

**EFFECTOS DE LAS TEMPERATURAS DE ESCALDADO SOBRE LAS PROPIEDADES  
BROMATOLÓGICAS, COLORIMÉTRICAS, TECNOLÓGICAS Y DE  
EMPASTAMIENTO DE LA HARINA DE ÑAME CRIOLLO PARA SU USO EN LA  
INDUSTRIA ALIMENTARIA**

**Ingeniero  
JOSE ALBERTO BALDIRIS CORRALES**

**MAESTRÍA EN GESTIÓN DE CALIDAD DE LOS ALIMENTOS  
ESCUELA DE NUTRICION Y DIETETICA  
UNIVERSIDAD DEL SINÚ SECCIONAL CARTAGENA  
CARTAGENA DE INDIAS D. T. Y C.  
JUNIO 2024**

**EFFECTOS DE LAS TEMPERATURAS DE ESCALDADO SOBRE LAS PROPIEDADES  
BROMATOLÓGICAS, COLORIMÉTRICAS, TECNOLÓGICAS Y DE  
EMPASTAMIENTO DE LA HARINA DE ÑAME CRIOLLO PARA SU USO EN LA  
INDUSTRIA ALIMENTARIA**

**JOSE ALBERTO BALDIRIS CORRALES**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE MAGÍSTER EN  
GESTIÓN DE CALIDAD DE LOS ALIMENTOS**

**Asesor disciplinar  
DIOFANOR ACEVEDO CORREA., Ing., PhD.**

**Asesor metodológico  
JOSÉ DAVID TORRES GONZÁLEZ., Ing., PhD.**

**MAESTRÍA EN GESTIÓN DE CALIDAD DE LOS ALIMENTOS  
ESCUELA DE NUTRICION Y DIETETICA  
UNIVERSIDAD DEL SINÚ SECCIONAL CARTAGENA  
CARTAGENA DE INDIAS D. T. Y C.  
JUNIO 2024**

Cartagena de Indias, D.T y C., 26/06/2024

Doctor  
**RICARDO PEREZ SAENZ**  
Director de Investigaciones  
Universidad del Sinú EBZ  
Seccional Cartagena  
L. C.

Cordial saludo.

La presente tiene como fin someter a revisión y aprobación para la ejecución del proyecto de investigación titulado: **“EFECTOS DE LAS TEMPERATURAS DE ESCALDADO SOBRE LAS PROPIEDADES BROMATOLÓGICAS, COLORIMÉTRICAS, TECNOFUNCIONALES Y DE EMPASTAMIENTO DE LA HARINA DE ÑAME CRIOLLO PARA SU USO EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA”** adscrito a la Escuela de Nutrición y Dietética en el área de Maestría en Gestión de la Calidad de los Alimentos.

Atentamente,

Firma: **OLGA TATIANA JAIMES PRADA**  
Nutricionista y Dietista  
MSc. Ciencia y Tecnología de Alimentos  
Director Escuela de Nutrición y Dietética

Firma: **TANIA YADIRA MARTINEZ RODRIGUEZ**  
Nutricionista y Dietista  
MSc en Fisiología  
PhD(c) Alimentación y Nutrición  
Coordinador de Investigaciones Escuela de Nutrición y Dietética

## NOTA DE ACEPTACIÓN

---

---

---

---

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

Cartagena de Indias D.T y C (26/06/2024)

## **DEDICATORIA**

Esta tesis quiero dedicar primeramente a Dios, por ser mi fortaleza, por darme la sabiduría y cada oportunidad para lograr alcanzar cada una de mis metas. Sin su guía y bendiciones, este logro no habría sido posible. A mis padres, Alberto Baldiris y Carmen Corrales por su gran amor incondicional, por todos los sacrificios y apoyo constante. Ustedes son mi mayor inspiración y motivación para seguir creciendo día a día en cada reto que me coloca la vida. A mi hermana Melissa, por ser siempre un ejemplo para seguir y por su constante apoyo y cariño a cada uno de mis proyectos. A mi sobrina Sara, por traerme alegría y esperanza a mi vida, tu presencia me motiva a ser mejor cada día. A mi novia Ana Martínez, por su paciencia, comprensión y amor inquebrantable, gracias por estar a mi lado en cada paso del camino. Por último, al profesor Diofanor Acevedo, por su inigualable guía, apoyo y dedicación a lo largo de todo el camino de investigación y construcción de esta tesis. Su conocimiento y orientación han sido fundamentales para el éxito de este trabajo, su sabiduría y palabras me motivaron a no desistir de este proceso.

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas y entidades que me han apoyado durante la realización de esta tesis. Al profesor José Torres, por su valiosa orientación, conocimiento y tiempo dedicado. Sus aportes han sido esenciales para el desarrollo de este trabajo. A la ingeniera Berenice Guerra, por su colaboración, apoyo técnico y disposición para ayudar en todo momento. Sus contribuciones han sido vitales para la culminación de esta investigación. A todo el equipo del grupo de investigación IDAA de la Universidad de Cartagena, por su apoyo, recursos y colaboración. Su compromiso y trabajo en equipo han sido un pilar importante en este proceso. A mis compañeros de estudio y docentes, por los momentos compartidos, las discusiones académicas y el apoyo mutuo. Todo esto ha sido un pilar importante durante el desarrollo de la maestría. Finalmente, a mi familia y amigos, por su amor, paciencia y apoyo incondicional. Su confianza en mí ha sido un motor invaluable para seguir adelante.

A todos ustedes, ¡GRACIAS!

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	13
<b>2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	16
<b>3. JUSTIFICACIÓN</b> .....	20
<b>4. OBJETIVOS</b> .....	22
4.1. Objetivo general .....	22
4.2. Objetivos específicos.....	22
<b>5. REVISIÓN LITERARIA</b> .....	23
<b>5.1 Marco teórico</b> .....	<b>23</b>
5.1.1 Características del ñame .....	23
5.1.2 Producción de ñame en Colombia.....	24
5.1.3 Productos derivados del ñame .....	26
5.1.4 Importancia de la harina de ñame.....	26
5.1.5 Qué es el escaldado, definición e importancia en la obtención de harinas .....	26
5.1.6 Propiedades físicas de las Harinas.....	27
5.1.7 Determinación de las curvas de empastamiento .....	28
5.1.8 Perfil viscoamilográfico de la harina.....	29
<b>5.2 Antecedentes</b> .....	<b>31</b>
<b>6. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	34
<b>6.1 Localización y sitio de trabajo</b> .....	<b>34</b>
<b>6.2 Obtención de las harinas de ñame</b> .....	<b>34</b>
<b>6.3 Análisis proximal y micronutrientes de las harinas de ñame</b> .....	<b>37</b>
<b>6.4 Análisis colorimétrico</b> .....	<b>37</b>
<b>6.5 Índice de absorción de agua (IAA)</b> .....	<b>39</b>
<b>6.6 Índice de absorción de aceite (IAO)</b> .....	<b>40</b>
<b>6.6 Propiedades de empastamiento</b> .....	<b>40</b>
<b>7. RESULTADOS Y DISCUSIONES</b> .....	41
7. 1. Análisis bromatológico .....	41
7.2. Cuantificación de Calcio, Potasio y Vitamina C.....	45
7.3. Parámetros de colorimetría en harina de ñame criollo.....	47
7.4. Propiedades funcionales de las Harinas de ñame Criollo.....	49

7.5. Perfil Viscoamilográfico .....	52
<b>8. CONCLUSIONES .....</b>	<b>60</b>
<b>9. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>61</b>
<b>10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>62</b>
<b>11. ANEXOS .....</b>	<b>85</b>
<b>11.1 Proceso de obtención de harinas .....</b>	<b>85</b>
<b>11.2 Propiedades Tecnofuncionales.....</b>	<b>87</b>
<b>11.3 Colorimetría.....</b>	<b>88</b>
<b>11.4 Viscoamilógrafo .....</b>	<b>89</b>
<b>11.5 Análisis proximal.....</b>	<b>90</b>



## LISTA DE FIGURA

Figura 1 Distribución geográfica de la producción de ñame en la Región Caribe	26
Figura 2 Curva típica de empastamiento almidón nativo de ñame	31
Figura 3 Diagrama de flujo del proceso de obtención de harina de ñame	37
Figura 4 Curva de empastamiento de harina de ñame criollo ( <i>Dioscórea alata</i> ) a distintas temperaturas de escaldado	57

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Composición química de distintas variedades de ñame	25
Tabla 2 Composición proximal de harina de ñame criollo (g/100g)	43
Tabla 3 Calcio, potasio, vitamina C en harinas de ñame a distintas temperaturas de escaldado (mg/g) azúcares totales	47
Tabla 4 Parámetros colorimétrico de la harina de ñame	48
Tabla 5 Propiedades funcionales de harina de ñame criollo	50
Tabla 6 Curvas de empastamiento y comportamiento de la viscosidad	53
Tabla 7 Resultados densidad aparente, índice de Carr y razón de Hausner	58

## RESUMEN

El ñame hace parte de la dieta alimentaria de la costa caribe colombiana, es originario de África, este tubérculo hace parte del género Dioscorea. Siendo el Dioscorea alata y el Dioscorea rotundata los de mayor distribución e importancia económica en el mundo, así como las de mayor área sembrada y demandada en Colombia. En la presente investigación se evaluó el efecto de las temperaturas de escaldado sobre las propiedades bromatológicas, colorimétricas, tecnofuncionales y de empastamiento de la harina de ñame criollo para su uso en la industria alimentaria. Los tubérculos que se utilizaron provienen del municipio de San Juan Nepomuceno, Bolívar. Para la obtención de las harinas de ñame criollo se utilizó el siguiente pretratamiento escaldado a tres temperaturas (40, 50, y 60 °C) durante 3 minutos, un tiempo de remojo (4 horas) y una temperatura de secado de 70 °C por tres horas. Las harinas obtenidas se les determino propiedades bromatológicas, colorimétricas, tecnofuncionales y de empastamiento. Los resultados encontrados en cuanto al porcentaje de fibra cruda 2,30% y humedad 11, 15% fueron altos en los T4 con escaldado a 60°C, el porcentaje de carbohidratos totales fue alto 84,34% para T2 escaldado a 50°C, mientras que los porcentajes de proteína 5,70% y cenizas 2,36% fueron altos en el T4, sin escaldar. La harina presento valores altos de luminosidad 58,48 y valores bajos de índice de blancura de 41, 96 en T4 sin escaldar. En cuanto al índice de absorción de agua (2,33), poder de hinchamiento (3,53) e índice de absorción de aceite (0,92), el T3 presento los valores más altos. La temperatura de empastamiento presento valores altos 93,7°C en el T3 a 60°C, la viscosidad máxima presento en T4 sin escaldar el valor más alto de 58BU y el setback más alto se presentó en el T1 escaldado a 40°C este fue de 15BU. En cuanto al índice de Carr y razón de Hausner el escaldado influyo en esto indicando cambios en la fluidez y compresibilidad

de la harina de ñame. Los resultados obtenidos son importantes para comprender el proceso y uso adecuado de la harina de ñame criollo en diversas aplicaciones.

**Palabras claves:** harina de ñame, bromatológicas, empastamiento, colorimétricas

## ABSTRACT

The yam is part of the food diet of the Colombian Caribbean coast, and originally from Africa, this tuber is part of the *Dioscorea* genus. *Dioscorea alata* and *Dioscorea rotundata* are the most widely distributed and economically important in the world, as well as the most widely planted and demanded in Colombia. In the present research, the effect of blanching temperatures on the bromatological, colorimetric, techno-functional, and pasting properties of creole yam flour for use in the food industry was evaluated. The tubers used come from the municipality of San Juan Nepomuceno, Bolivar. The following pre-treatment was used to obtain the creole yam flours: scalding at three temperatures (40, 50, and 60 °C) for 3 minutes, a soaking time (4 hours), and a drying temperature of 70 °C for three hours. The flours obtained were tested for bromatological, colorimetric, techno-functional, and pasting properties. The results found regarding the percentage of crude fiber 2.30% and moisture 11.15% were high in T4 with scalding at 60°C, the percentage of total carbohydrates was high at 84.34% for T2 scalded at 50°C, while the percentages of protein 5.70% and ash 2.36% were high in T4, without scalding. The flour presented high values of lightness 58.48 and low values of whiteness index of 41.96 in T4 without blanching. As for the water absorption index (2.33), swelling power (3.53), and oil absorption index (0.92), T3 had the highest values. The temperature of swelling presented high values of 93.7°C in T3 at 60°C, the maximum viscosity presented in T4 without scalding the highest value of 58BU, and the highest setback was presented in T1 scalded at 40°C, which was 15BU. As for Carr's index and Hausner's ratio, blanching influenced this, indicating changes in the fluidity and compressibility of the yam flour. The results obtained are important to understand the process and adequate use of creole yam flour in various applications.

**Keywords:** yam flour, bromatological, pasting, colorimetric

## 1. INTRODUCCIÓN

La industria alimentaria se enfrenta a una demanda constante de ingredientes que no solo cumplan con los requisitos nutricionales, sino que también ofrezcan atributos de calidad que satisfagan las expectativas cambiantes de los consumidores y del mercado (Ouyang et al., 2024). En este contexto, el ñame (*Dioscorea* spp.) ha surgido como un recurso potencialmente valioso, gracias a sus propiedades nutricionales y su versatilidad en aplicaciones alimentarias (Oyeyinka et al., 2023; Poudel et al., 2023). Sin embargo, la variabilidad en las características de diferentes variedades de ñame puede influir directamente en la calidad de los productos finales, especialmente en harinas derivadas de este tubérculo (Pérez et al., 2021; Argaw et al., 2023). El ñame, perteneciente al género *Dioscorea*, es un componente agroindustrial crucial en Colombia, cuenta con una tasa de rendimiento del cultivo de 28,3 toneladas, por hectárea cultivadas, ocupa el puesto 12 entre los países productores con 395.374 toneladas para el año 2010, aportando la región caribe el 90% de la producción (Mendoza- Crespo & Ortiz- Velásquez, 2020). Este tubérculo desempeña un papel vital en la canasta familiar, especialmente en la región caribeña (Alvis et al., 2008; Reina et al., 2021). A pesar de la importancia del ñame en la economía y la seguridad alimentaria en Colombia, siendo este el país, con el rendimiento del cultivo de ñame más alto a nivel mundial (Mendoza- Crespo & Ortiz- Velásquez, 2020), los cultivadores enfrentan desafíos significativos, como la falta de estrategias tecnológicas para el manejo agronómico del cultivo y la escasez de alternativas de conservación y aprovechamiento agroindustrial (Alvis et al., 2009).

La falta de información y orientación sobre las posibilidades tecnológicas para la producción de derivados del ñame ha llevado a altas pérdidas postcosecha, afectando especialmente a los pequeños y medianos productores en las zonas económicamente más

deprimidas (Chinma et al., 2021; Sahoo et al., 2023). El presente proyecto de investigación se enfoca en abordar esta problemática mediante la evaluación de los atributos de calidad de las harinas de ñame criollo sometidas a diferentes temperaturas de escaldado. Esta variedad, se destaca por su importancia en el departamento de Bolívar, siendo característico su contenido de carbohidratos, lípidos, altos contenido de vitaminas y minerales (Alvis et al., 2008), que podría influir en su aplicación en la industria alimentaria (Yépez et al., 2023). La investigación surge de la necesidad de proporcionar a la industria alimentaria alternativas locales y sostenibles a la harina de trigo tradicional, centrándose en el ñame como un tubérculo de origen local con potencial para convertirse en un sustituto parcial de la harina importada (Oliveira et al., 2021; Ayala & Torres, 2023; García, 2023). Este enfoque no solo beneficiaría a los cultivadores de ñame al proporcionarles oportunidades de aprovechamiento agroindustrial, sino que también contribuiría a la seguridad y soberanía alimentaria de Colombia (Alvis et al., 2010). El proceso de transformación del ñame en harina representa una estrategia significativa para reducir las pérdidas postcosecha en la región Caribe, en el departamento de Bolívar. Sin embargo, la falta de métodos estandarizados para garantizar la obtención de harina de ñame con propiedades nutricionales, fisicoquímicas y tecnofuncionales óptimas plantea un desafío crucial (Shao et al., 2020; Asranudin et al., 2021; Jiang et al., 2023).

Este proyecto busca desarrollar técnicas para mejorar la producción de harina de ñame y llenar el vacío en la investigación sobre la calidad de las harinas de la variedad indicada, (Feng et al., 2020; Panda et al., 2023). El problema central radica en la falta de información exhaustiva sobre la calidad de las harinas de esta variedad, específicamente en términos de atributos de calidad como color, sabor, textura y valor nutricional (Adejumo et al., 2013) que influyen en su aplicabilidad en la industria alimentaria (Santos et al., 2022). La variabilidad en aspectos como la

composición nutricional, la textura, el sabor y la capacidad de absorción de agua puede determinar la idoneidad de este tipo de harinas para diversas aplicaciones alimentarias (Hu et al., 2023; Xiao et al., 2023). La necesidad de abordar este vacío científico y establecer un fundamento que oriente la toma de decisiones en la elaboración de productos alimenticios es la motivación central que impulsa esta investigación (Ortega-Toro et al., 2021; Bora et al., 2023).

Teniendo en cuenta lo anterior el objetivo de esta investigación es evaluar los efectos de las temperaturas de escaldado sobre las propiedades bromatológicas, colorimétrica tecnofuncionales y de empastamiento de la harina de ñame criollo para uso en la industria alimentaria.



## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La industria alimentaria se encuentra en constante búsqueda de ingredientes que no solo cumplan con los requisitos nutricionales, sino que también ofrezcan atributos de calidad que satisfagan las demandas del mercado y las preferencias del consumidor (Asranudin et al., 2021). En este contexto, el ñame (*Dioscorea* spp.) ha emergido como un recurso potencialmente valioso debido a sus propiedades nutricionales y su versatilidad en aplicaciones alimentarias (Zou et al., 2021). El ñame, perteneciente al género *Dioscorea*, es una planta tropical cultivada por sus tubérculos comestibles. Este vegetal es de gran importancia agroindustrial en Colombia y hace parte de la canasta familiar en la región Caribe colombiana. Además, los campesinos y cultivadores dependen en gran medida de este tubérculo como su principal fuente de ingresos para sustentar sus hogares (Alvis et al., 2008; Feng et al., 2020). De acuerdo con las cifras reportadas por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, el departamento de Bolívar es el mayor productor de ñame con una participación de 40%, Sin embargo, los cultivadores enfrentan desafíos significativos en la producción y comercialización del ñame fresco. La falta de estrategias tecnológicas para el manejo agronómico del cultivo, junto con la escasez de alternativas de conservación y aprovechamiento agroindustrial, ha provocado altas pérdidas postcosecha (Reina et al., 2021). Esto ha resultado en dificultades económicas para los cultivadores, debido a los precios inestables y la falta de innovación en la cadena productiva. Además, la falta de información y conocimiento sobre las posibilidades tecnológicas para la producción de derivados del ñame y su aprovechamiento en la industria alimentaria ha afectado especialmente a los pequeños y medianos productores de las zonas económicas más deprimidas (Alvis et al., 2010). Estos cultivadores no cuentan con suficiente apoyo y orientación para explorar nuevas oportunidades comerciales y agregar valor a sus productos, lo que agrava su

situación económica y limita su desarrollo en el sector agrícola (García, 2023). Entre las numerosas variedades de ñame que se cultivan, *Dioscorea alata* L., se destaca como especie significativa tanto en términos de producción como de consumo en el departamento de Bolívar (Reina et al., 2021). Esta variedad posee un perfil nutricional bastante significativo, por ende, su potencial aplicación en la industria alimentaria puede ser de gran consideración (Oyeyinka et al., 2023).

Actualmente la obtención de harinas industriales, se han enfocado en cultivos tradicionales como el trigo. Sin embargo, en Colombia, encontramos otras fuentes alternativas de obtención de harinas, como lo es la del ñame, tubérculo que tiene gran relevancia a nivel mundial, podrían desempeñar un papel importante como sustituto parcial de la harina de trigo importada (Chinma et al., 2021). Esto no solo beneficiaría a los cultivadores de ñame en términos de aprovechamiento agroindustrial, sino que también contribuiría a la seguridad y soberanía alimentaria de Colombia (Reina et al., 2021). La harina de ñame, obtenida a través de la deshidratación y molienda de los tubérculos, se presenta como una alternativa atractiva en la formulación de productos alimenticios. Al promover el uso de ñame como un sustituto viable en la producción de harina, se podrían diversificar las fuentes de abastecimiento de este insumo básico para la industria alimentaria. Esto reduciría la dependencia de las importaciones de harina de trigo y fortalecería la autonomía del país en términos de seguridad alimentaria (Hu et al., 2023). Además, el uso de fuentes locales como el ñame fomentaría el desarrollo de la agroindustria en la región, generando nuevas oportunidades económicas para los productores locales y contribuyendo al crecimiento sostenible de la economía colombiana (Alvis et al., 2009) (Arroyo Morales, 2019).

El proceso de transformación de ñame en harina representa una alternativa bastante significativa para reducir las pérdidas postcosecha de la producción de ñame en la región de los Montes de María, en el departamento de Bolívar (Reina et al., 2021). Esta estrategia no solo permite el aprovechamiento de las propiedades nutricionales de este tubérculo, sino que también abre nuevas oportunidades para su utilización en diversas aplicaciones en la industria alimentaria (Yépez et al., 2023). Sin embargo, la producción de harina de ñame de alta calidad presenta grandes retos significativos. Uno de ellos es que, en la actualidad, no existen métodos estandarizados que garanticen la obtención de una harina que conserve las propiedades nutricionales, fisicoquímicas, organolépticas, tecnofuncionales del ñame y que cumpla con los estándares de calidad mínimos para su uso y comercialización. Para enfrentar estos inconvenientes se deben desarrollar técnicas de optimización para la producción de harina de ñame (Santos et al., 2022).

El problema principal radica en la falta de investigaciones sobre las características de la harina de ñame criollo, específicamente en términos de atributos que influyen en su aplicabilidad en la industria alimentaria (Ayala y Torres, 2023). La variabilidad en aspectos como la composición nutricional, la textura, el sabor, la capacidad de absorción de agua, entre otros, puede determinar la idoneidad de estas harinas para diversas aplicaciones alimentarias (Yu et al., 2021). La falta de evaluaciones sistemáticas y comparativas de estos atributos de calidad como color, sabor, textura y valor nutricional (Adejumo. B. A et al., 2013), limita el conocimiento necesario para tomar decisiones informadas en la selección y formulación de productos alimenticios que incorporan harina de ñame. Este vacío en la investigación impide aprovechar todo el potencial de estas variedades de ñame, y puede obstaculizar el desarrollo de productos innovadores y de alta calidad.

La necesidad de abordar este vacío de conocimiento y establecer los fundamentos que orienten la toma de decisiones en la elaboración de productos alimenticios emerge como la motivación central que impulsa la realización de esta investigación (Poudel et al., 2023). Por lo tanto, el presente estudio busca abordar este vacío en la literatura científica, proponiendo una evaluación de los atributos de calidad de las harinas de ñame criollo sometidas a diferentes temperaturas de escaldado, con el objetivo de proporcionar información valiosa para la industria alimentaria (Jiang et al., 2023).

## 2.1 Pregunta de investigación

¿Cómo influyen las temperaturas de escaldado en las propiedades, bromatológicas, colorimétricas, tecnofuncionales y de empastamiento de la harina de ñame criollo para su uso en la industria alimentaria?

### 3. JUSTIFICACIÓN

La industria alimentaria se encuentra en un constante desafío para satisfacer las demandas cambiantes de los consumidores, quienes no solo buscan productos nutritivos, sino también aquellos que ofrezcan atributos de calidad que cumplan con sus expectativas en términos de sabor, textura y otras características organolépticas (George et al., 2020). En este contexto, la propuesta de investigación sobre los efectos de las temperaturas de escaldado sobre las propiedades bromatológicas, colorimétricas, tecnofuncionales y de empastamiento de la harina de ñame para uso en la industria alimentaria como una contribución pertinente y valiosa para la industria alimentaria contemporánea.

La primera motivación para esta investigación se deriva de la creciente demanda de la industria alimentaria de encontrar ingredientes que no solo satisfagan los requisitos nutricionales, sino que también proporcionen atributos de calidad que se alineen con las preferencias del mercado y las opciones saludables de los consumidores (Oliveira et al., 2021). La investigación se posiciona estratégicamente para abordar este desafío. El proyecto adquiere relevancia adicional al considerar el impacto del proceso de escaldado al aplicar temperaturas de 40°C, 50°C y 60°C en las propiedades bromatológicas, colorimétricas, tecnofuncionales y de empastamiento de la harina de ñame criollo proporcionando información valiosa sobre cómo los métodos de procesamiento pueden afectar la calidad final de los productos alimenticios. Este enfoque práctico no solo contribuirá a la comprensión de las propiedades físicas y tecnológicas de las harinas de ñame, sino que también permitirá ajustar procesos industriales para mejorar la calidad de los productos finales (Shao et al., 2020).

La utilidad práctica de los resultados obtenidos en este estudio se reflejará en su capacidad para orientar la formulación de productos alimenticios que incorporan harinas de

ñame, ofreciendo a la industria alimentaria opciones más adaptadas a las necesidades del consumidor (Ortega-Toro et al., 2021). Al comprender cómo la temperatura de escaldado afecta las propiedades de la harina evaluada. La investigación proporcionará directrices prácticas para la mejora de formulaciones. Además, la investigación puede impulsar la innovación en la creación de nuevos productos alimenticios que aprovechen las propiedades únicas del ñame. Esto no solo beneficia a la industria alimentaria en términos de desarrollo de productos, sino que también contribuiría a la diversificación y expansión del mercado de productos basados en ñame (Chen et al., 2017).

Otro aspecto importante para considerar es el impacto económico y social de la investigación. La producción y comercialización de productos alimenticios a base de ñame podrían convertirse en una fuente de ingresos significativa para agricultores y comunidades locales dedicadas al cultivo de este tubérculo (Wang et al., 2020). Al entender cómo la aplicación de estos procesos térmicos afecta la calidad de las harinas y, por ende, la formulación de productos, se abre la puerta a oportunidades de mercado más amplias y rentables. Esto no solo beneficia a los productores, sino que también contribuye al desarrollo sostenible de las comunidades agrícolas (Feng et al., 2020). Los resultados de este estudio no solo ayudarán al conocimiento científico en el campo, sino que también tendrán aplicaciones prácticas directas en la formulación y desarrollo de productos alimenticios, brindando a la industria opciones más informadas y adaptadas a las demandas del mercado y las preferencias del consumidor.

## 4. OBJETIVOS

### 4.1. Objetivo general

- Evaluar los efectos de las temperaturas de escaldado en las propiedades bromatológicas, colorimétricas, tecnofuncionales y de empastamiento de la harina de ñame criollo (*Dioscorea alata L.*) para su uso en la industria alimentaria.

### 4.2. Objetivos específicos

- Determinar las características bromatológicas de la harina de ñame criollo a las diferentes temperaturas de escaldado.
- Analizar cómo influyen las diferentes temperaturas de escaldado sobre las propiedades colorimétricas y tecno-funcionales de la harina de ñame criollo.
- Caracterizar las propiedades de empastamiento de la harina de ñame criollo a diferentes temperaturas de escaldado.

## 5. REVISIÓN LITERARIA

### 5.1 Marco teórico

#### 5.1.1 Características del ñame

El ñame, perteneciente al género *Dioscorea*, destaca como un tubérculo comestible de alto valor nutritivo. Originaria de África, esta planta trepadora se encuentra en los trópicos, abarcando regiones como el sur de Asia, Oceanía, Centroamérica, las Antillas y, en particular, en países del Caribe como Colombia. Su versatilidad y usos alimenticios permite su consumo de diversas maneras: al vapor, cocido, frito, al horno, asado o como ingrediente principal en postres (Hurtado y Bustamante, 2017). El género *Dioscorea* agrupa aproximadamente 600 especies, siendo solo 12 de ellas comestibles. Destacan especies como la *Dioscorea alata* (ñame blanco, amarillo y negro), *D. rotundata* (ñame portugués), *Dioscorea cayenensis* (ñame amarillo) y *Dioscorea trifida* (Yampí o ñame mapuey)(Waizel, 2009). Los orígenes de estas especies abarcan Asia, África y América Tropical, siendo clave mencionar cuatro centros de origen del ñame: la península indochina, el sur de China, África occidental y el Caribe (Reina et al., 2021).

Nutricionalmente el ñame se destaca como una buena fuente de carbohidratos, así como de sales minerales como calcio, hierro y fósforo. Diferentes especies contienen niveles específicos de vitaminas A, C, B1 (tiamina) y B5, siendo estas últimas fundamentales para el crecimiento infantil y el sistema inmunológico. Además, el ñame presenta riboflavina, niacina, ácido ascórbico, piridoxina y carotenos. Sus tubérculos contienen la mayor parte de los aminoácidos esenciales, como arginina, leucina, isoleucina y valina, con presencia menor de histidina, triptófano y metionina. Cabe destacar su bajo contenido graso, actuando como estimulante del apetito y depurador eficaz de la sangre (Holguín et al., 2011).



Tabla 1

*Composición química de distintas variedades de ñame*

Estadísticos (BH)	Ecuatoriano (Dioscórea Villosa)	Bolañero (Colocasia esculenta)	Pico de botella (Dioscórea alata L)	Diamante 22 (Dioscórea spp)
Humedad (%)	8,66 ± 0,05 <sup>a</sup>	9,75 ± 0,07 <sup>b</sup>	10,22 ± 0,04 <sup>c</sup>	10,09 ± 0,11 <sup>c</sup>
Proteína (%)	0,13 ± 0,01 <sup>b</sup>	0,10 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,49 ± 0,01 <sup>d</sup>	0,28 ± 0,01 <sup>c</sup>
Grasa (%)	0,06 ± 0,01 <sup>b</sup>	0,00 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,06 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,00 ± 0,00 <sup>a</sup>
Cenizas (%)	0,45 ± 0,03 <sup>a</sup>	0,39 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,69 ± 0,04 <sup>b</sup>	0,36 ± 0,06 <sup>a</sup>
Carbohidratos (%)	90,7	89,76	88,54	89,27
Energía (kcal)	363,86	359,44	356,66	358,2

Fuente: Alvis et al. (2008)

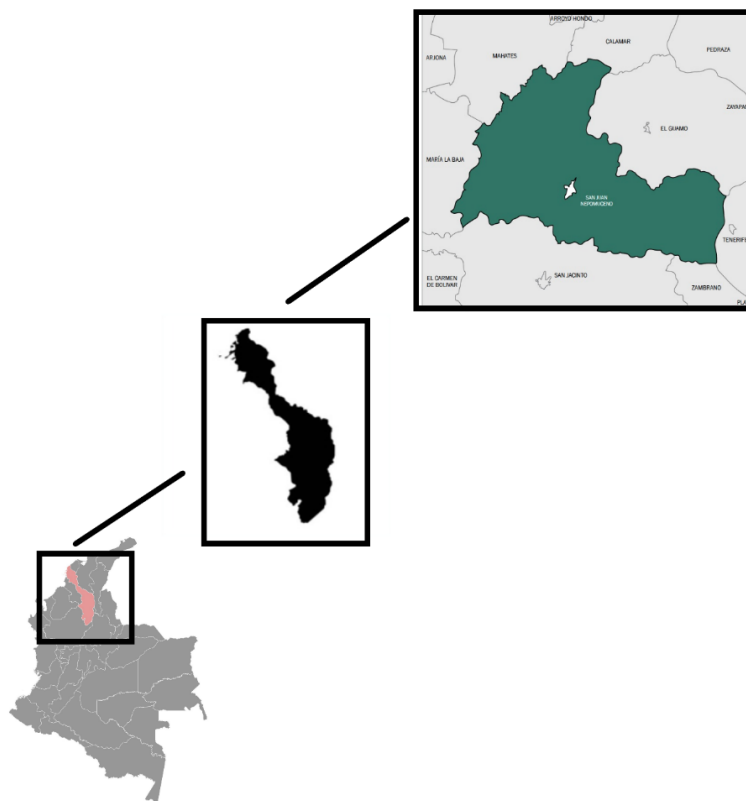
## 5.1.2 Producción de ñame en Colombia

En Colombia, la producción de ñame se centra en la región Caribe (Sánchez López et al., 2020), representando el 92,31% del total nacional en 2019. En ese año, la región reportó una siembra de 35.125 hectáreas, con una producción de 376.165 toneladas. Los rendimientos de campo evolucionaron de 10,52 t/ha a 12,21 t/ha entre 2007 y 2019, con un aumento del 15%. Bolívar destaca como el mayor productor de la región, seguido de Córdoba y Sucre. En 2019, la producción total de la región fue de 383.787 toneladas, siendo Bolívar el principal contribuyente con un 36%, seguido de Córdoba (33%) y Sucre (18%) (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2019) Los municipios líderes en producción incluyen El Carmen de Bolívar, Chinú, Ovejas y Repelón. En Bolívar, los principales municipios productores son El Carmen de Bolívar, San Juan Nepomuceno y San Jacinto (Plan departamental de extensión agropecuaria, 2019) En Córdoba, destacan Chinú, Loricá, Montería, Moñitos, Ciénaga de Oro, Sahagún, San Antero y San Andrés de Sotavento (Reina A, 2012) . En Sucre, sobresalen Ovejas, Palmitos, Corozal, Sampedú, Tolúviejo, Morroa y Chalán (Reina A, 2012). En Atlántico, la producción se concentra principalmente en Repelón y Piojó (Reina A, 2012). En La Guajira, Dibulla, San Juan del Cesar y

Riohacha son los principales municipios productores(Reina A, 2012). En Cesar, El Copey es el municipio destacado con una producción de 4.200 toneladas(Reina A, 2012). Esta concentración de la producción de ñame en la región Caribe refleja la importancia de este cultivo tanto para la seguridad alimentaria como para las actividades económicas de las comunidades locales. Bolívar emerge como líder en la producción, destacando la relevancia de este tubérculo en la economía agrícola de la región.

### Figura 1

*Distribución geográfica de la producción de ñame en la Región Caribe*



### 5.1.3 Productos derivados del ñame

El ñame se utiliza para producir diversos productos derivados, como harinas, almidones, ñame chips. Estos productos amplían la versatilidad del ñame en la industria alimentaria y permiten su incorporación en diferentes tipos de productos. El valor agregado al ñame abre un abanico de oportunidades para la agroindustria. La transformación del ñame en productos como harinas, fideos, snacks, purés y bebidas permite diversificar la oferta de productos alimenticios, aumentar el valor comercial del tubérculo y generar empleos en el sector rural (Li et al., 2023).

### 5.1.4 Importancia de la harina de ñame

La harina de ñame ha surgido como una alternativa para diversificar el uso de tubérculos y raíces tropicales, mejorando cualidades nutricionales y funcionales en aplicaciones alimentarias. Su uso en productos horneados, pastas y otros, podría ser una alternativa para mejorar la textura, reducir la retrogradación del almidón y disminuir el impacto glicémico de los productos finales (Ye et al., 2024).

### 5.1.5 Qué es el escaldado, definición e importancia en la obtención de harinas

El escaldado es un tratamiento térmico rápido, que se realiza previamente a un alimento, con el propósito de inactivar enzimas, modificar textura, resaltar color, sabor y valor nutricional. El medio utilizado a nivel industrial es el agua caliente o vapor de agua (Harijono et al., 2013). Este procedimiento tiene como objetivo principal inactivar enzimas específicas presentes en el ñame, tales como las polifenol-oxidasas y las peroxidasas, las cuales pueden causar oscurecimiento y deterioro del producto final debido a la oxidación de compuestos fenólicos y polifenoles. El escaldado se realiza antes del proceso de secado y molienda del ñame para obtener harina. Este tratamiento térmico previo es esencial para mantener la calidad y estabilidad

de la harina de ñame, ya que evita la degradación enzimática y preserva el color, sabor y valor nutricional del producto(Xiao et al., 2017). Además, el escaldado contribuye a reducir la carga microbiana en el ñame, lo que ayuda a prolongar su vida útil y garantizar la inocuidad del producto final (Ayo-Omogie, Jolayemi & Chinma, 2021). El escaldado es una operación unitaria en el procesamiento de harina de ñame, en estas harinas tiene un importante efecto sobre las características pastosas de las harinas reconstituídas. Además de disminuir la viscosidad máxima, la fuerza de sujeción y la final, viscosidad, retroceso y elasticidad, no presentar efecto sobre la adhesividad, suavidad y cohesividad de la masa (Adejumo et al., 2013), el escaldado también influye en la remoción de aromas y sabores indeseables, la fijación del color (Zambrano et al., 2008) y elimina el aire atrapado(Harijono et al., 2013).

#### 5.1.6 Propiedades físicas de las Harinas

La harina de ñame presenta propiedades tecnofuncionales que son vitales para su utilización en la industria alimentaria. Estas se caracterizan porque tienen la capacidad de formar geles, los cuales son importantes en el proceso de elaboración de salsas, rellenos y espesantes, y la habilidad para retener agua y aceite, lo cual es fundamental para determinar la consistencia, humedad, textura, sabor y vida útil de los productos finales. Por otro lado, las propiedades reológicas que posee la harina de ñame permiten entender su comportamiento cuando es sometida a distintos métodos de manipulación. La viscosidad, elasticidad y plasticidad son determinantes en la elaboración de productos horneados, frituras y otras preparaciones donde se requiere controlar la consistencia y textura de la masa (Asranudin et al., 2021), durante el proceso de escaldado las harinas sufren cambios en el color, es por esto que la escala CIELab se emplea como método para evaluar los cambios de color que sufren las harinas antes y después de los métodos de escaldado que se le aplique, un proceso que puede alterar su apariencia y

características sensoriales. Finalmente, las propiedades morfológicas de las partículas de harina, tanto escaldada como sin escaldar, influyen en la textura y la apariencia de los productos finales. La forma y estructura de las partículas pueden afectar la capacidad de retención de agua, la dispersión en las mezclas y la formación de geles, lo que afecta directamente la calidad y la propiedad sensorial de los productos alimenticios elaborados con harina de ñame (Célia et al., 2024).

### 5.1.7 Determinación de las curvas de empastamiento

Los cambios en el almidón durante el calentamiento en exceso de agua pueden ser observados empleando un viscoamilógrafo (Pongsawatmanit et al., 2002; Rodríguez Sandoval et al., 2006) (Salas C, 2018). En este trabajo se utilizó un viscoamilógrafo rva serie No. 4 (Newport Scientific, Warriewood, Australia), y se preparó una suspensión de almidón o harina en agua destilada con una concentración del 10% (p/p) exponiéndose a calentamiento y enfriamiento. La suspensión se calentó hasta 90°C y se sostuvo a esa temperatura por un período de 5 min; posteriormente se enfrió hasta 50°C y se mantuvo a esa temperatura por 5 min. La velocidad de calentamiento y enfriamiento fue de 1,6°C/min. Las pruebas se realizaron sin repeticiones. A partir de la curva de viscosidad vs tiempo/temperatura que se genera, se determinó (Hurtado, 1997) (Aguirre & Castaño, 2016).

- Temperatura de inicio de la gelatinización (T gel): Es la temperatura a la que se inicia el aumento en la viscosidad de la suspensión.

- Viscosidad máxima (Vmax): Es la máxima viscosidad alcanzada por la suspensión después de la cual la viscosidad empieza a descender.

- Facilidad de cocción (F. Cocción): Es el tiempo que tarda la suspensión en alcanzar la viscosidad máxima desde la temperatura de inicio de la gelatinización.

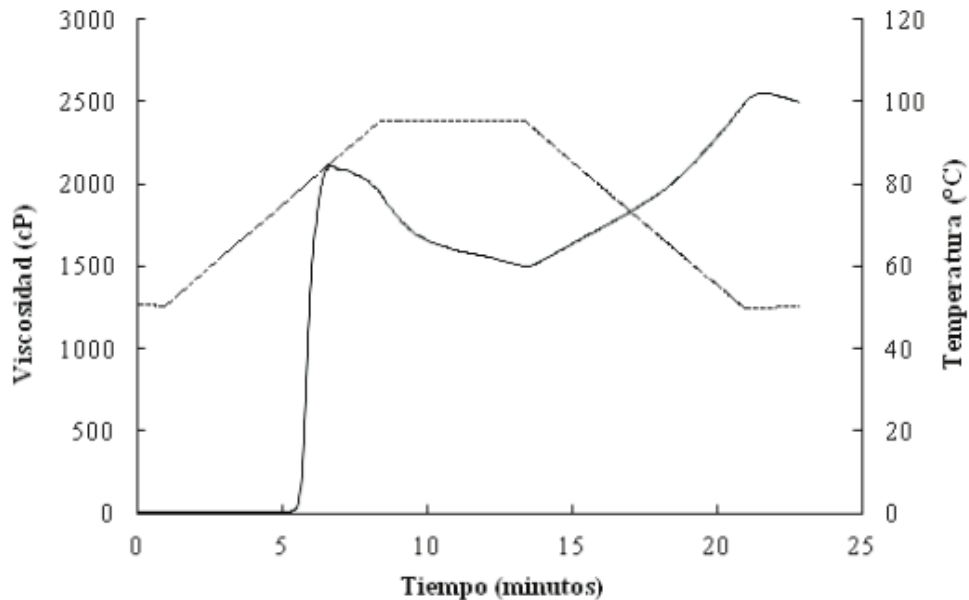
- Inestabilidad del gel (Inest. gel): Es la diferencia de viscosidad entre la viscosidad máxima y la viscosidad después de 5 min. a 90°C.
- Índice de gelificación (Ind. gel.): Es la diferencia entre la viscosidad a 50°C y la viscosidad después de 5 min. a 90°C (Rodríguez et al.,2006).
- Breakdown o estabilidad ( $\eta_p - \eta_{\min}$ ): Esta relacionado con la habilidad de la muestra para resistir el calentamiento y el esfuerzo de cillaza(Correa, 2012)
- Setback o asentamiento ( $(\eta_f - \eta_{\min})$ ): Se define como la diferencia entre la viscosidad final y la viscosidad mínima. Al enfriar la muestra se da una asociación de las molecular de almidón formando un gel por lo que esta zona de la curva se relaciona con la tendencia a retrogradar de la pasta(Falade & Omiwale, 2015).

#### 5.1.8 Perfil viscoamilográfico de la harina

En el perfil viscoamilográfico rápido (RVA) estudia el comportamiento de la harina frente a un ciclo de calentamiento/enfriamiento; este comportamiento se encuentra asociado a las características de gelatinización del almidón presente en ella. Las propiedades de empaste determinadas para la harina se encuentran influenciadas por la presencia de los otros componentes: proteína, pentosanos, cenizas y lípidos. La figura 2, se puede observar el perfil de una curva típica de empastamiento de almidón de maíz de RVA

**Figura 2**

*Curva típica de empastamiento almidón nativo de ñame*



Nota: Como se observa en la figura 2, durante la fase de calentamiento, se registra un aumento de la viscosidad a medida que el gránulo empieza a hincharse en ese punto, los polímeros de bajo peso molecular, especialmente la amilosa, generan el proceso de lixiviación de los gránulos. La viscosidad pico se logra durante la formación de la pasta, en este punto hay una gran cantidad de gránulos hinchados intactos y no se ha presentado la alineación de los polímeros solubilizados dentro del campo del corte del viscoamilógrafo. La etapa de retención que va de 90 a 95°C se empieza a romper los gránulos, sigue el proceso de solubilización de los polímeros y el alineamiento molecular, registrándose una caída en la viscosidad. Posteriormente en el enfriamiento la amilosa y la amilopectina solubilizada inician el proceso de reasociarse, registrándose otro aumento en la viscosidad (Salcedo et al., 2017).

La viscosidad de pico, la temperatura de empaste y el asentamiento determinados con el RVA pueden utilizarse como predictores del endurecimiento que presentará el pan durante el almacenamiento. Estos parámetros están relacionados con el contenido de amilosa del gránulo de almidón, polisacárido involucrado en la etapa inicial de la retrogradación. Una mayor liberación de amilosa durante la gelatinización conduce a una viscosidad final alcanzada también dependerá de la cantidad y características de la amilosa exudada (Correa et al., 2012).

## 5.2 Antecedentes

Kimbonguila et al., (2019) evaluaron los efectos del tratamiento físico sobre las propiedades fisicoquímicas, reológicas y funcionales de la harina de ñame del cultivar “NGUMVU” de *Dioscorea Alata* L. del Congo. Los ñames fueron lavados, pelados y rebanados, los tubérculos se dividieron en tres lotes, el primer lote se dejó como muestra patrón, el segundo se escaldó a 90°C por 1 min y el tercero fue precocido a 65°C por 30 min, posteriormente obtuvieron tres tipos de harinas a las que le realizaron análisis fisicoquímico, reológico y funcional. Los autores encontraron que el tratamiento de escaldado y precocido redujeron el nivel de ciertos parámetros como cenizas (3,17% a 2,81%), proteína (4,6% a 4,47%), fósforo (3525, 42 mg/kg a 3749 mg/kg) y calcio (24, 03 mg/kg a 16,05 mg/kg), pero que el contenido de hierro y agua aumentaron en las muestras de harina precocida, mientras que la fibra cruda, el magnesio y el hierro aumentaron en las muestras de harina escaldada. En cuanto a la viscosidad de corte después de 20 min de calentamiento fue 97°C y viscosidad max 6800 Pa.s y 10593, 33 Pa.s respectivamente, siendo esta alta en las muestras de harina escaldada en comparación con las muestra de harían precocida. En cuanto a las propiedades funcionales la capacidad de agua y el índice de solubilidad aumento en función del tratamiento, mientras que la capacidad de absorción de aceite disminuyo.



Salgado-Ordosgoitia et al., (2019) realizaron un análisis de las curvas de gelatinización de almidones nativos de tres especies de ñames: criollo, espino (*Dioscorea rotunda*) y diamante 22; el objetivo de la investigación era realizar un análisis de las curvas de gelatinización de los almidones nativos extraídos de las especies de ñame Criollo, Espino y Diamante 22, para comprender su comportamiento bajo diferentes escenarios de procesamiento, para esto hicieron un análisis de almidones por reología y un análisis rápido de almidón. Se obtuvieron resultados donde la temperatura de gelatinización fue mayor para las especies de ñame criollo y diamante 22, el ñame espino presentó mayor viscosidad, mientras que las especies de ñame criollo y diamante 22 presentaron mayor estabilidad y menor tendencia a la retro- degradación, lo que puede potencializar su uso en alimentos que requieran mantener un gel de consistencia estable a procesos de cocción y productos que necesitan enfriamiento durante su preparación.

Gunasekara et al., (2020) evaluaron la composición nutricional, las propiedades funcionales y la composición fisicoquímica de cuatro variedades seleccionadas de ñame subutilizadas en Sri Lanka; *Dioscorea Alata*, *Amorphophallus Campanulatus*, *Canna Indica*, y *Dioscorea Pentaphylla*. Encontraron que el contenido de humedad fue mayor en el *Dioscorea Alata* ( $7,75 \pm 0,09\%$ ) y el más bajo se registró en *Canna indica* ( $6,41 \pm 0,41\%$ ), las cinco variedades presentaron bajo contenido de grasas, siendo el más alto *Dioscorea Alata* ( $1,09 \pm 0,01\%$ ), el contenido proteína cruda fue del *Dioscorea Alata* y *Amorphophallus Camoanulatus* fue de  $4,28 \pm 0,13\%$  y  $5,70 \pm 0,11\%$  respectivamente, el contenido de ceniza más alto se presentó en *Amorphophallus Camoanulatus* ( $4,11 \pm 0,36\%$ ), las cinco variedades de harina presentaron un alto contenido de carbohidrato, siendo el más alto el de *Canna Indica* ( $85,28 \pm 0,96\%$ ), la capacidad

de retención de agua más alta se presentó en *Amorphophallus Camoanulatus* y el más bajo en la variedad *Dioscorea Pentaphylla*.

En el año 2022 Rodríguez-Lora et al., evaluaron el efecto de los pretratamientos (precocción e inmersión) y los métodos de secado (convencional y vacío) sobre los atributos de calidad de la harina de ñame fortificada *Dioscorea rotundata*. Las muestras fueron pretratadas de dos formas; las primeras muestras se calentaron a 75°C por 10 min (precocción) y la segunda fueron sometida a un proceso de inmersión utilizando una solución acuosa de monohidrato de ácido cítrico al 1% (p/v) durante 10 minutos, posterior a estos las muestras fueron sometidas a dos procesos de secado uno por conversión forzada y el otro por estufa al vacío. Los resultados mostraron que la temperatura de gelificación de la harina de ñame fortificada osciló entre 79,2 y 86, 0°C, la precocción afectó las propiedades de la pasta, evidenciados en la disminución de los valores de la viscosidad máxima y retrogradación.

Recientemente Lolge et al., (2022) desarrollaron una harina de ñame para evaluar las propiedades nutricionales, fisicoquímicas y funcionales. Para preparar la harina de ñame utilizaron un secador de gabinete. Los autores encontraron que la harina de ñame era una buena fuente de carbohidratos con un 83,8%, de fibra cruda con 2,04% y buena fuente de potasio 130,7 ± 0,03 mg/100g. La luminosidad  $L$  fue de  $76,35 \pm 0,015$ , el valor de  $a$  fue de  $4,73 \pm 0,01$  y el valor de  $b$  fue de  $12,16 \pm 0,015$ . La capacidad de absorción de aceite fue de  $125,0 \pm 1\%$  y el índice de hinchamiento fue de 2,8.

## 6. MATERIALES Y MÉTODOS

### 6.1 Localización y sitio de trabajo

La fase experimental de esta investigación se realizó en los laboratorios de Ciencias de los Alimentos de la Escuela de Nutrición y Dietética de la Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad del Sinú sede Santillana, ubicados en la avenida transversal 54 No. 30 453, Cartagena (Bolívar, Colombia). Se realizaron ensayos en los laboratorios de investigaciones del grupo IDAA de la Facultad de Ingeniería, Universidad de Cartagena sede Piedra de Bolívar, ubicados en la Avenida el Consulado, Calle 30 No. 48-152. Cartagena (Bolívar-Colombia). Otros experimentos complementarios se realizaron en el Instituto de Ciencia y Tecnología Alimentaria (INTAL), ubicado en la carrera 50g #12 SUR-91, San Fernando, Itagüí, Medellín (Antioquia, Colombia). Además, se utilizó en el laboratorio de Farinología del Departamento de Ingeniería Agrícola y Alimentos de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional, ubicada en la carrera 65# 59A-110 Bloque 52-108, Medellín (Antioquia, Colombia).

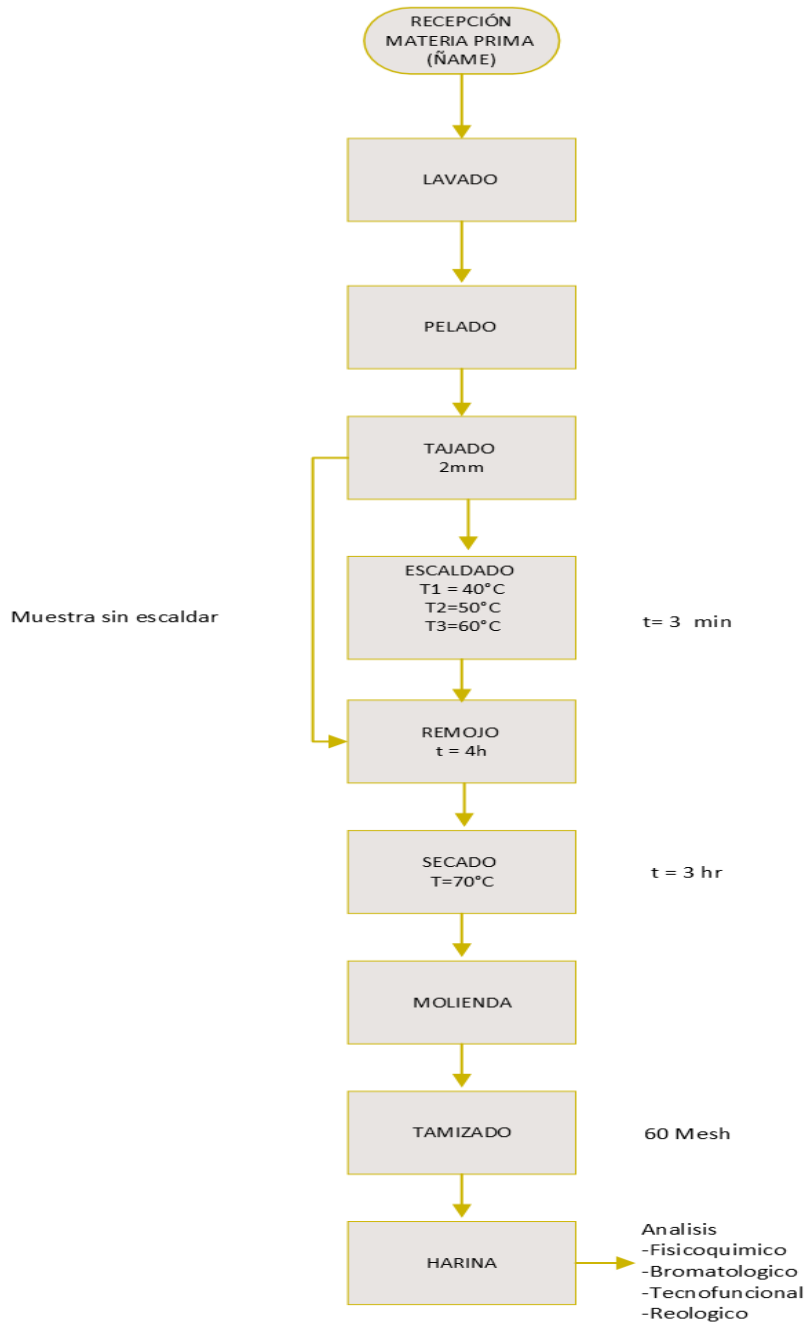
### 6.2 Obtención de las harinas de ñame

Se emplearon tubérculos frescos de ñame criollo, en buen estado (sin podredumbre ni descomposición), en San Juan Nepomuceno, este municipio hace parte de la subregión Montes de María. Los cuales fueron lavados en agua potable a temperatura ambiente, pelados y cortados en rodajas de 2 mm. Luego, el material fue pretratado de la siguiente forma: se realizó un escaldado utilizando tres temperaturas (40, 50, y 60 °C) durante 3 minutos y un tiempo de remojo de 4 horas. Donde T1 corresponde a tratamiento 1 a 40°C, T2 corresponde a tratamiento 2 a 50°C, T3 corresponde a tratamiento 3 a 60°C y T4 corresponde muestras sin escaldar. Posteriormente, el material pretratado se secó al horno a 70 °C durante 3 horas, luego, se molió

en un molino marca corona, tamizado con un tamiz de 60 Mesh como lo realizaron Rodríguez-Lora et al., (2022) con modificaciones y empacadas en bolsas metalizadas de cierre hermético debidamente identificadas para su análisis. Las muestras no pretratadas (harina nativa) fueron usadas como muestra control.

**Figura 3**

*Diagrama de flujo del proceso de obtención de la harina de ñame*



### 6.3 Análisis proximal y micronutrientes de las harinas de ñame

Los análisis proximales se realizaron a las muestras de harinas siguiendo los métodos de la AOAC (2012) para tubérculos, harinas y derivados: Humedad por secado en horno convectivo hasta peso constante a 105°C (Método, 925.09). Grasa por extracción con éter de petróleo en el equipo Soxhlet (Método, 945.38). Proteínas por digestión ácida con el método Kjeldahl utilizando un factor de conversión de nitrógeno N x 6.25 (Método 920.87). Cenizas por incineración total a 550°C (Método, 923.03). Fibra cruda por método químico-enzimático gravimétrico (Método 920.86). Una vez obtenidos estos porcentajes, la diferencia de 100 se utilizó para obtener el contenido de carbohidratos totales, como se muestra en la ecuación 1.

$$\text{Carbohidratos totales (\%)} = 100 - (\% \text{Humedad} + \% \text{Proteína} + \% \text{Grasa} + \% \text{Ceniza}) \quad (1)$$

$$\text{Calorías (kcal/100 g)} = (4 \times \% \text{ Proteína} + 4 \times \% \text{ Carbohidratos} + 9 \times \% \text{ Grasa}) \quad (2)$$

La cuantificación de los minerales (calcio y potasio) se realizó por espectrometría de absorción atómica (AAS Modelo SP9) con llama, según lo descrito por Maduka et al., 2019) (AOAC, 2005) y la cuantificación de vitamina C se realizó por cromatografía líquida acoplada a espectrometría (Castro Gómez et al., 2013).

### 6.4 Análisis colorimétrico

El color se determinó mediante medidas instrumentales con un colorímetro (Chroma Meter CR-400/410, Japón) utilizando la escala de color CIELAB con los parámetros L\* (luminosidad), a\* (rojo/verde) y b\* (amarillo/azul). Las mediciones se realizaron por triplicado

utilizando el Iluminante 065. El índice de blancura se calculó con la ecuación 1. (Jaramillo-Garcés et al., 2023).

$$IB = \sqrt{(100 - L)^2 + a^2 + b^2} \quad (3)$$

Para la determinación del índice de Solubilidad en agua (ISA), índice de absorción de agua (IAA) y poder de hinchamiento (PH), se utilizaron la metodología de Vicente et al. (2023) con algunas modificaciones. Se pesaron 2 g de cada muestra de harina de ñame ( $m_0$ ), en tubos de centrífuga de 50 mL y se añadieron 40 mL de agua destilada. La mezcla se agitó cuidadosamente con una varilla de vidrio y se calentó en un baño de agua a 90°C durante 10 min. Posteriormente se dejaron enfriar a temperatura ambiente, y se centrifugaron durante 10 min a 3000 g. Pasado este tiempo se separaron y se pesó el sobrenadante vertiéndose en cápsulas previamente taradas. Las cápsulas con el sobrenadante se dejaron en la estufa a 110°C durante 24 h para finalmente volver a pesar con el residuo seco del sobrenadante ( $m_{sd}$ ). También se pesó la fracción que quedó en el fondo de los tubos (harina hidratada) tras quitar el sobrenadante ( $m_{ss}$ ). Los índices de ISA, IAA y PH

se calcularon con las ecuaciones 4, 5, y 6.

$$ISA = \frac{m_{ss}}{m_0} = \left( \frac{\text{peso sedimento (g)}}{\text{peso muestra harina (g)}} \right) \quad (4)$$

$$IAA = \frac{m_{sd}}{m_0} = \left( \frac{\text{peso sobrenadante (g)}}{\text{peso muestra harina (g)}} \right) \times 100 \quad (5)$$

(6)

$$PH = \frac{m_{ss}}{m_0 - m_{sd}} = \left( \frac{\text{peso sedimento (g)}}{\text{peso muestra harina (g)} - \text{peso sobrenadante seco (g)}} \right) \times 100$$

### 6.5 Índice de absorción de agua (IAA)

El IAA se define como el peso de agua retenida por 1 g de material seco bajo una temperatura específica, tiempo de remojo y velocidad de centrifugación (Collar, Santos & Rosell, 2007). El IAA de las harinas se midió utilizando el método de centrifugación descrito por Mancebo et al., (2018) con algunas modificaciones. Las muestras (3 g) se dispersaron en 25 ml de agua destilada y se colocaron en tubos de centrífuga pesados previamente. Las dispersiones se agitaron y se dejaron a 25 °C durante 24 h, en condiciones de exceso de agua manteniendo una relación muestra-agua de 1:12. Después, se centrifugaron a 3000 rpm durante 15 min. Se calculó el IAA según la expresión:

$$IAA = \frac{(m_w - m_0) - (m_s - m_0)}{m_m} = \left( \frac{g \text{ agua}}{g \text{ sólidos se muestra harina}} \right) \quad (7)$$

Donde:  $m_0$  es el peso de los tubos vacíos,  $m_m$  es el peso de la muestra,  $m_w$  es el peso de los tubos con la muestra húmeda y  $m_s$  es el peso de los tubos con la muestra seca.



## 6.6 Índice de absorción de aceite (IAO)

El IAO se examinó basándose en el protocolo desarrollado por Kraithong et al., (2018). Las muestras (1 g) se mezclaron con 10 mL de aceite de girasol en un tubo de centrífuga de 50 mL, y se agitó. Las mezclas se centrifugaron a 3000 rpm durante 20 min. Posteriormente, se decantó el aceite sobrante mientras se pesaron los residuos (peso de aceite absorbido). Teniendo en cuenta que la densidad del aceite de girasol es 0,9205 g/mL el IAO de las harinas de ñame se expresó como g de aceite absorbido/g de muestra a 30 °C y se calculó con la ecuación 7.

$$IAO = \frac{m_{or}}{m_o} = \left( \frac{\text{peso aceite retenido (g)}}{\text{peso muestra harina (g)}} \right) \quad (8)$$

## 6.6 Propiedades de empastamiento

El comportamiento de pegado de las muestras de harina de ñame se determinó mediante el Micro-Visco-Amilógrafo Brabender® de acuerdo con el Método AACC 22-10 utilizado por Ali et al. (2022) con modificaciones. Se añadió agua destilada (110 mL) a 5 g de harina y la suspensión se calentó a 30 °C con agitación constante a 160 rpm durante 10 s. Posteriormente, la mezcla se mantuvo a 30 °C durante 1 min y luego se mantuvo a 95 °C durante 5 min (tiempo de retención/fuerza de pasta) y finalmente se enfrió a 45 °C durante 5 min. El rango de medición del torque fue de 300 cmg. Los parámetros que se midieron son: temperatura de pegado (PT, °C; temperatura a la que ocurre un aumento inicial de la viscosidad); viscosidad máxima "peak viscosity" (PV, Unidades Brabender, BU; viscosidad máxima de la pasta lograda durante el calentamiento), viscosidad de retroceso o "setback viscosity" (SB, BU; índice de aumento de

viscosidad durante el enfriamiento) y viscosidad final o "final viscosity" (FV, BU; viscosidad de la pasta al final del enfriamiento).

### 6.7 Análisis estadístico

Los resultados de las propiedades de la harina de ñame criollo se compararon utilizando un diseño de un solo factor. Todos los tratamientos se hicieron por triplicado. El análisis de varianza se llevó a cabo mediante el uso del software R (R Core Team, 2020). Se calcularon la media y la desviación estándar de todos los resultados obtenidos. Para el análisis de los datos, se aplicó un análisis de varianza ANOVA, donde hubo diferencia significativa se aplicó una prueba de Tukey. Se estableció un nivel de significancia de  $p < 0,05$

## 7. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 7. 1. Análisis bromatológico

En la tabla 2, la variación en la cantidad de fibra cruda oscila entre 1.4 y 2.3 %. Los datos reportados en esta investigación están dentro de los valores reportados por (Oyeyinka et al., 2018), quienes obtuvieron valores de fibra cruda de 1.97 % en harinas de ñame amargo variedad blanca; al igual que el valor obtenido por (Gunasekara et al., 2020) quienes presentaron valores de 1,90% para harinas de ñame criollo. Se destaca T3 sometida a escaldado a 60 °C presenta la mayor cantidad de fibra cruda significativamente a los demás tratamientos, los resultados presentados por Desalegn Melese & Olike Keyata (2022) respaldan esta observación al indicar que el escaldado tiene el potencial de aumentar el contenido de fibra. Este fenómeno podría explicarse por la pérdida de componentes solubles durante la aplicación de agua caliente, lo que contribuye al incremento en el porcentaje de fibra cruda. Este aumento después del escaldado también ha sido corroborado por Jangchud et al., (2003), quienes señalan un incremento

significativo en el contenido de fibra cruda en las harinas escaldadas. Este fenómeno no es exclusivo de la variedad ñame criollo, ya que estos, según Fashina et al., (2017), son generalmente bajos en fibras. Sin embargo, es importante destacar que los métodos de pretratamiento, como el escaldado, pueden contrarrestar esta característica al aumentar el contenido de fibra, como lo respalda el trabajo de Desalegn Melese & Olike Keyata, (2022).

**Tabla 2**

*Composición Proximal de harinas de ñame Criollo (g/100g)*

Muestra	Tratamiento	Azúcares Totales	Proteína Cruda	Grasa	Fibra Cruda	Humedad	Ceniza	Carbohidratos Totales
T1	40°C	1,41±0,07 <sup>c</sup>	4,40±0,05 <sub>c</sub>	0,59±0,029 <sup>a</sup>	1,40±0,1 <sub>b</sub>	10,88±0,54 <sup>a</sup>	0,56±0,05 <sup>b</sup>	83,57±0,67 <sup>a</sup>
T2	50°C	2,70±0,08 <sup>b</sup>	4,80±0,03 <sub>b</sub>	0,50±0,025 <sup>a</sup>	1,50±0,1 <sub>b</sub>	9,67±0,48 <sup>b</sup>	0,68±0,49 <sup>b</sup>	84,34±1,02 <sup>a</sup>
T3	60°C	1,61±0,06 <sup>c</sup>	5,00±0,15 <sub>b</sub>	0,50±0,025 <sup>a</sup>	2,30±0,2 <sup>a</sup>	11,15±0,55 <sup>a</sup>	1,86±0,12 <sup>a</sup>	81,49±0,84 <sup>a</sup>
T4	Sin escaldar	3,63±0,16 <sup>a</sup>	5,70±0,08 <sub>a</sub>	0,50±0,025 <sup>a</sup>	1,90±0,2 <sup>a</sup>	8,18±0,41 <sup>c</sup>	2,36±0,36 <sup>a</sup>	83,25±0,87 <sup>a</sup>

Nota: T: Tratamiento. La misma letra en la misma columna significa que no son significativamente diferentes, mientras que los valores de diferentes letras son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ).

El análisis del contenido de grasa en las muestras de harina de ñame criollo revela un porcentaje que no supera el 0.59%. Este fenómeno podría estar relacionado con el proceso de escaldado de los tubérculos, como lo sugieren Desalegn Melese & Olike Keyata, (2022) que dicho proceso podría llevar a la oxidación, reduciendo así la cantidad de grasa presente. Sin embargo, la perspectiva de Adejumo et al., (2013) difiere, ya que afirman que la temperatura de

escaldado no influye de manera significativa en el contenido final de grasa de la harina de ñame, esto se evidencia en el resultado obtenidos por Gunasekara et al., (2020), quienes obtuvieron valores de grasas de 1.09% en harina de ñame criollo sin escaldar, mayores a los obtenidos en esta investigación. Por otro lado, investigaciones como las realizadas por Gebremeskel et al. (2015), respaldan la idea de que los métodos de escaldado están asociados con una disminución en el contenido de grasas. En la misma línea, algunos estudios han indicado que la harina de ñame suele tener un bajo contenido de grasa, ya que el propio tubérculo no es considerado una fuente rica en grasas (Harijono et al., 2013). Según lo reportado por Ezeocha V & Ojimekwe P, (2012), se ha observado que los tiempos prolongados de cocción resultan en una alta pérdida del contenido de grasa. Este bajo contenido de grasa mejora la vida útil de la harina, reduciendo la probabilidad de desarrollo de rancidez. El contenido de proteína se observa en la tabla 2, las muestras sometidas a escaldado presentan valores más bajos significativamente en comparación con la no escaldada. Sin embargo, a medida que aumenta la temperatura de escaldado, no hay diferencias significativas entre los tratamientos, como se puede observar en T1, T2, T3, aunque no llega a superar la cantidad de proteína en T4 sin escaldar, Oyeyinka et al., (2023) reportaron un valor similar al obtenido en T4 de 5.67% en muestra de harina blanca de ñame amargo. Es importante resaltar el valor obtenido por Gunasekara et al., (2020), quienes presentaron un valor de 4.28% en una muestra de ñame criollo sin escaldar, estando este valor dentro del rango de los valores obtenidos en T1 y T2. Las variaciones en el contenido de proteínas podrían atribuirse a la desnaturalización o cambios en la solubilidad durante el proceso de escaldado y calentamiento, lo que podría haber provocado la lixiviación de proteínas en el agua (Desalegn Melese & Olika Keyata, 2022). Este fenómeno es respaldado por la investigación de Harijono et al., (2013), quienes indicaron que el tratamiento de escaldado afecta el contenido de proteínas, obteniendo

un menor contenido de proteína en la harina escaldada en comparación con la no escaldada. Esto indica que el contenido de proteínas en la harina de ñame puede ser afectado por los parámetros de procesamiento. (Adejumo et al., 2013). Aunque los tubérculos naturalmente tienen un bajo contenido de proteínas (Alam et al., 2016), los métodos de escaldado causan pérdidas de nutrientes, incluyendo las proteínas.

Adejumo et al., (2013), mencionan que la harina de ñame remojada y escaldada tiene el contenido más alto de azúcares totales, estos resultados son contrario a los mostrados en la tabla 2. Donde se observa que la muestra control T4, sin escaldar obtuvo un valor mayor con diferencias significativas a los tratamientos con escaldado, esto puede ser debido a que durante el escaldado algunos carbohidratos son lixiviados en el agua de escaldado. En cuanto a la humedad el valor más alto se presentó en el T3, fue de 11,15% y el más bajo fue de 8,18% para el T4, Este último valor coincide con el valor reportado por Pupo (2020) para harinas de ñame criollo de 8,42 en cuanto a su composición química. El contenido de humedad, de una muestra permite determinar las condiciones de almacenamiento de la harina, el presentar valores significativos de humedad, permite inferir que la harina tendrá un comportamiento estable durante el almacenamiento (Asiyanbi-Hammed & Simsek 2018). Es necesario resaltar que los valores presentes en esta investigación de acuerdo con lo reportado por Asiyanbi-Hammed & Simsek (2018), son superiores, en comparación a los reportados por el autor de 5.7%, siendo este valor inferior, lo que le permitirá a la harina de ñame sin fermentar, tener un buen comportamiento durante el almacenamiento. En la tabla 2 se evidencia un alto contenido de cenizas en el T4 de 2,36% y un menor contenido en el T1 siendo este 0,56%. Los T1 y T2, no presentaron diferencia significativa entre ellos presentando valores de 0,56% y 0,68% respectivamente, esta situación también se presentó entre los T3 y T4 con valores de 1,86% y 2,36% respectivamente. Los

valores reportados en esta investigación coinciden con los obtenidos por Yalindua et al., (2021), quienes presentaron valores de ceniza de 2,25% y con los reportados por Asiyambi-Hammed & Simsek (2018) para harina de ñame sin fermentar de 2,21%. El contenido de ceniza es un reflejo de la presencia de este mineral (Asiyambi-Hammed & Simsek 2018), aunque la contaminación puede indicar alta concentración en una muestra (Gunasekara et al., 2020).

Los carbohidratos presentes en la harina de ñame no presentaron diferencia significativa entre ellos, el contenido de carbohidrato más alto se presentó en el T2, siendo este valor de 84,34, mientras que T3, presentó el contenido más bajo con un valor de 81,49. Estos valores fueron superiores en comparación a los reportado por Yalindua et al., (2021) ,quienes reportaron valores de carbohidratos de 73,41% para harina de ñame criollo, pero coinciden con los reportados por Gunasekara et al., (2020) para harinas de ñame criollo de 82,01%

## 7.2. Cuantificación de Calcio, Potasio y Vitamina C

En la tabla 3, encontramos los valores obtenidos en el análisis de los minerales calcio, potasio y vitamina C de acuerdo con las distintas temperaturas de escaldado que se le aplicaron a las harinas. Los minerales desempeñan un papel crucial en la nutrición debido a sus funciones fisiológicas metabólicas en el organismo humano. Por ejemplo, el calcio contribuye significativamente a la rigidez esquelética, ya que es necesario para el desarrollo óseo y dental (Kimbonguila et al., 2019).

**Tabla 3**

*Calcio, Potasio, Vitamina C en Harina de Ñame Criollo a distintas temperaturas de escaldado (mg/100g) azucares totales*

Muestra	Tratamiento	Calcio	Potasio	Vitamina C
T1	40°C	41,73± 0,02 <sup>d</sup>	1047,97±4.7 <sup>d</sup>	0,25± 593, 29
T2	50°C	44,31±0,01 <sup>c</sup>	1076,69±8,33 <sup>c</sup>	0,25± 609,16
T3	60°C	34,76±0,04 <sup>e</sup>	564,73±0,73 <sup>e</sup>	0,25± 316,41
T4	Sin escaldado	52,02±0.03 <sup>b</sup>	1907,97±5, 64 <sup>a</sup>	0,25± 1086,79

Nota: T: Tratamiento. La misma letra en la misma columna significa que no son significativamente diferentes, mientras que los valores de diferentes letras son significativamente diferentes. (P <0,05)

En relación con el contenido mineral de la harina de ñame criollo, se observa en cuanto al potasio, todos los tratamientos obtuvieron diferencias significativas, T4 presentó la mayor concentración, mientras el tratamiento T3, sometido a escaldado a 60°C tiene la menor concentración de potasio, lo que sugiere una posible lixiviación de minerales durante el proceso de escaldado, como señalan Kimbonguila et al., (2019). Los tratamientos T1, T2, y T4 superan el promedio reportado por Lebot et al., (2023), de 642 mg/100g. El ácido ascórbico (vitamina C) desempeña un papel crucial en la activación de las funciones celulares y actúa como un potente antioxidante (Mauro-Martín & Garicano-Vilar, 2015). Todos los tratamientos y el control tienen baja cantidad de vitamina C, el escaldado o el secado pudieron causar la disminución si se compara con el ñame fresco, como sugieren Jamiu Fadimu et al., (2018). Gunasekara et al., (2020) presentó valores de calcio inferiores a los reportados en esta investigación, siendo estos de 0,13% y valores de potasio similares a los reportados en esta investigación de 1102.3%. Es

importante señalar que los rangos para los diversos componentes nutricionales en el ñame tienden a variar por factores como la temporada, la ubicación y métodos analíticos, pero esto no deja de lado que el contenido químico y mineral es de suma importancia en las variedades usadas en las comunidades (Gunasekaran et al., 2020).

### 7.3. Parámetros de colorimetría en harina de ñame criollo

El color es fundamental para determinar la aceptación y calidad de una harina, en la tabla 4, se observa los resultados obtenidos en cuanto a los parámetros de colorimetría para la harina de ñame escaldada a diferentes temperaturas.

**Tabla 4**

*Parámetros colorimétricos de la harina de ñame*

Muestra	Tratamiento	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>B</i>	IB
T1	40°C	44,44±0,3 <sup>bc</sup>	0,86±0,04 <sup>c</sup>	6,01±0, 13 <sup>a</sup>	55,89±0, 37 <sup>a</sup>
T2	50°C	40,95±0,78 <sup>c</sup>	1,48±0,02 <sup>a</sup>	5,88±0,01 <sup>a</sup>	59,36±0,77 <sup>ab</sup>
T3	60°C	45,10±2,19 <sup>b</sup>	1,07±0,03 <sup>b</sup>	6,62±0,09 <sup>a</sup>	55,31±2,16 <sup>b</sup>
T4	Sin escaldar	58,48±1, 3 <sup>a</sup>	0,32±0,01 <sup>d</sup>	6,02±0, 39 <sup>a</sup>	41,96±1,25 <sup>c</sup>

Nota: L: luminosidad.:a Rojo (+) verde (-). b: Amarillo (+) Azul (-). IB: índice de blancura. La misma letra en la misma columna significa que no son significativamente diferentes, mientras que los valores de diferentes letras son significativamente diferentes. (P <0,05)



El color es un atributo primordial en la percepción del consumidor al evaluar las harinas obtenidas, influenciando la aceptación de la harina obtenidas de tubérculos (Domínguez-Zarate et al., 2019). El valor de  $L$  va negro a blanco tomando valores de (0-100),  $a$  representa los colores rojos (positivo) y verde (negativo) y  $b$  describe color amarillento (positivo) y azul (negativo) (Asiyanbi-Hammed & Simsek, 2018). En la tabla 4. Podemos observar los parámetros del color ( $L$ ,  $a$ ,  $b$ ) y el índice de blancura (IB), los valores de estos parámetros oscilan entre:  $L$  (40,95 – 58,48),  $a$  (0,32 – 1,48),  $b$  (5,88 – 6,62) y IB (41,96 – 59,36). Esto indica que la harina tiene una luminosidad media, (valores bajos de  $a$  positivos) y menos amarillo (valor bajo de  $b$  positivos), mientras que su índice de blancura es medio. T4 tiene la mayor luminosidad entre los tratamientos, en el parámetro  $a$  tiene el menor valor significativamente esto significa que la harina tiene menor tonalidad rojiza. Se observa que T3 obtiene el valor más alto de  $b$ , pero sin ser significativamente distintos a los demás tratamientos. Gunasekara et al., (2020), presentaron valores de  $L$  de 66,97, de  $a$  de 5.7 y de  $b$  de 5.93 para harina de ñame criollo, siendo los valores  $L$  y  $a$ , mayores a los obtenidos en esta investigación, mientras que los de  $b$  estarían dentro del rango obtenido en las muestras. Gunasekara et al., (2020), señalan que los valores altos  $b$ , indican que es más prominente el color amarillo en comparación con el color rojo. El índice de blancura (IB) representa la blancura general de los productos alimenticios e indica el grado de decoloración durante los tratamientos (Kimbonguila et al.,2019 Abiodun et al., 2017). Observamos que el escaldado aumentó el índice de blancura de todas las harinas, mientras el índice de blancura de T4 sin escaldar fue menor entre todos los tratamientos, mientras que T2 fue el de mayor valor, sin tener diferencias significativas entre los tratamientos con escaldado. Setyawan et al., (2021) obtuvieron resultados en muestras de harina de ñame *D. esculenta* y *D. bulbifera*, sometido a tratamientos previos de secado en hornos a 60 °C y escaldado a 70°C por

10 min, presentando valores IB 76.03 - 75.44 y 68.84- 70.45 respectivamente, siendo estos valores superiores a los obtenidos en esta investigación.

Es importante resaltar que el color de la harina se puede ver afectado por composición química, procesamientos previos a la molienda y parámetros de molienda (Asiyanbi-Hammed & Simsek, 2018).

#### 7.4. Propiedades funcionales de las Harinas de ñame Criollo

La tabla 5 muestra los resultados de las propiedades funcionales (ISA, IAA, PH y IAO), a diferentes temperaturas de escaldado y muestra patrón para harinas de ñame criollo.

**Tabla 5**

*Propiedades funcionales de harina de ñame criollo*

Nomenclatura		ISA	IAA	PH	IAO
Muestra	Tratamiento	(% bh)	(gH2O/g)	(ggel/g)	(gAceite/g)
T1	40 °C	5,31±0,17 <sup>c</sup>	2,06±0,08 <sup>b</sup>	3,23±0,08 <sup>b</sup>	0,85±0,023 <sup>ab</sup>
T2	50 °C	7,22±0,12 <sup>b</sup>	1,91±0,06 <sup>c</sup>	3,14±0,06 <sup>b</sup>	0,88±0,01 <sup>ab</sup>
T3	60 °C	5,41±0,05 <sup>c</sup>	2,33±0,04 <sup>a</sup>	3,53±0,04 <sup>a</sup>	0,92±0,04 <sup>a</sup>
T4	Sin Escaldar	10,86±0,03 <sup>a</sup>	1,64±0,04 <sup>d</sup>	2,96±0,05 <sup>c</sup>	0,84±0,01 <sup>b</sup>

Nota: ISA: Índice Solubilidad en Agua, IAA: Índice Absorción de Agua, PH: Poder de Hinchamiento, IAO: Índice Absorción de Aceite, T: Tratamiento. La misma letra en la misma columna significa que no son significativamente diferentes, mientras que los valores de diferentes letras son significativamente diferentes. ( $p < 0,05$ )

En la Tabla 5. Los resultados del Índice de Solubilidad en Agua (ISA) de las muestras varía dependiendo del tratamiento al que hayan sido sometidas. En primer lugar, T4 obteniendo

el mayor ISA con diferencia significativa en todos los tratamientos, lo que significa que tiene la mayor capacidad de disolverse en agua, con un valor del 10.86%. Esto puede deberse a que, al no ser sometida a ningún tratamiento térmico previo, la estructura del material no ha sido alterada y, por lo tanto, es más susceptible a la disolución en agua, esto es contrario a lo que menciona Kimbonguila et al., (2019) a quienes el escaldado le aumenta la solubilidad en agua. Por otro lado, T2 tiene un ISA menor a T4 de 7.22% obteniendo así una diferencia significativa a los otros tratamientos como T1 y T3, se ha observado que ISA disminuye con la aplicación de pretratamientos, siendo la muestra sin escaldar la de mayor índice. Las muestras de harina escaldadas presentaron solubilidades más bajas que las de la harina de ñame sin escaldar. En cuanto al índice de absorción de agua (IAA), T3 obtiene el mayor valor de 2.33, sin tener diferencias significativas con T4, mientras que la muestra sin escaldado presenta significativamente el menor valor de IAA, Según Akubor (2017), el escaldado y el secado mejoran la capacidad de absorción de agua. En este contexto, se observa un aumento en el Índice absorción de agua con el escaldado, donde todas las muestras escaldadas como lo son T1, T2 y T3 superaron el valor del patrón T4. Por otro lado Adejumo et al., (2013), analizaron harina de ñame *Elubo*, teniendo en cuenta variables de temperatura de escaldado y tiempos de remojo, donde pudo demostrar que la temperatura del agua del escaldado y tiempo de remojo tienen un efecto significativo sobre la capacidad de absorción de agua sobre la harina de ñame, Adejumo et al., (2013), también determinaron que las harinas de ñame con remojo de 12hr y temperaturas de 40, 50 y 60°C tienen el valor más bajo IAA, mientras que las muestras sin remojar y escaldar tienen el valor más alto, hasta de un 150%. La capacidad de absorción de agua es un indicador útil porque indica si las harinas pueden incorporarse en formulaciones de alimentos acuosos (ChadreFJ et al., 2010).

En el poder de hinchamiento (PH), T4, obtuvo el valor más bajo, 2.95 con diferencias significativas entre todas las muestras. Por otro lado, T3 obtuvo un valor de 3.53 siendo el valor más alto, T1 y T2 no presentan diferencias significativas entre sus valores. Sobre el poder de hinchamiento, Suriya et al., (2019) reportaron que las muestras escaldadas obtienen un valor menor, contradiciendo la tendencia observada en la tabla 5 de mayor poder de hinchamiento con el aumento de la temperatura del escaldado. Esta resistencia al hinchamiento podría relacionarse con la presencia de una mayor cantidad de áreas cristalinas grandes en el gránulo de almidón, como señala Reddy et al., (2014). por su parte Adejumo et al., (2013), encontraron que la temperatura del agua de escaldado y el tiempo de remojo tienen un efecto positivo ( $p \leq 0,05$ ) sobre la capacidad de hinchamiento de la harina de ñame *elubo*, señala que las muestras sin escaldar y remojar tuvieron la capacidad de hinchamiento más baja de 1,20%, coincidiendo con lo reportado en la T4 de esta investigación, pero señala que las muestras remojadas por 48hr a 60°C tuvieron el valor más alto de capacidad de hinchamiento 1,50%.

En cuanto al índice de absorción de aceite IAO, T3, obtuvo el valor más alto siendo significativamente diferente a T4, pero sin diferencias significativas con T1 y T2, el T4 presentó el valor más bajo del IAO, esto puede deberse a que las harinas obtenidas, sin un previo proceso de escaldado del ñame mantienen su estructura nativa, generando menos sitios disponibles para la absorción de aceites (Akubor, 2013). Este hallazgo es consistente con la afirmación de Wahab et al., (2016), quienes indican que el escaldado mejora las propiedades de IAA, PH y IAO. Se observa que, a mayor temperatura de escaldado, mejor es su índice de absorción de aceite. Esta capacidad es crucial, ya que contribuye a mejorar la sensación en la boca, la retención del sabor y facilita la unión de la estructura, según Suriya et al., (2016). Por otro lado, Gunasekara et al., (2020), evaluaron el IAO en muestras de ñame criollo, determinando que esta harina tuvo un

IAO significativo en comparación con las muestras de otras variedades de harinas de ñame analizadas, ocupó el cuarto lugar en orden descendiente.

### 7.5. Perfil Viscoamilográfico

La tabla 6, muestra los valores obtenidos para las harinas de ñame que fueron escaldadas a diferentes temperaturas y la harina sin escaldar, se observa la temperatura de empastamiento, la viscosidad Máxima y setback o asentamiento.

Tabla 6 Curvas de empastamiento y comportamiento de la viscosidad

Muestra	Temperatura de Empastamiento (°C)	Viscosidad de Max (BU)	Setback (Asentamiento) (BU)
T1	40 °C	91.9	43
T2	50°C	88.6	54
T3	60°C	93.7	34
T4	Sin escaldar	89.7	58

Los resultados de la tabla 6 muestra que T3 exhibe la temperatura de gelatinización más elevada, alcanzando los 93.7 °C. A esta le sigue la T1 con 91.9 °C, seguida por las T2 y T4 con temperaturas 89.7 y 88.6, respectivamente. Esta observación sugiere que el almidón presente en el T3 podría iniciar el proceso de absorción de agua, hinchamiento y gelificación a una temperatura más alta, requiriendo así un tiempo de cocción más extenso. En contraste, en el T2 parece iniciar estos procesos a una temperatura más baja, lo que implica un tiempo de cocción menor. Autores como Salgado-Ordosgoitia et al., (2019), obtuvieron valores de temperatura de gelatinización de 84,03°C para ñame criollo, estos autores señalan que la temperatura de

gelatinización es un indicador de orden intragranular del almidón, entendiendo que, a mayor temperatura de gelatinización, mayor es el grado de ordenamiento entre las macromoléculas presentes al interior del gránulo de almidón. Siendo así, la muestra analizada en esta investigación tiene un mayor orden intragranular, en especial el T3. Por otra parte, Oyeyinka et al., (2018) presentaron valores de temperatura de gelatinización de 83,05°C para ñame amargo blanco y 81,94 para ñame amargo amarillo, señalando que los almidones bajos en amilosa necesitan altas temperaturas de gelatinización, también señala que factores como la distribución de las cadenas de amilopectina, influye en la propiedad de fusión del almidón.

Esta variabilidad en el T3 puede atribuirse a diversos factores, como la relación amilosa/amilopectina, o tamaño del gránulo, como indican Salgado-Ordosgoitia et al., (2019). El T3 requiere la temperatura más elevada para iniciar el proceso de gelatinización o empastamiento, mientras que el T2 presentó una mayor predisposición a iniciar dicho proceso con menor tiempo de cocción. Los tratamientos previos como el escaldado redujeron las viscosidades pico. De acuerdo con Falade & Omiwale, (2015), este comportamiento podría presentarse, cuando la temperatura de cocción 100°C es mayor que la del escaldado 65°C, ocasionando que se presente algún grado de pregelatinización. Lo que generaría una mayor temperatura de empastamiento a las muestras escaldadas siendo la excepción el T2 con un escaldado a 50 °C.

La viscosidad máxima indica el nivel más alto de viscosidad que una muestra puede alcanzar durante el ciclo de calentamiento de 50 °C a 95 °C. Este punto representa el máximo hinchamiento del gránulo de almidón antes de su desintegración, y se considera el equilibrio entre el hinchamiento y la descomposición de los gránulos (Falade & Omiwale, 2015). Esta característica demuestra la capacidad de los gránulos de almidón para expandirse antes de su

desintegración física. En cuanto al comportamiento y la viscosidad, la muestra patrón tuvo la mayor viscosidad máxima de 58 BU. Le siguió el T2, que fue escaldado a 50 °C y tuvo una viscosidad máxima de 54 BU. Los T1 y T3 tuvieron viscosidades de 43 y 34 BU, respectivamente. El tratamiento previo de escaldado redujo significativamente las viscosidades pico de las muestras de harina (Falade & Omiwale, 2015). Las viscosidades pico de harinas de ñame escaldadas fueron menores que las del patrón. Durante la etapa de calentamiento, la viscosidad aumentó gradualmente hasta un valor máximo, y en todos los casos, la viscosidad también aumentó durante la etapa de enfriamiento. Este fenómeno puede atribuirse a la reorganización de las cadenas lineales durante la etapa de calentamiento. La viscosidad máxima es un parámetro crucial para discernir y determinar la calidad tanto de un almidón como, en este caso, de una harina de ñame (Van Hung & Morita, 2005). Por otro lado, Salcedo-Mendoza et al., (2018), obtuvieron valores de viscosidad máxima en almidones de ñame criollo a una temperatura de 50°C el valor máximo fue de 348 BU y el valor mínimo fue de 22BU, para la variedad de ñame 9403-001, como los clasifico el autor, y a una temperatura de 93°C, la viscosidad máxima mayor fue de 170 BU mientras que la menor de 9 BU, siendo estos valores mayores a los reportados en esta investigación. Es importante señalar que el valor del contenido de amilosa en un almidón es un factor determinante para la calidad de los alimentos terminados, puesto que valores altos de estos favorecen una mayor solubilidad, mayor viscosidad, mejor calidad del engrudo y mayor tendencia a la retrogradación de los geles (Solarte-Montúfar et al., 2019).

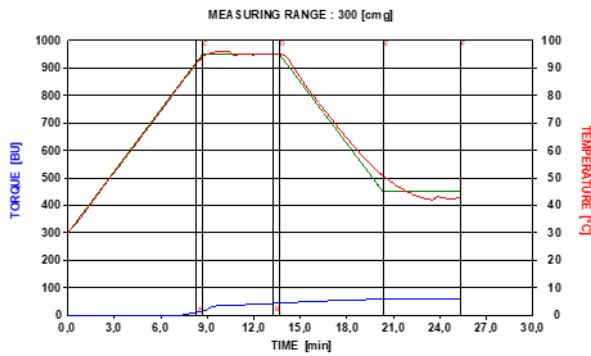
La viscosidad de retroceso, también conocida como setback, constituye un indicador crucial de la retrogradación de las moléculas de almidón lineal durante el proceso de

enfriamiento, tal como se detalla en la tabla 6. Los valores de setback exhiben un incremento progresivo en comparación con el patrón establecido, oscilando entre 11 y 15 Unidades Brabender (BU). Esta tendencia sugiere que una baja viscosidad de setback implica una mayor resistencia a la retrogradación, hallazgo respaldado por investigaciones previas (Wahab et al., 2016). En particular, los T4 y T2 manifiestan una notable predisposición a resistir la retrogradación, lo cual representa una ventaja significativa en la formulación de diversos productos, como sopas o salsas, dado que conservan su viscosidad sin degradación. Por otro lado, Salcedo-Mendoza et al., (2018), obtuvieron valores de setback en cinco variedades de ñame criollo, siendo la más alta 178 y la más baja 13, coincidiendo con los encontrados en esta investigación, señalando que la viscosidad es estable cuando están enfriados, resultado que es de suma importancia al momento de incorporar almidones a productos que necesitan enfriamiento por largos periodos de tiempo, evitando la separación de las fases por sinéresis.

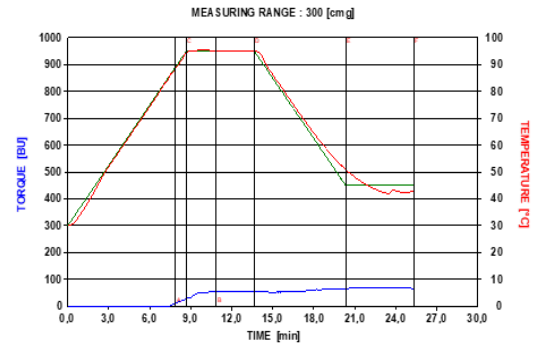


**Figura 4**

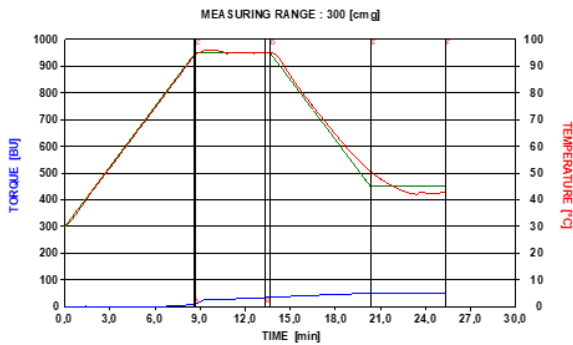
*Curvas de empastamiento de harina de ñame criollo (Dioscorea alata) a distintas temperaturas de escaldado*



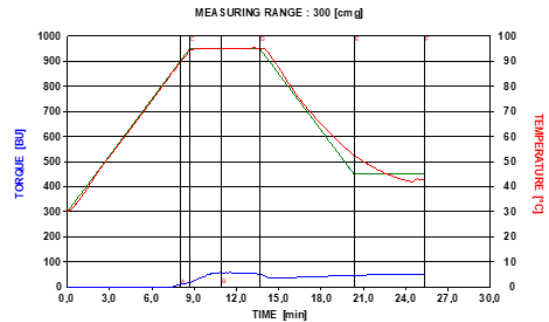
T1



T2



T3



T4

Nota: T1: Corresponde harina escaldada 40°C, T2: Corresponde a harina escaldada a 50°C y T3: Corresponde a harina escaldada a 60 °C, T4: Corresponde a la harina sin escaldar.

## 7.6. Densidad aparente, índice de Carr y razón de Hauser

La tabla 7, muestra los valores obtenidos del análisis realizado a las harinas de ñames escaldadas a diferentes temperaturas y la harina sin escaldar, se observa los valores de densidad aparente, índice de Carr y razón de Hausner.

**Tabla 7**

*Resultados densidad aparente, índice de Carr y razón de Hausner*

Muestra	Escaldado	Densidad Aparente (g/mL)	Índice de Carr (%)	Razón de Hausner
T1	40°C	0,54±0,01	31±0,00	69±0,00
T2	50°C	0,50±0,01	35±0,02	65±0,02
T3	60°C	0,53±0,01	30±0,02	70±0,01
T4	Sin escaldar	0,56±0,00	28±0,00	72±0,00

La densidad aparente (g/mL) es la relación de la masa y el volumen que ocupa en el cilindro (Gremasqui et al., 2021). En este caso, observamos que las muestras de harina sometidas a diferentes temperaturas de escaldado muestran variaciones en la densidad aparente. La muestra de harina 2 escaldada a 50°C presenta la menor densidad aparente (0,50 g/mL), mientras que la muestra de harina 1 escaldada a 40°C muestra la mayor densidad aparente (0,54 g/mL). Esto indica una posible relación inversa entre la temperatura de escaldado y la densidad aparente de la harina de ñame. Estos resultados son acordes con lo informado por Salcedo et al., (2017) y Harijono et al., (2013). Wu et al., (2022) quienes analizaron el tamaño de partículas y sus efectos en las propiedades fisicoquímicas en harinas de ñame variedad *Rhizoma Dioscorea Oppositae*, presento valores de densidad aparente entre 0.67g/cm<sup>3</sup> para la malla M60 y de 0,52g/cm<sup>3</sup> para la

malla M400, coincidiendo estos valores con los reportados en esta investigación. Por su parte Adebayo et al., (2021), presentaron valores de densidad aparente para harina de almidón de *musa spp* de 0,66g/ml, siendo este valor mayor a los obtenidos en esta investigación. Es fundamental resaltar que la densidad aparente juega un papel fundamental en la tasa de dispersión de los alimentos en polvo, está relacionada con la reconstrucción del almidón(Adebayo et al., 2021).

El índice de Carr y la razón de Hausner es una medida de la fluidez de un polvo y puede estar relacionado con su capacidad de compactación (Santos et al., 2022). El índice de Carr y la razón de Hausner se mide a partir de los valores de la densidad aparente y compactada (Almora-Hernández et al., 2022; García-Guzmán et al., 2022). En estos tratamientos, observamos que las muestras de harina también muestran variaciones en el índice de Carr en función de la temperatura de escaldado. El T2 escaldado a 50°C exhibe el mayor índice de Carr (35%), mientras que T4 sin escaldar muestra el menor índice de Carr (28%). Wu et al., (2022) quienes obtuvieron valores de índice de Carr en diferentes muestras de harina de ñame variedad *Rhizoma Dioscorea Oppositae*, donde el valor más alto lo presentó la muestra M400 30.80% y el más bajo M60 19.03%, siendo estos valores superiores a los obtenidos en esta investigación. El índice de Carr es uno de los parámetros de calidad utilizados para evaluar la fluidez del producto en polvo con fines de control de calidad(Wu et al., 2022). Se podría decir que el escaldado puede influir en este parámetro de la harina de ñame, observamos que las muestras de harina también muestran variaciones en la razón de Hausner en función del escaldado. El T4 sin escaldado muestra la mayor razón de Hausner (72), mientras que el T2 escaldado a 50°C muestra la menor razón de Hausner (65). Conocer las propiedades físicas de un producto, es fundamental porque estos nos aportan información intrínseca de un producto, su comportamiento durante su

almacenamiento, manipulación y procesamiento (Almora-Hernández et al., 2022). Contrario a lo reportado a esta investigación, Adebayo et al., (2021) presentaron valores de razón de Hausner de 1,31 para harinas de almidón de *musa spp*, siendo este valor mayor a los obtenidos en esta investigación, al igual que Lolge et al., (2022) quienes obtuvieron valores del índice de Hausner de 1,286 para harinas de ñame variedad *amorphophallus paeoniifolius*, siendo este valor más alto a los encontrados en las muestras de harina analizadas en esta investigación. El índice de Hausner es importante en las harinas ya que es un indicador del flujo de los polvos requerido en las tolvas y silos durante su almacenamiento (Lolge et al., 2022).

## **8. CONCLUSIONES**

De acuerdo a los datos obtenidos en esta investigación para las harinas de ñame criollo escaldadas a diferentes temperaturas (40, 50 y 60°C) y harina sin pretratar se puede decir, que el escaldado aumenta el contenido de humedad, fibra cruda, índice de blancura y temperatura de empastamiento, además, este tratamiento influye en el índice de absorción, el poder de hinchamiento, el índice de absorción de aceite, el índice de Carr y razón de Hausner mientras que en el porcentaje de ceniza y carbohidratos no varían significativamente. El escaldado disminuye la viscosidad máxima de las harinas. Por otro lado, la temperatura de escaldado afecta la densidad aparente.

## **9. RECOMENDACIONES**

De acuerdo con los datos obtenidos en esta investigación se presentan las siguientes recomendaciones, que podrían ser relevantes al uso y disposición de la harina de ñame obtenidas; realizar análisis microbiológicos a las harinas obtenidas con fines de garantizar su calidad y comercialización, además es importante diseñar un empaque que permita conservar las propiedades de calidad de las harinas obtenidas y realizar análisis morfológico de las harinas obtenidas con fines de caracterizar la microestructura de los gránulos de almidón de las harinas obtenidas

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abiodun, O. A., Akinoso, R., & Dauda, A. O. (2017). Evaluation of colour in white and yellow trifoliate yam flours in relation to harvesting periods and pre-processing methods.

Agrosearch, 17(1), 1. <https://doi.org/10.4314/agrosh.v17i1.1>

Adejumo, B. A., Okundare, R. O., Afolayan, O. I., & Balogun, S. A. (2013). Quality attributes of yam flour (Elubo) as affected by blanching water temperature and soaking time. *Int J Eng Sci*, 2(1), 216-221. <https://www.theijes.com/papers/v2-i1/AI02102160221.pdf>

Adebayo, W. A., Ogunsina, B. S., Taiwo, K. A., & Chidoziri, P. O. (2021). Studies on some physico-chemical and engineering properties of *Musa* spp (ABB) starch flour. *African Journal of Food Science*, 15(7), 289–297. <https://doi.org/10.5897/ajfs2020.1921>

Aguirre, J. C. L., & Castaño, V. D. Q. (2016). Caracterización reológica de almidón y evaluación morfológica de 20 variedades de musáceas (*musa* sp.), del banco de germoplasma fedeplátano, chinchiná - Caldas, Colombia. *Acta Agronomica*, 65(3).

<https://doi.org/10.15446/acag.v65n3.48029>

Alam, A., Quamri, S., Fatima, S., Roqaiya, M., & Ahmad, Z. (2016). Efficacy of Spirulina (Tahlab) in Patients of Type 2 Diabetes Mellitus (Ziabetus Shakri) - A Randomized Controlled Trial. *Journal of Diabetes & Metabolism*, 7(10). <https://doi.org/10.4172/2155-6156.1000710>

Asranudin, Holilah, Syarifin, A. N. K., Purnomo, A. S., Ansharullah, & Fudholi, A. (2021). The effect of heat moisture treatment on crystallinity and physicochemical-digestibility properties of purple yam flour. *Food Hydrocolloids*, 120. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.106889>

Asiyanbi-Hammed, T. T., & Simsek, S. (2018). Comparison of physical and chemical properties of wheat flour, fermented yam flour, and unfermented yam flour. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(12). <https://doi.org/10.1111/jfpp.13844>

Akubor, P. (2013). Effect of ascorbic acid and citric acid treatments on the functional and sensory properties of yam flour. *International Journal of Agricultural Policy and Research*, 1(4), 103–108. <http://www.journalissues.org/IJAPR/>

Ali, S. A., Saeed, S. M. G., Ejaz, U., Baloch, M. N., & Sohail, M. (2022). A novel approach to improve the nutritional value of black gram (*Vigna mungo* L.) by the combined effect of pre-gelatinization and fermentation by *Lactobacillus* sp. E14 and *Saccharomyces cerevisiae* MK-157: Impact on morphological, thermal, and chemical structural properties. *LWT*, 172, 114216.

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 Granulometry-Density correlation of *Moringa oleifera* dried leaf powders from different sieves (Vol. 42, Issue 1). <https://orcid.org/0000-0002-1431->



[7004ConcepciónCampa-Huergo1https://orcid.org/0000-0002-9640-7545EfraínRodríguez-Jiménez1https://orcid.org/0000-0002-8315-4413](https://orcid.org/0000-0002-9640-7545)

Alvis, A., Páez, M., & Lafont, J. (2009). Propiedades mecánicas y viscoelásticas del ñame (*Dioscorea alata*). *Información Tecnológica*, 20(5), 75-81.

Alvis, A., Vélez Pasos, C., & Arrázola, G. (2010). Efecto de las condiciones de freído sobre la pérdida de humedad y ganancia de aceite en trozos de ñame (*Dioscorea alata*). *Ingeniería e Investigación*, 30(1), 41-44.

Alvis, A., Vélez, C. A., & Rada-Mendoza, M. (2008). Composición de ñames frescos cultivados en Colombia y sometidos a freído por inmersión. *Información tecnológica*, 19(1), 3-10. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642008000100002>

Alvis, A., Vélez, C. A., Villada, H. S., & Rada-Mendoza, M. (2008). Análisis andal fisicoquímico y morfológico de almidones de ñame, yuca y papa y determinación de la viscosidad de las pastas. *Información Tecnológica*, 19(1), 19-28.

ANDI. (2019). INDUSTRIA DE ALIMENTOS. [www.andi.com.co/Home/Camara/16-industria-de-alimentos](http://www.andi.com.co/Home/Camara/16-industria-de-alimentos)

AOAC (2012). Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis: 925.10 and 920.39; 19 th ed. Arlington. VA, USA.

Argaw, S. G., Beyene, T. M., Woldemariam, H. W., & Esho, T. B. (2023). Physico-chemical and functional characteristics of flour of Southwestern Ethiopia aerial and tuber yam (*Dioscorea*) species processed under different drying techniques. *Journal of Food Composition and Analysis*, 119, 105269.

Arroyo Morales, E. (2019). Diagnóstico del contexto socio económico de la cadena productiva del ñame de la Subregión de Montes de María del Departamento de Sucre. In *Apuestas del departamento de Sucre en sectores Agroindustria y Minería* (pp. 10–28). Corporación universitaria del caribe CECAR. <https://doi.org/10.21892/9789585547254.1>

Ayala, L. B., & Torres, J. C. G. (2023). Impacto Ambiental, económico y social causado por *Colletotrichum gloeosporioides* en el cultivo del ñame criollo. *Temas Agrarios*, 28(1), 56-68.

Ayo-Omogie, H. N., Jolayemi, O. S., & Chinma, C. E. (2021). Fermentation and blanching as adaptable strategies to improve nutritional and functional properties of unripe *Cardaba* banana flour. *Journal of Agriculture and Food Research*, 6, 100214

Bello G, J. (2000). *Ciencia-Bromatológica Principios generales de los alimentos*.

Bora, J., Mahnot, N. K., Makroo, H. A., & Mahanta, C. L. (2023). Impact of hydrothermal treatments on the functional, thermal, pasting, morphological and rheological

properties of underutilized yam starches. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 17(3), 2285-2300.

Bolívar, el mayor productor de ñame del país, con el 40% | Productos para Agricultura Hanna Instruments. (2020). <https://www.hannacolombia.com/agro/blog/item/bolivar-el-mayor-productor-de-name-del-pais-con-el-40>

Caicedo Manyoma, M. S., & Grass Ramírez, J. F. (2024). Sostenibilidad en la Transformación Agroindustrial de la Costa Pacífica del Cauca: Modelos Organizativos, Retos y Oportunidades. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(2), 1228–1255. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i2.10561](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i2.10561)

Castro Gómez, J. C., Gutiérrez Rodríguez, F., Acuña, C., Amaral, L. A. A., Tapullima, A., Cobos, M., & Iman, S. (2013). Variación del contenido de vitamina C y Antocianinas en *Myrciaria dubia* “Camu Camu.” In *Rev Soc Quím Perú* (Vol. 79, Issue 4).

Célia, J. A., Resende, O., de Moura Silva, L. C., Ferreira, S. V., Correia, J. S., de Almeida, A. B., & Mabasso, G. A. (2024). Characterization and evaluation of grain sorghum flour (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) subjected to storage in different packaging. *Journal of Stored Products Research*, 105, 102256.

Chakraborty, I., Pallen, S., Shetty, Y., Roy, N., & Mazumder, N. (2020). Advanced microscopy techniques for revealing molecular structure of starch granules. *Biophysical Reviews*, 12, 105-122.

Chadare, FJ, Gayet, DP, Azokpota, P., Nout, MJR, Linnemann, AR, Hounhouigan, JD y van Boekel, MAJS (2010). Tres alimentos tradicionales fermentados a base de baobab de Benín, Mutchayan, Dikouanyouri y Tayohounta: preparación, propiedades y consumo. *Ecología de los alimentos y la nutrición*, 49 (4), 279–297.

<https://doi.org/10.1080/03670244.2010.491051>

Chen, X., Li, X., Mao, X., Huang, H., Wang, T., Qu, Z., ... & Gao, W. (2017). Effects of drying processes on starch-related physicochemical properties, bioactive components and antioxidant properties of yam flours. *Food Chemistry*, 224, 224-232.

Chinma, C. E., Adedeji, O. E., Etim, I. I., Aniaka, G. I., Mathew, E. O., Ekeh, U. B., & Anumba, N. L. (2021). Physicochemical, nutritional, and sensory properties of chips produced from germinated African yam bean (*Sphenostylis stenocarpa*). *LWT*, 136, 110330.

Collar, C., Santos, E., & Rosell, C. M. (2007). Assessment of the rheological profile of fiber-enriched bread doughs by response surface methodology. *Journal of Food Engineering*, 78(3), 820-826.

Correa, M. J. (2012). Pectins as Breadmaking Additives: Effect on Dough Rheology and Bread Quality. *Food and Bioprocess Technology*, 5(7), 1–311. <https://doi.org/10.1007/s11947-011-0631-6>

Desalegn Melese, A., & Olike Keyata, E. (2022). Impacts of Pretreatment Techniques on the Quality of Tuber Flours. In *TheScientificWorldJournal* (Vol. 2022, p. 9323694). NLM (Medline). <https://doi.org/10.1155/2022/9323694>

Domínguez-Zarate, P. A., García-Martínez, I., Güemes-Vera, N., & Totosaus, A. (2019). Textura, color y aceptación sensorial de tortillas y pan producidos con harina de ramón (*Brosimum alicastrum*) para incrementar la fibra dietética total. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 20(3). [https://doi.org/10.21930/rcta.vol20\\_num3\\_art:1590](https://doi.org/10.21930/rcta.vol20_num3_art:1590)

Enríquez Estrella, M., Cornelio Lopez, R., & Alberto Uvidia, H. (2022). Índice de calidad de la harina de trigo de tres variedades (Cotacachi, Zhalao y Cojitambo) y su efecto en la comercialización. *ECA Sinergia*, 13(2), 7–16. [https://doi.org/10.33936/eca\\_sinergia.v13i2.3378](https://doi.org/10.33936/eca_sinergia.v13i2.3378)

Ezeocha V, C., & Ojimelukwe P, C. (2012). The impact of cooking on the proximate composition and anti-nutritional factors of water yam (*Dioscorea alata*). *Journal of Stored Products and Postharvest Research*, 3(13), 172–176. <https://doi.org/10.5897/JSPPR12.031>

Fashina, A. B., Adejori, E. A., & Akande, F. B. (2017). Effects of slice thickness and blanching time on the proximate properties of dried ground yam. In *International Food Research Journal* (Vol. 24, Issue 3).

Falade, K. O., & Omiwale, O. O. (2015). Effect of Pretreatments on Color, Functional and Pasting Properties of White (*Dioscorea rotundata*) and Yellow Yam (*Dioscorea cayenensis*) Varieties. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(6), 1542–1554.

<https://doi.org/10.1111/jfpp.12380>

Feng, C., Zhang, M., Bhandari, B., & Ye, Y. (2020). Use of potato processing by-product: Effects on the 3D printing characteristics of the yam and the texture of air-fried yam snacks. *Lwt*, 125, 109265.

Fuquen, H. (2013). Innovacion en la industria alimentaria-alimentos funcionales. desarrollo tecnológico e innovación empresarial, 1, 1–3.

García, M. B. (2023). Respuesta morfoagronómica de plantas de *Dioscorea alata* L. clon Caballo con distintos tutorados. *Revista Científica Agroecosistemas*, 11(3), 142-149.

García-Guzmán, P., Rodríguez, G. C., Almanza, L. O., Ramírez, M. L. V., & Aceves, L. S. (2022). Obtention and evaluation hydrophilic matrices for prolonged release of metformin. *Revista Colombiana de Ciencias Quimico-Farmaceuticas(Colombia)*, 51(3), 1200–1214. <https://doi.org/10.15446/rcciQUIFA.v51n3.100434>

George, T. T., Obilana, A. O., & Oyeyinka, S. A. (2020). The prospects of African yam bean: past and future importance. *Heliyon*, 6(11), e05458.

Gebremeskel, A. F., Haile, F., Admassu, S., & Fisseha, A. (2015). Effects of Pre-treatments and Drying Methods on Chemical Composition, Microbial and Sensory Quality of Orange-Fleshed Sweet Potato Flour and Porridge. *American Journal of Food Science and Technology*, 3(3), 82–88. <https://doi.org/10.12691/ajfst-3-3-5>

Gremaqui, I. de los A., Giménez, M. A., Lobo, M. O., & Sammán, N. C. (2021). *Propiedades químicas y físicas de harinas proteicas obtenidas por hidrólisis enzimática*. 1–8.

Gunasekara, D., Bulathgama, U., Wickramasinghe, I., & Wijesekara, I. (2020). *Comparison of selected underutilized yam flours for their proximate and phytochemical composition*. <https://www.researchgate.net/publication/360424970>

Harijono, T. E., Saputri, D. S., & Kusnadi, J. (2013). Effect of blanching on properties of water yam (*Dioscorea alata*) flour. *Advance Journal of Food Science and Technology*, 5(10), 1342–1350. <https://doi.org/10.19026/ajfst.5.3108>

Hellin, P., Escarnot, E., Mingeot, D., Gofflot, S., Sinnaeve, G., Lateur, M., & Godin, B. (2023). Multiyear evaluation of the agronomical and technological properties of a panel of spelt varieties under different cropping environments. *Journal of Cereal Science*, 109, 103615.

Holguín Bedoya, M. Análisis bromatológico del tubérculo seco y pulverizado de *Dioscorea cayenensis* “Ñame amarillo”. 2011

Hu, H., Zhou, X. Y., Wang, Y. S., Zhang, Y. X., Zhou, W. H., & Zhang, L. (2023). Effects of particle size on the structure, cooking quality and anthocyanin diffusion of purple sweet potato noodles. *Food Chemistry: X*, 18, 100672.

Hurtado, G. B., & Bustamante, S. L. (2017). GRUPO DE INVESTIGACIÓN SOBRE EL CULTIVO DE ÑAME. Innovación social y biotecnología: sumando estrategias efectivas para el desarrollo rural. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 58-62.

Hurtado, J. J. B. H. (1997). Valorización de las amiláceas “no-cereales” cultivadas en los países andinos: estudio de las propiedades fisicoquímicas y funcionales de sus almidones y de la resistencia a diferentes tratamientos estresantes. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Bogotá-Colombia. 164p.

Jaramillo-Garcés, Y., Sacchet-Pérez, M., Manjarres-Pinzon, G., Manjarres-Pinzon, K., Correa-Londoño, G., & Rodríguez-Sandoval, E. (2023). Effect of low-temperature storage time



on rejected green banana for flour production. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 76(3), 10517–10526.

Jangchud, K., Phimolsiripol, Y., & Haruthaithanasan, V. (2003). Physicochemical Properties of Sweet Potato Flour and Starch as Affected by Blanching and Processing. 1–7.

Jamiu Fadimu, G., Oladimeji Sanni, L., Adebowale, A., Kareem, S., Paul Sobukola, O., Kajihansa, O., Siwoku, B., Akinsanya, A., & Kudirat Adenekan, M. (2018). *Croatian journal of food technology* Effect of drying methods on the chemical composition, colour, functional and pasting properties of plantain (*Musa parasidiaca*) flour.

Jiang, S., Cen, J., Zhou, Y., Wang, Y., Wu, D., Sun, J., & Shu, X. (2023). Physicochemical characterizations of five *Dioscorea alata* L. starches from China. *International Journal of Biological Macromolecules*, 237, 124225.

Kraithong, S., Lee, S., & Rawdkuen, S. (2018). Physicochemical and functional properties of Thai organic rice flour. *Journal of Cereal Science*, 79, 259-266.

Kimbonguila, A., Nkeletela, L., Abdoul-Latif, F., Ndagui, B., Waiss, I., Mfoutou, W., Matos, L., Petit, J., Scher, Joel, & Nzikou, M. (2019). Effect of physical treatment on the physicochemical, rheological and functional properties of yam meal of the cultivar “ngumvu” from *dioscorea alata* l. of congo effect of physical treatment on the physicochemical, rheological and functional properties of yam meal of the cultivar “ngumvu” from *dioscorea*

alata l. of congo. International Journal of Recent Scientific Research, 1–8.

<https://doi.org/10.24327/ijrsr.2019.1011.4175>

Lebot Vincent, Lawac Floriane, Legendre Laurent. 2023. The greater yam (*Dioscorea alata* L.): A review of its phytochemical content and potential for processed products and biofortification. *Journal of Food Composition and Analysis*, 115:104987, 18 p.

<https://doi.org/10.1016/j.jfca.2022.104987>

Leng, M. S., Tobit, P., Demasse, A. M., Wolf, K., Gouado, I., Ndjouenkeu, R., ... & Schweigert, F. J. (2019). Nutritional and anti-oxidant properties of yam (*Dioscorea schimperiana*) based complementary food formulation. *Scientific African*, 5, e00132.

Li, Y., Ji, S., Xu, T., Zhong, Y., Xu, M., Liu, Y., Li, M., Fan, B., Wang, F., Xiao, J., & Lu, B. (2023). Chinese yam (*Dioscorea*): Nutritional value, beneficial effects, and food and pharmaceutical applications. *Trends in Food Science & Technology*, 134, 29-40.

<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.01.021>

Lolge, R. M., Agarkar, B. S., Kshirsagar, R. B., & Patil, B. M. (2022). Evaluation of Nutritional, Physicochemical and Functional properties of Yam Flour. *Biological Forum-An International Journal*, 14(4a), 258. [www.researchtrend.net](http://www.researchtrend.net)

Maakelo, P. K., Bultosa, G., Kobue-Lekalake, R. I., Gwamba, J., & Sonno, K. (2021). Effects of watermelon pulp fortification on maize magueu physicochemical and sensory acceptability. *Heliyon*, 7(5), e07128.

Maduka, N., Elenwo, M., & Odu, N. N. (2019). Proximate Composition, Minerals and Heavy Metals Content of Cassava, Plantain and Yam Flour Sold in Some Markets in Port Harcourt, Nigeria. *Asian Food Science Journal*, 1–11.

<https://doi.org/10.9734/afsj/2019/v11i230057>

Mancebo, C. M., Rodríguez, P., Martínez, M. M., & Gómez, M. (2018). Effect of the addition of soluble (nutriose, inulin and polydextrose) and insoluble (bamboo, potato and pea) fibres on the quality of sugar-snap cookies. *International Journal of Food Science & Technology*, 53(1), 129-136.

Mauro-Martín, I. S., & Garicano-Vilar, E. (2015). Papel de la vitamina C y los  $\beta$ -glucanos sobre el sistema inmunitario: Revisión. In *Revista Espanola de Nutricion Humana y Dietetica* (Vol. 19, Issue 4, pp. 238–245). Asociacion Espanola de Dietistas-Nutricionistas.

<https://doi.org/10.14306/renhyd.19.4.173>

Mendoza- Crespo, H., & Ortiz- Velásquez, M. (2020). Importancia y determinantes de la asociación productiva agrícola: el cultivo de ñame en el caribe colombiano. 1–20.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2019). Organización de Cadena Nacional del Ñame.

Melese, AD y Keyata, EO (2022). Efectos de las proporciones de mezcla y la temperatura de horneado en las propiedades fisicoquímicas y la aceptabilidad sensorial de galletas preparadas a partir de harina compuesta de calabaza, frijol común y trigo. *Heliyon* , 8 (10).

Monteiro, R. L., de Moraes, J. O., Domingos, J. D., Carciofi, B. A. M. y Laurindo, J. B. (2020). Evolution of the physicochemical properties of oil-free sweet potato chips during microwave vacuum drying. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 63.

Oliveira, A. R., Ribeiro, A. E. C., Gondim, Í. C., dos Santos, E. A., de Oliveira, É. R., Coutinho, G. S. M., ... & Caliari, M. (2021). Isolation and characterization of yam (*Dioscorea alata* L.) starch from Brazil. *Lwt*, 149, 111843.

Orhevba, B. A. y Abimaje, V. (2019). Influence of blanching and drying temperatures on selected properties of sweet potato (*ipomoea batatas*) flour. *Trends in Science & Technology Journal*. 4(1), 25 - 31.

Ortega-Toro, R., López-Córdoba, A., & Avalos-Belmontes, F. (2021). Epoxidised sesame oil as a biobased coupling agent and plasticiser in polylactic acid/thermoplastic yam starch blends. *Heliyon*, 7(2), e06176.

Ouyang, J., Fan, K., Li, Q., Wang, F., Li, W., & Su, X. (2024). Mechanism of feed moisture levels in extrusion treatment to improve the instant properties of Chinese yam (*Dioscorea opposita* Thunb.) flour. *Food Chemistry*, 431, 137056.

Oyeyinka, S. A., Adeleke, O. F., Dauda, A. O., Abiodun, O. A., Kayode, R. M. O., & Adejuyitan, J. A. (2018). Flour composition and physicochemical properties of white and yellow bitter yam (*Dioscorea dumetorum*) starches. *Industrial Crops and Products*, 120, 135–139. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.04.061>

Oyeyinka, S. A., Taiwo, O. E., Abdul, H., Rustria, G. A., Oyedeji, A. B., Adebo, O. A., & Njobeh, P. B. (2023). Enhancement of the functional, pasting and textural properties of pouno yam flour through cassava flour supplementation. *Food Chemistry Advances*, 3, 100372.

Panda, D., Padhan, B., Nanda, M., Sahu, A., & Nayak, J. K. (2023). Blending neglected and underutilised wild yam tubers from forest to functional food. *Food and Humanity*, 1, 1338-1344.

Pérez S, Ma. del R., Ulloa, J. A., Ulloa, P. R., Ramirez, J. C., Silva-Carrillo, Y., & Ulloa R, B. (2020). Caracterización tecno-funcional de un concentrado proteínico obtenido de la semilla de mango (*Mangifera indica* L.). *Revista de Ciencias Biológicas y de La Salud*, 1–7. <http://biotecnia.unison.mx>

Pérez, J., Arteaga, M., Andrade, R., Durango, A., & Salcedo, J. (2021). Effect of yam (*Dioscorea* spp.) starch on the physicochemical, rheological, and sensory properties of yogurt. *Heliyon*, 7(1).

Poudel, R., Dutta, N., & Karak, N. (2023). A mechanically robust biodegradable bioplastic of citric acid modified plasticized yam starch with anthocyanin as a fish spoilage auto-detecting smart film. *International Journal of Biological Macromolecules*, 242, 125020.

Pongsawatmanit, R., Thanasukarn, P., & Ikeda, S. (2002). Effect of Sucrose on RVA Viscosity Parameters, Water Activity and Freezable Water Fraction of Cassava Starch Suspensions. *ScienceAsia*, 28(2), 129–134. <https://doi.org/10.2306/scienceasia1513-1874.2002.28.129>

Pupo, M. A. (2020). Modificación enzimática de harinas y almidones de ñame (criollo, espino, y diamante) cultivado en el departamento de sucre.

Plan departamental de extensión agropecuaria. (2019). Plan departamental de extensión agropecuaria.

R Core Team. (2020). An Introduction to R. *Quantitative Geography: The Basics*, 3, 250–286. <https://doi.org/10.4135/9781473920446.n12>

Reddy, C. K., Haripriya, S., Mohamed, A. N., & Suriya, M. (2014). Preparation and characterization of resistant starch III from elephant foot yam (*Amorphophallus paeonifolius*) starch. *Food chemistry*, 155, 38-44

Reina A, Y. (2012). El cultivo de ñame en el Caribe colombiano.

Reina, A. M. M., Zumaqué, L. T., Martínez, L. M. G., Cantero, S. P. P., Hernández, S. M. R., & Castellanos, L. L. L. (2021). Caracterización socioeconómica y tecnológica del cultivo de ñame (*Dioscorea* sp) en la región Caribe colombiana. *Avances en Investigacion Agropecuaria*, 25(2), 7-34.

Rizo-Mustelier, M., Vuelta-Lorenzo, D., & Lorenzo-García, A. (2017). Agricultura, desarrollo sostenible, medioambiente, saber campesino y universidad. *Redayc.Org*, 1–16.

Rodríguez-Lora, M. C., Ciro-Velásquez, H. J. y Salcedo-Mendoza, J. G. (2022). Effect of pretreatments and drying methods in the quality attributes of fortified yam flour (*Dioscorea rotundata* L.). *Food Sci. Technol.* 42.

Rohadi., Sampurno, A., Wicaksono, M. F. y Saputri, N. I. (2020). The effect of fermentation period of yellow bamboo shoots (*B. vulgaris Striata*) using *L. plantarum* starter on physical and chemical properties of its flour as dietary fiber source. *International Conference on Food and Bio-Industry*. 443. DOI

Rodríguez Sandoval, E., Fernández Quintero, A., Alonso Alcalá, L., Ospina Patiño, B., Edificio, M., & agrícola Profesor titular, I. (2006). Reología de suspensiones preparadas con harina precocida de yuca INGENIERÍA & DESARROLLO.

Sahoo, M., Titikshya, S., Kumar, V., & Naik, S. N. (2023). Physico-chemical compositions, nutraceutical properties, and starch-related techno-functional, thermal, and morphological characteristics of underutilized yam flour (*Dioscorea* spp.) from Odisha. *Food Bioscience*, 56, 103103.

Salas C, S. Y. (2018). Caracterización Físicoquímica y propiedades Funcionales del Almidón de Arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) Modificado por Irradiación UV-C.

Salcedo-Mendoza, J., García-Mogollón, C., & Salcedo-Hernández, D. (2018). *Propiedades funcionales de almidones de ñame (Dioscorea alata) Funtional properties of starch yam (Dioscorea alata) Propriedades funcionais do amido de inhame (Dioscorea alata)*. 16(·). <https://doi.org/10.18684/bsaa.v16n2.1170>

Salcedo, J. G., Figueroa-Flórez, J., Hernandez, E. J., & García-Paternina, M. (2017). Agroindustria de productos amiláceos II: Métodos y técnicas de caracterización Agroindustria de productos amiláceos II: Métodos y técnicas de caracterización. ResearchGate.



Salgado-Ordosgoitia, R. D., Paternina-Contreras, A. L., Cohen-Manrique, C. S., & Rodríguez-Manrique, J. A. (2019). Analysis of the gelatinization curves of native starches of three species of yam: Criollo (*Dioscorea alata*), Hawthorn (*Dioscorea rotundata*) and Diamond 22. *Informacion Tecnologica*, 30(4), 93–102. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000400093>

Sandoval, E. R., Quintero, A. F., Alcalá, L. A., & Patiño, B. O. (2006). Reología de suspensiones preparadas con harina precocida de yuca. *Ingeniería y desarrollo*, (19), 17-30.

Santos, S. D. J. L., Canto, H. K. F., da Silva, L. H. M., & Rodrigues, A. M. D. C. (2022). Characterization and properties of purple yam (*Dioscorea trifida*) powder obtained by refractance window drying. *Drying Technology*, 40(6), 1103-1113.

Sánchez López, D. B., Luna Castellanos, L. L., Díaz Cabadiaz, A. T., Pérez Pazos, J. V., & Cadena Torres, J. (2020). Identificación de hongos asociados a la pudrición seca del ñame bajo condiciones de almacenamiento. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 18(4), 1–16. <https://doi.org/10.18271/ria.2020.655>

Setyawan, N., Maninang, J. S., Suzuki, S., & Fujii, Y. (2021). Variation in the physical and functional properties of yam (*Dioscorea* spp.) flour produced by different processing techniques. *Foods*, 10(6). <https://doi.org/10.3390/foods10061341>

Shao, Y., Mao, L., Guan, W., Wei, X., Yang, Y., Xu, F., ... & Jiang, Q. (2020). Physicochemical and structural properties of low-amylose Chinese yam (*Dioscorea opposita* Thunb.) starches. *International Journal of Biological Macromolecules*, 164, 427-433.

Solarte-Montúfar, J. G., Díaz-Murangal, A. E., Osorio-Mora, O., & Mejía-España, D. F. (2019). Rheological and functional properties of the starch from three varieties of Creole potato. *Informacion Tecnologica*, 30(6), 35–44. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000600035>

Suriya, M., Reddy, C. K., & Haripriya, S. (2019). Functional and thermal behaviors of heat-moisture treated elephant foot yam starch. *International Journal of Biological Macromolecules*, 137, 783–789. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.06.228>

Tagliasco, M., Tecuanhuey, M., Reynard, R., Zuliani, R., Pellegrini, N., & Capuano, E. (2022). Monitoring the effect of cell wall integrity in modulating the starch digestibility of durum wheat during different steps of bread making. *Food Chemistry*, 396, 133678.

The effect of heat moisture treatment on crystallinity and physicochemical-digestibility properties of purple yam flour. *Food Hydrocolloids*, 120, 106889.

Torres, JD., González, K. J., Acevedo, D., & Jaimes, J. D. C. (2016). Efecto de la utilización de harina de *Lens culinaris* como extensor en las características físicas y aceptabilidad de una salchicha. *Tecnura*, 20(49), 15-28.

Tovar Hernández, C. E., Perafan Gil, E. A., Enriquez Collazos, M. G., Ceron Fernández, L., & Pismag Portilla, y. (2017). Evaluación del efecto del proceso de extrusión en harina de quinua (*chenopodium quinoa willd*) normal y germinada. *Bioteconología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 15(2), 30. [https://doi.org/10.18684/bsaa\(15\)30-38](https://doi.org/10.18684/bsaa(15)30-38)

Uscátegui Peñuela, R. M. (2018). La moda de las dietas sin gluten. *Perspectivas En Nutrición Humana*, 20(2), 125–128. <https://doi.org/10.17533/udea.penh.v20n2a01>

Van Hung, P., & Morita, N. (2005). Physicochemical properties of hydroxypropylated and cross-linked starches from A-type and B-type wheat starch granules. In *Carbohydrate Polymers* (Vol. 59, Issue 2, pp. 239–246). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2004.09.016>

Vicente, A., Villanueva, M., Caballero, P. A., Muñoz, J. M., & Ronda, F. (2023). Buckwheat grains treated with microwave radiation: Impact on the techno-functional, thermal, structural, and rheological properties of flour. *Food Hydrocolloids*, 137, 108328.

Waizel, J. (2009). The tradicional use of the species of the genus *Dioscorea*. [www.fitoterapia.net](http://www.fitoterapia.net)

Wahab, B.A.; Adebawale, A.A.; Sanni, S.A.; Sobukola, O.P.; Obadina, A.O.; Kajihaua, O.E.; Adegunwa, M.O.; Sanni, L.O.; Tomlins, K. (2016). Effect of species,

pretreatments, and drying methods on the functional and pasting properties of high-quality yam flour. *Food Science & Nutrition*; 4(1): 50–58.

Wang, H., Yang, Q., Gao, L., Gong, X., Qu, Y., & Feng, B. (2020). Functional and physicochemical properties of flours and starches from different tuber crops. *International journal of biological macromolecules*, 148, 324-332.

Wu, Z., Ameer, K., Hu, C., Bao, A., Wang, R., Tang, W., Chaudhary, N., & Jiang, G. (2022). Particle size of yam flour and its effects on physicochemical properties and bioactive compounds. *Food Science and Technology (Brazil)*, 42. <https://doi.org/10.1590/fst.43921>

Xiao, Y., Wang, S., Ali, A., Shan, N., Luo, S., Sun, J., ... & Zhou, Q. (2023). Cultivation pattern affects starch structure and physicochemical properties of yam (*Dioscorea persimilis*). *International Journal of Biological Macromolecules*, 242, 125004.

Yalindua, A., Manampiring, N., Waworuntu, F., & Yalindua, F. Y. (2021). Physico-chemical exploration of Yam Flour (*Dioscorea alata* L.) as a raw material for processed cookies. *Journal of Physics: Conference Series*, 1968(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1968/1/012004>

Ye, P., Cui, B., Mao, C., Wang, K., Xie, Y., Sun, Y., ... y Wang, Y. (2024). Efecto de la explosión de radiofrecuencia sobre las propiedades fisicoquímicas, funcionales y cristalinas y la digestibilidad in vitro de la harina de ñame. *Química de los Alimentos*, 437, 137925.

Yépez, L. K. S., Salgado, T. V., Giraldo, R. A. C., & Rubio, S. A. C. (2023). Factores cooperativos en productores de ñame de San Juan Nepomuceno. *REVISTA INNOVA ITFIP*, 12(1), 59-73.

Yu, B., Li, J., Tao, H., Zhao, H., Liu, P., & Cui, B. (2021). Physicochemical properties and in vitro digestibility of hydrothermal treated Chinese yam (*Dioscorea opposita* Thunb.) starch and flour. *International Journal of Biological Macromolecules*, 176, 177-185.

Zambrano, Judith, Valera, Anne, Maffei, Miguel, Materano, William, & Quintero, Ibis. (2008). Efecto del escaldado y la adición de preservativos sobre la calidad de la pulpa de mango tipo bocado almacenada bajo refrigeracion. *Agronomía Tropical*, 58(3), 257-265.

Recuperado en 21 de agosto de 2024, de

[http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0002-](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-)

[192X2008000300006&lng=es&tlng=es.](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2008000300006&lng=es&tlng=es)

Zou, J., Xu, M., Zou, Y., & Yang, B. (2021). Physicochemical properties and microstructure of Chinese yam (*Dioscorea opposita* Thunb.) flour. *Food Hydrocolloids*, 113, 106448.

## 10. ANEXOS

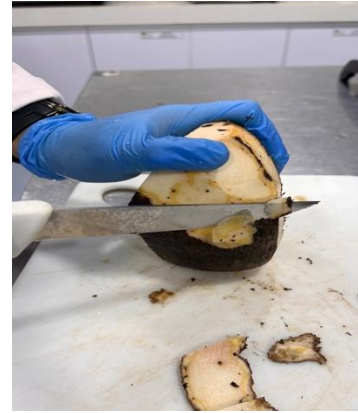
### 11.1 Proceso de obtención de harinas



**1.Recepción ñame criollo ( Dioscorea Alata L.)**



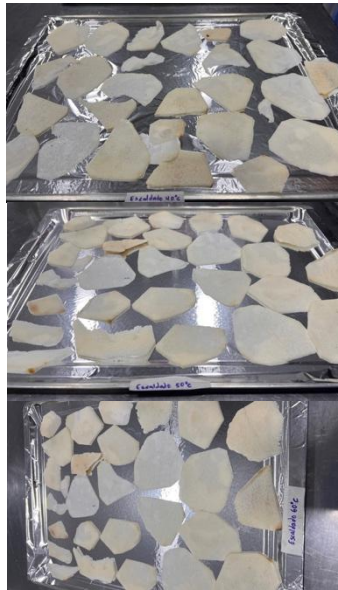
**2.Lavado**



**3.Pelado**



**4.Tajado**



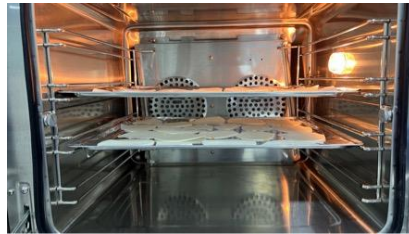
**Muestras para escaldar a (40, 50 y 60) °C**



**5.Escaldado de muestras a (40,50 y 60) °C**



**6. Remojo de Muestras**



**7. Secado de muestras a 70 °C x 3 Horas**



**Muestras secas**



**8. Molienda**

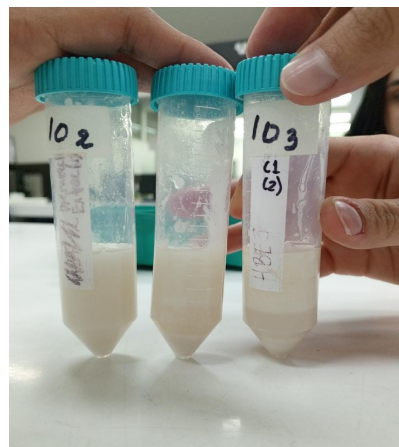


**9 Tamizado**



**10. Muestras de Harina de Ñame criollo final**

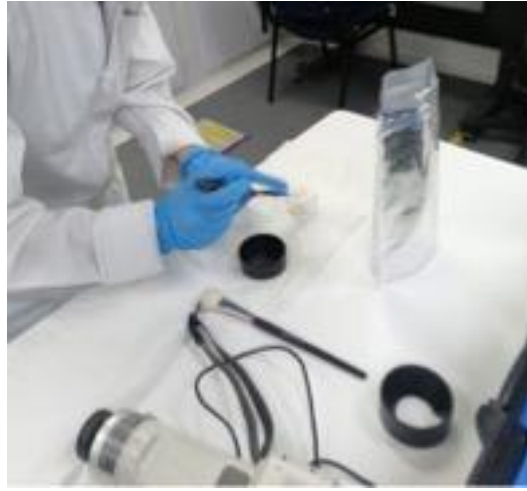
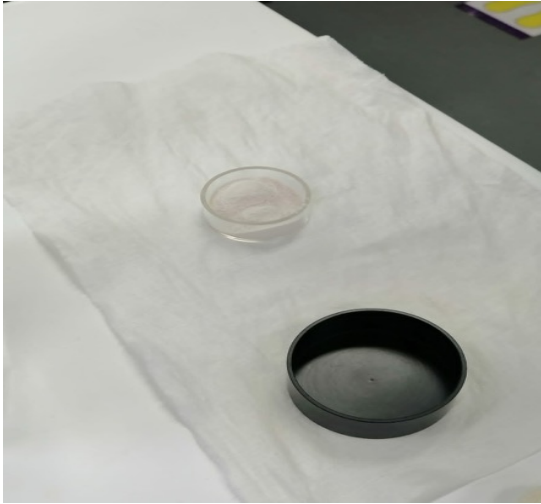
## 11.2 Propiedades Tecnofuncionales



## Análisis de propiedades funcionales

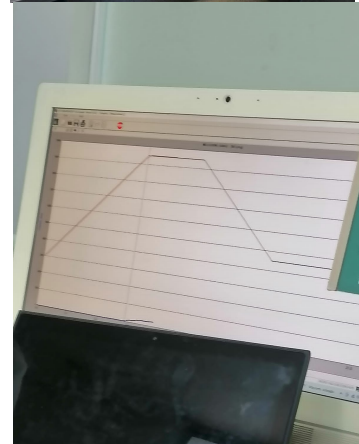


### 11.3 Colorimetría



**Índice de Blancura de las muestras de Harina de Ñame criollo**

#### 11.4 Viscoamilógrafo



**Propiedades de empastamiento de nuestras de harina de ñame criollo**

## 11.5 Análisis proximal

