Company. (s.f.). *How To Calculate A Dilution.* Recuperado el 02 de 03 de 2024, de [https://www.sciencecompany.com/How-To-Calculate-A-](https://www.sciencecompany.com/How-To-Calculate-A-Dilution.aspx#:~:text=The%20simple%20formula%20of%20C1V1,volume%20of%20the%20starting%20solution)

[Dilution.aspx#:~:text=The%20simple%20formula%20of%20C1V1,volume%20of%20the%20starting%20solution](https://www.sciencecompany.com/How-To-Calculate-A-Dilution.aspx#:~:text=The%20simple%20formula%20of%20C1V1,volume%20of%20the%20starting%20solution)

**Apéndice B** Protocolo de tratamiento térmico

Elaborado por:  
Wendy Cristina Robles Niño – Álvaro José Sierra Cuadros

Correos:  
[Wendy2194264@correo.uis.edu.co](mailto:Wendy2194264@correo.uis.edu.co)  
[Alvaro2194249@correo.uis.edu.co](mailto:Alvaro2194249@correo.uis.edu.co)

OBJETO	ALCANCE
Describir el protocolo del tratamiento térmico que se utilizará para prevenir el pardeamiento enzimático en papas.	Útil para prevenir la pérdida de calidad y apariencia de las papas.
DEFINICIONES Y ABREVIATURAS	
<p><b>Pardeamiento enzimático:</b> Proceso natural mediante el cual las enzimas presentes en algunos vegetales interactúan con el oxígeno del aire resultando en un oscurecimiento en la superficie del alimento.</p> <p><b>Escaldado:</b> Tratamiento que consiste en sumergir alimentos durante un corto periodo de tiempo en un agua caliente o vapor para eliminar inactivar enzimas, eliminar microorganismos y ayudar en la conservación.</p>	

**PROTOCOLO PARA EL SECADO, TRITURACIÓN, MOLIENDA Y TAMIZADO DE HARINAS**

**CONSIDERACIONES**

- El personal encargado de llevar a cabo la medición debe contar con la indumentaria adecuada.
- Para el procedimiento, es necesario utilizar elementos de protección personal como bata impermeable, calzado cerrado, pantalón, tapabocas, gafas y cofia.
- Se debe realizar antes de iniciar el proceso el lavado y desinfección de manos, es importante tener las uñas cortas y sin esmaltes.
- Los materiales utilizados deben estar durante el proceso limpios y en excelentes condiciones higiénicas; purgar los materiales con agua destilada antes de usarlos.
- Disponer de una zona de trabajo limpia para ello se recomienda desinfectarla antes, durante y después del proceso con alcohol al 70%.

## METODOLOGÍA

### Recomendaciones

- Precalentar el baño de agua 45 minutos antes situando un set point de 96° C.
- Laminar las papas cuanto la temperatura del baño con los vasos precipitados esté en 94 °C con el fin de prevenir un posible pardeamiento.
- Utilizar guantes para laminar las papas.

### Laminado de las papas

- Laminar las papas con cáscara previamente desinfectadas utilizando una mandolina y un valde. Garantizar que las láminas estén en buen estado.



### Tratamiento térmico

- En una cubeta introducir aproximadamente 2 litros de agua, utilizar hielos y un congelador para llevar la temperatura del agua a 4°C. Monitorear constantemente con un termómetro.



- Llenar el baño con agua destilada tomando como medida la primera línea y calentarlo hasta una temperatura de 96 °C. Seguidamente introducir 3 vasos precipitados de vidrio con 800 ml de agua destilada cada uno y taparlos con papel aluminio. Cuando los vasos estén dentro del baño esperar a que nuevamente se alcancen los 96° C y revisar la temperatura de los vasos con un termómetro.



- Teniendo las láminas de papa listas pesar e introducir por 6 minutos en cada vaso precipitado 200 gr de estas, garantizando que la temperatura esté en 96°C.



- Pasar luego de los 6 minutos las láminas a los vasos precipitados plásticos. En la cubeta con el agua a 4°C sumergir las láminas por 1 hora. Agregar más hielo en la cubeta y monitorear con el termómetro las temperaturas dentro y fuera de los vasos precipitados.



- Vaciar los recipientes con ayuda de un colador y eliminar el exceso de humedad con papel absorbente para proceder con el secado.

## REFERENCIAS

Flow Chemical. (5 de abril de 2018). Guantes en la industria alimentaria ¿Es recomendable usarlos? Obtenido de <https://www.flowchem.com.co/guantes-la-industria-alimentaria/>

Belkacemi, L. (2022). Blanching effect on physicochemical and functional properties of flours processed from peeled and unpeeled white-fleshed sweet potato Algerian cultivar. Food Science and Technology. <https://doi.org/10.1590/fst.86821>

## Apéndice C. Protocolo de secado, trituración molienda y tamizado

Elaborado por: Wendy Cristina Robles Niño – Álvaro José Sierra Cuadros
Correos: <a href="mailto:Wendy2194264@correo.uis.edu.co">Wendy2194264@correo.uis.edu.co</a> <a href="mailto:Alvaro2194249@correo.uis.edu.co">Alvaro2194249@correo.uis.edu.co</a>

OBJETO	ALCANCE
Detallar el proceso para el secado, trituración molienda y tamizado para la producción de harinas a base de papa colombiana.	Útil puesto que permite que el proceso de producción de harina se realice de manera eficiente y controlada, garantizando la calidad y la consistencia del producto final.

### PROTOCOLO PARA EL SECADO, TRITURACIÓN, MOLIENDA Y TAMIZADO DE HARINAS

#### CONSIDERACIONES

- El personal encargado de llevar a cabo la medición debe contar con la indumentaria adecuada.
- Para el procedimiento, es necesario utilizar elementos de protección personal como bata impermeable, calzado cerrado, pantalón, tapabocas, gafas y cofia.
- Se debe realizar antes de iniciar el proceso el lavado y desinfección de manos, es importante tener las uñas cortas y sin esmaltes.
- Los materiales utilizados deben estar durante el proceso limpios y en excelentes condiciones higiénicas; purgar los materiales con agua destilada antes de usarlos.
- Disponer de una zona de trabajo limpia para ello se recomienda desinfectarla antes, durante y después del proceso con alcohol al 70%.

## METODOLOGÍA

### Recomendaciones:

- Precalentar el horno de secado 30 minutos antes de iniciar a 58 ° C.
- Macerar las láminas de papa antes para ayudar a reducir el tamaño de estas.

### 1. Secado

Inicialmente secar las láminas de papa con papel absorbente para eliminar el exceso de humedad. Forrar con papel aluminio las bandejas del horno, situando las láminas de tal forma que queden separadas unas de otras. Este proceso se debe realizar a 60 °C por 3 horas hasta obtenerse láminas deshidratadas y empacarlas en bolsas tipo Ziploc.



### 2. Trituración

Reducir el tamaño de partícula de las láminas deshidratadas con una licuadora, según la capacidad del equipo triturar por aproximadamente 15 segundos las veces que sean necesarias para la cantidad total de láminas.



### 3. Molienda y tamizado.

El proceso de molienda y tamizado se debe hacer simultáneamente. Introducir dentro del molino cierta cantidad de las láminas trituradas sin cubrir totalmente las cuchillas, moler por 10 segundos y tamizar hasta alcanzar un tamaño de partícula de 180  $\mu\text{m}$ . Moler nuevamente la cantidad que no se logra tamizar agregando más láminas trituradas. Repetir el proceso hasta que obtener la harina de papa. El proceso termina cuando el molino no tenga suficiente cantidad para funcionar, registrar esa muestra como descartados.

Por último, empaclar la harina al vacío y almacenarla a temperatura ambiente.



## REFERENCIAS

Buzera, A., Gikundi, E., Orina, I., & Sila, D. (2022). Effect of Pretreatments and Drying Methods on Physical and Microstructural Properties of Potato Flour. *Foods*, 11(4).

<https://doi.org/10.3390/FOODS11040507>

FLOW CHEM SAS. (2018, April). Guantes en la industria alimentaria ¿Es recomendable usarlos? -. <https://www.flowchem.com.co/guantes-la-industriahttps://www.flowchem.com.co/guantes-la-industria-alimentaria/alimentaria/>

Belkacemi, L. (2022). Blanching effect on physicochemical and functional properties of flours processed from peeled and unpeeled white-fleshed sweet potato Algerian cultivar. *Food Science and Technology*. <https://doi.org/10.1590/fst.86821>

## Apéndice D. Protocolo de Capacidad de absorción de agua

Elaborado por: Wendy Cristina Robles Niño – Álvaro José Sierra Cuadros	
Correos: <a href="mailto:Wendy2194264@correo.uis.edu.co">Wendy2194264@correo.uis.edu.co</a> <a href="mailto:Alvaro2194249@correo.uis.edu.co">Alvaro2194249@correo.uis.edu.co</a>	
OBJETO	ALCANCE
Describir el protocolo para la medición de la capacidad de absorción de agua de una harina.	Aplica para la medición de la capacidad que tienen las harinas para absorber agua dentro de la industria alimentaria.
DEFINICIONES Y ABREVIATURAS	
<b>Capacidad de absorción de agua:</b> La capacidad de absorción de agua se refiere a la capacidad que tienen ciertos materiales para retener o absorber agua en su estructura interna. Es un concepto fundamental que tiene aplicaciones en una amplia variedad de disciplinas.	
<b>CAA:</b> Capacidad de absorción de agua.	

### PROTOCOLO PARA MEDIR LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE AGUA DE UNA HARINA

#### CONSIDERACIONES

- El personal encargado de llevar a cabo la medición debe contar con la indumentaria adecuada.
- Para el procedimiento, es necesario utilizar elementos de protección personal como bata impermeable, calzado cerrado, pantalón, tapabocas, gafas y cofia.
- Se debe realizar antes de iniciar el proceso el lavado y desinfección de manos, es importante tener las uñas cortas y sin esmaltes.
- Los materiales utilizados deben estar durante el proceso limpios y en excelentes condiciones higiénicas; purgar los materiales con agua destilada antes de usarlos.

- Disponer de una zona de trabajo limpia para ello se recomienda desinfectarla antes, durante y después del proceso con alcohol al 70%.

## METODOLOGÍA

### Recomendaciones:

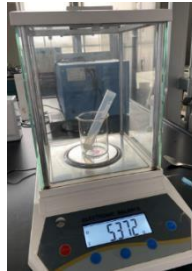
- Para mayor facilidad y exactitud al pesar la muestra de harina necesaria, con papel aluminio hacer una caja de tamaño pequeño.



- Realizar la prueba 3 veces, utilizando 3 tubos de Falcon.

### Registro de la medición de las masas:

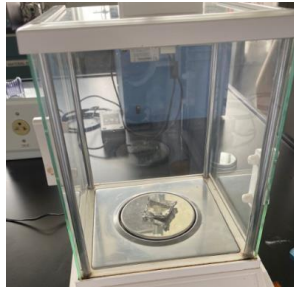
- Para conocer la masa de los tubos de Falcon a utilizar, tomar 3 tubos de 15 ml sin tapa, con ayuda de un vaso precipitado y la balanza analítica registrar el peso de cada uno como la muestra W1.



- Por medio de la micropipeta agregar 5 ml de agua destilada en los tubos.



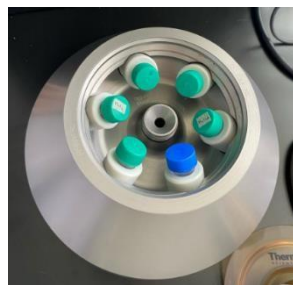
- Pesar e introducir 0,5 gramos de harina en cada uno de los tubos Falcon, seguidamente registrar esta masa como la muestra W2.



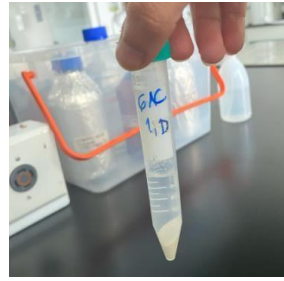
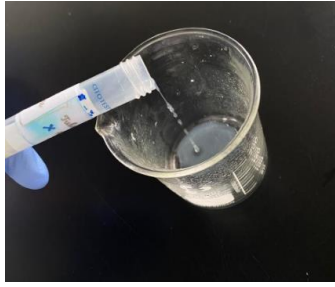
- Durante 1 minuto agitar los tubos con las muestras y el agua destilada en un vortex a máxima velocidad, luego de esto dejar reposar las muestras a temperatura ambiente por aproximadamente 30 minutos. Revisar que los tubos están tapados correctamente.



- A continuación, llevar a un proceso de centrifugación durante 30 minutos a 4000 rpm. Para su funcionamiento la centrífuga debe estar nivelada, con este fin utilizar otros 3 tubos Falcon con el mismo volumen, en este caso 5ml de agua. Es importante asegurar las tapas de los tubos y revisar que la centrífuga esté bien posicionada.



- Luego de la centrifugación desechar los sobrenadantes invirtiendo cada tubo hasta quedar únicamente la harina húmeda dentro de estos. Nuevamente pesar los tubos registrando estos resultados como la muestra W3.



### **Cálculo de la capacidad de absorción de agua.**

- La capacidad de absorción se da en porcentaje y se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$CAA (\%) = \frac{W3 - (W2 + W3)}{\text{peso inicial de la muestra}} * 100$$

### **REFERENCIAS**

Chikpah, S. K., Korese, J. K., Hensel, O., & Sturm, B. (2020). Effect of sieve particle size and blend proportion on the quality properties of peeled and unpeeled orange fleshed sweet potato composite flours. *Foods*, 9(6), 740.

## Apéndice E. Protocolo de la capacidad de absorción de aceite

Elaborado por: Wendy Cristina Robles Niño – Álvaro José Sierra Cuadros
Correos: <a href="mailto:Wendy2194264@correo.uis.edu.co">Wendy2194264@correo.uis.edu.co</a> <a href="mailto:Alvaro2194249@correo.uis.edu.co">Alvaro2194249@correo.uis.edu.co</a>

OBJETO	ALCANCE
Describir el protocolo para la medición de la capacidad de absorción de aceite de una harina.	Útil para la medición de la capacidad que tienen las harinas de absorber aceite dentro de la industria alimentaria.
DEFINICIONES Y ABREVIATURAS	
<p><b>Capacidad de absorción de aceite:</b> es una medida que describe la capacidad de un material para absorber aceite. Esta propiedad es de particular importancia en diversos campos, como la industria alimentaria, la industria química y la fabricación de materiales absorbentes.</p> <p><b>CAAC:</b> capacidad de absorción de aceite.</p>	

### PROTOCOLO PARA MEDIR LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE ACEITE DE UNA HARINA

#### CONSIDERACIONES

- El personal encargado de llevar a cabo la medición debe contar con la indumentaria adecuada.
- Para el procedimiento, es necesario utilizar elementos de protección personal como bata impermeable, calzado cerrado, pantalón, tapabocas, gafas y cofia.
- Se debe realizar antes de iniciar el proceso el lavado y desinfección de manos, es importante tener las uñas cortas y sin esmaltes.

- Los materiales utilizados deben estar durante el proceso limpios y en excelentes condiciones higiénicas; purgar los materiales con agua destilada antes de usarlos.

## METODOLOGÍA

### Recomendaciones:

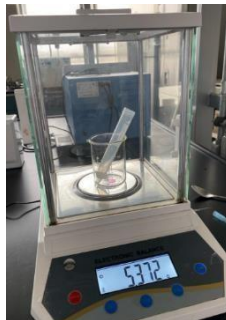
- Para mayor facilidad y exactitud al pesar la muestra de harina necesaria, con papel aluminio hacer una caja de tamaño pequeño.



- Realizar la prueba 3 veces, utilizando 3 tubos de Falcon.

### Registro de la medición de las masas:

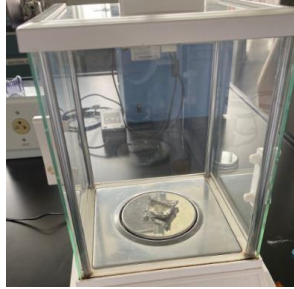
- Para conocer la masa de los tubos de Falcon a utilizar, tomar 3 tubos de 15 ml sin tapa, con ayuda de un vaso precipitado y la balanza analítica registrar el peso de cada uno como W2.



- Por medio de la micropipeta agregar 5 ml de aceite en los tubos.



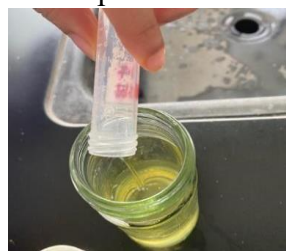
- Pesar e introducir 0,5 gramos de harina en cada uno de los tubos Falcon, registrando esta masa como la muestra W1.



- Agitar durante 1 minuto los tubos con las muestras y el agua destilada en un vortex a máxima velocidad, luego de esto dejar reposar a temperatura ambiente por aproximadamente 30 minutos. Revisar que los tubos están tapados correctamente.
- Llevar las muestras a continuación a un proceso de centrifugación durante 30 minutos, 4000 rpm y a 25 °C. Para su funcionamiento la centrífuga debe estar nivelada, con este fin utilizar otros 3 tubos Falcon con el mismo volumen, en este caso 5 ml de agua. Es importante asegurar las tapas de los tubos y revisar que la centrífuga esté bien posicionada.



- Luego de la centrifugación, desechar los sobrenadantes invirtiendo cada tubo hasta quedar únicamente la harina húmeda dentro de estos. Nuevamente pesar los tubos registrando estos resultados como la muestra W3. Tener en cuenta que el aceite debe ser desechado en un recipiente.



### **Cálculo de la capacidad de absorción de aceite.**

- La capacidad de absorción se da en porcentaje y se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$CAAC (\%) = \frac{\text{Cantidad de absorción de aceite (g)}}{\text{Peso inicial de la muestra (g)}} * 100$$

$$CAAC (\%) = \frac{W3 - (W2 + W3)}{\text{peso inicial de la muestra}} * 100$$

### **REFERENCIAS**

Chikpah, S. K., Korese, J. K., Hensel, O., & Sturm, B. (2020). Effect of sieve particle size and blend proportion on the quality properties of peeled and unpeeled orange fleshed sweet potato composite flours. *Foods*, 9(6), 740.

FLOW CHEM SAS. (2018, April). Guantes en la industria alimentaria ¿Es recomendable usarlos? -. <https://www.flowchem.com.co/guantes-la-industriaalimentaria/>

## Apéndice F. Protocolo densidad aparente, comprimida y índice de compresibilidad

Elaborado por:

Wendy Cristina Robles Niño – Alvaro José Sierra Cuadros

Correos:

[Wendy2194264@correo.uis.edu.co](mailto:Wendy2194264@correo.uis.edu.co)

[Alvaro2194249@correo.uis.edu.co](mailto:Alvaro2194249@correo.uis.edu.co)

OBJETO	ALCANCE
Detallar el proceso para la medición de la densidad aparente, densidad comprimida e índice de compresibilidad en harina.	Aplica para la medición de la densidad aparente y densidad comprimida de la harina.
DEFINICIONES Y ABREVIATURA	
<b>Densidad aparente:</b> Se refiere a la relación entre la masa y el volumen total, incluyendo el espacio poroso.	
<b>Densidad comprimida:</b> Se refiere a la densidad de un material después de haber sido sometido a compresión	
<b>Índice de compresibilidad:</b> se relaciona con la resistencia y estabilidad de los enlaces entre las partículas del polvo.	

### PROTOCOLO DE DENSIDAD APARENTE, DENSIDAD COMPRIMIDA E ÍNDICE DE COMPRESIBILIDAD

#### CONSIDERACIONES

- El personal encargado de llevar a cabo la medición debe contar con la indumentaria adecuada.
- Para el procedimiento, es necesario utilizar elementos de protección personal como bata impermeable, calzado cerrado, pantalón, tapabocas, gafas y cofia.
- Se debe realizar antes de iniciar el proceso el lavado y desinfección de manos, es importante tener las uñas cortas y sin esmaltes.

- Los materiales utilizados deben estar durante el proceso limpios y en excelentes condiciones higiénicas; purgar los materiales con agua destilada antes de usarlos.
- Disponer de una zona de trabajo limpia para ello se recomienda desinfectarla antes, durante y después del proceso con alcohol al 70%.

## METODOLOGÍA

### Recomendaciones:

- Hay que asegurar que la probeta esté limpia, seca y en condiciones óptimas para obtener mediciones precisas

### Medición de la densidad aparente

- Preparar un recipiente en forma de caja con papel aluminio para pesar la muestra de harina.
- Utilizar una balanza para medir de manera precisa 10 gramos de la muestra de harina.



- Transferir los 10 gramos de harina a la probeta, evitando agitarla en exceso.



- Registrar el volumen ocupado por la muestra.
- Calcular la densidad aparente utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Densidad aparente} = \frac{\text{Masa}}{\text{Volumen}}$$

### **Medición de la densidad comprimida**

Después del paso final del método anterior, realizar entre 10 y 15 golpes suaves en la base de la probeta para eliminar los espacios vacíos y compactar el volumen de la muestra. Luego, medir el volumen compactado y calcular la densidad utilizando la siguiente fórmula:



$$\text{Densidad aparente} = \frac{\text{Masa}}{\text{Volumen comprimido}}$$

Con los valores obtenidos de la densidad comprimida y la densidad aparente, calcular el índice de compresibilidad mediante la fórmula:

$$\text{Índice de compresibilidad} = \frac{\text{Densidad comprimida} - \text{Densidad aparente}}{\text{Densidad comprimida}}$$

### **Referencias**

Buzera, A., Gikundi, E., Orina, I., & Sila, D. (2022). Effect of pretreatments and drying methods on physical and microstructural properties of potato flour. *Foods*, 11(4), 507.

Flow Chemical. (5 de abril de 2018). Guantes en la industria alimentaria ¿Es recomendable usarlos? Obtenido de <https://www.flowchem.com.co/guantes-laindustria-alimentaria>

## Apéndice G. Protocolo ángulo de reposo

Elaborado por:

Wendy Cristina Robles Niño – Alvaro José Sierra Cuadros

Correos:

[Wendy2194264@correo.uis.edu.co](mailto:Wendy2194264@correo.uis.edu.co)

[Alvaro2194249@correo.uis.edu.co](mailto:Alvaro2194249@correo.uis.edu.co)

OBJETO	ALCANCE
Describir el proceso para la medición del ángulo de reposo de harina.	Aplica para la medición del ángulo de reposo de la harina
DEFINICIONES Y ABREVIATURAS	
<b>Ángulo de reposo:</b> El ángulo de reposo es el ángulo entre la horizontal y la pendiente de una pila de polvo. Es el método más usado para determinar el comportamiento del flujo de los polvos.	

## PROTOCOLO PARA LA MEDICIÓN DEL ÁNGULO DE REPOSO

### CONSIDERACIONES

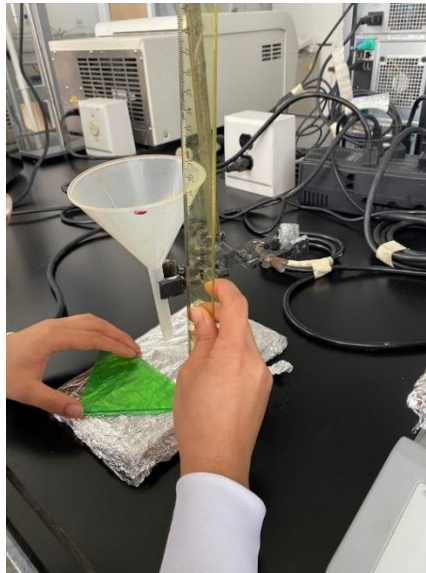
- El personal encargado de llevar a cabo la medición debe contar con la indumentaria adecuada.
- Para el procedimiento, es necesario utilizar elementos de protección personal como bata impermeable, calzado cerrado, pantalón, tapabocas, gafas y cofia.
- Se debe realizar antes de iniciar el proceso el lavado y desinfección de manos, es importante tener las uñas cortas y sin esmaltes.

- Los materiales utilizados deben estar durante el proceso limpios y en excelentes condiciones higiénicas; purgar los materiales con agua destilada antes de usarlos.
- Disponer de una zona de trabajo limpia para ello se recomienda desinfectarla antes, durante y después del proceso con alcohol al 70%.

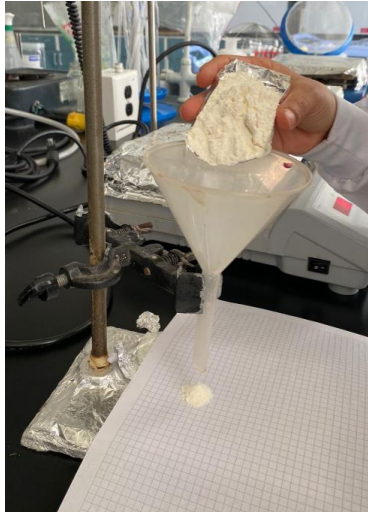
## METODOLOGÍA

### Medición del ángulo de reposo (manera manual)

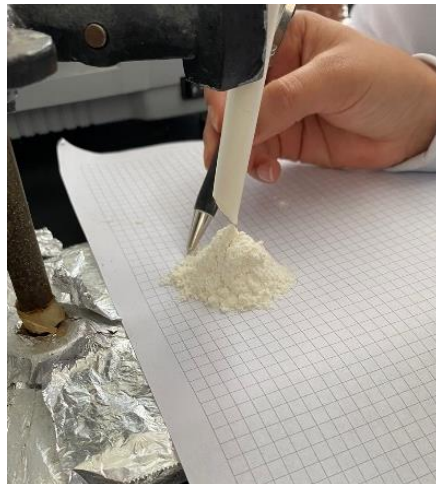
- Posicionar el soporte en una superficie estable.
- Colocar el embudo a una altura de 2,4cm sobre la base



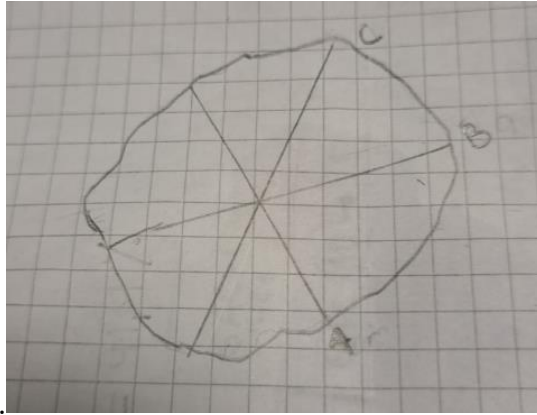
- Situar la hoja cuadriculada encima de la base del soporte, seguido de esto verter la harina a través del embudo hasta formar una pila cuya punta toque el extremo del embudo.



- Marcar cuidadosamente el diámetro de la pila de harina sobre la hoja cuadrículada



En el dibujo de la base de la pila, trazar tres líneas diferentes para obtener tres valores del diámetro estimado



- Calcular el diámetro promedio utilizando los tres diámetros obtenidos:

$$\text{Diámetro promedio} = \frac{\text{Diámetro } a + \text{Diámetro } b + \text{Diámetro } c}{3}$$

- Calcular el radio promedio

$$\text{Radio} = \frac{\text{Diámetro promedio}}{2}$$

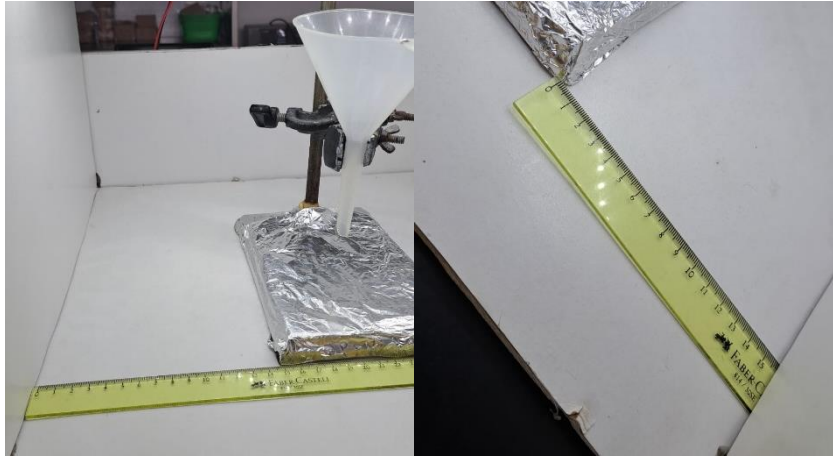
- Aplicar la siguiente fórmula para encontrar el ángulo de reposo

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{\text{Altura}}{\text{Radio}}\right)$$

### **Medición del ángulo de reposo (con la aplicación ImageJ)**

#### 1. Preparación de la Caja de Color:

- Limpiar minuciosamente la caja de color.
- Medir las dimensiones de la caja para encontrar su centro y posicionar adecuadamente la base del soporte universal.
- La caja mide 46 cm de ancho y la base del soporte mide 15 cm, por lo tanto, la base debe colocarse a 15,5 cm de cada orilla.



## 2. Posicionamiento del Embudo:

- Asegúrese de que el embudo esté a una altura de 2,4 cm de la base.



## 3. Colocación del Celular:

- Posicionar el celular frente a la base, a una distancia de 5 cm del borde de la caja, y asegurar que esté en un soporte completamente vertical.



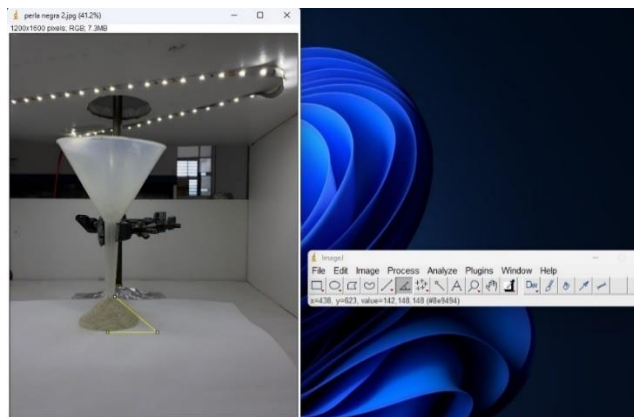
#### 4. Vertido de la Harina:

- Verter la harina cuidadosamente a través del embudo hasta que la punta de la pila de harina toque el extremo del embudo.
- En este momento, tome una foto de la pila de harina.



#### 5. Medición del Ángulo:

- Abrir la aplicación de medición de ángulos.
- Cargue la foto tomada y utilice la opción de medir ángulos para realizar la medición del ángulo de reposo.



#### Referencias

Buzera, A., Gikundi, E., Orina, I., & Sila, D. (2022). Effect of pretreatments and drying methods on physical and microstructural properties of potato flour. *Foods*, 11(4), 507.