



**Incorporación de harina de tubérculo en panificación como opción de alto valor
nutricional y sensorial para reducir el consumo de harina de trigo**

Valeria Gómez Orozco

**Trabajo de grado entregado para obtener el título de
Gastrónoma**

Dirigido por
Juan Sebastián Ramírez Navas

Pontificia Universidad Javeriana Cali
Facultad de Creación y Hábitat
Programa de Gastronomía y Artes Culinarias
Santiago de Cali
14 de noviembre de 2025

Dedicatoria

A Dios por siempre ser mi fortaleza, mi calma y mi guía.

A mi madre, Martha Dolly Orozco Villegas, por ser esa mujer tan noble y amorosa, estar ahí presente recordándome lo capaz que soy.

A mi padre, Genaro de Jesús Gómez Villegas, por ser mi pilar, mi compañía y mi ejemplo a seguir de un ser humano tan ejemplar.

A mis hermanos, por siempre estar presentes apoyándome de manera incondicional.

A mis amigos, que estuvieron presentes en cada uno de estos momentos, transformando la etapa de universidad una experiencia inolvidable.

Agradecimientos

A mis padres, por darme la oportunidad de estudio, su apoyo incondicional, paciencia, amor y permitirme estar hoy culminando una de las etapas más importantes de mi vida.

A mis profesores Juan Sebastián Ramírez Navas y Juan Esteban Ordoñez por su constante interés, disposición y tiempo que le brindaron a este trabajo de proyecto de grado, sus conocimientos los cuales permitieron que este proyecto se lograra.

A mis compañeros, por estar siempre presentes, por hacer de la universidad un lugar ameno y de recuerdos inolvidables.

A la Pontificia Universidad Javeriana Cali, por contribuir de manera significativa a mi formación profesional y humana, brindándome las herramientas necesarias para desarrollarme con compromiso, excelencia y valores.

Contenido

LISTA DE TABLAS.....	6
LISTA DE ILUSTRACIONES.....	6
RESUMEN.....	7
ABSTRACT.....	8
TÍTULO DE LA PROPUESTA.....	9
INTRODUCCIÓN.....	9
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	10
Justificación.....	14
Objetivo General.....	15
Objetivos Específicos.....	15
Hipótesis.....	16
MARCO TEÓRICO.....	16
Evolución de la Relación entre Alimentación, Salud y Placer.....	16
Harina de Trigo en Productos Panificados.....	19
Harinas Alternativas.....	21
Yacón, cultivos, composición e importancia cultural.....	23
ESTADO DEL ARTE.....	26
MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
Ubicación.....	28
Tipo de investigación.....	28
Tipo de diseño.....	29
Revisión Bibliográfica.....	29
Identificación de preferencias de consumo en estudiantes de Gastronomía.....	29
Preparación de muestras.....	30
Análisis fisicoquímico de la harina de yacón y panificado elaborado.....	30
Proceso elaboración galletas cuca con sustitución parcial de harina de trigo por harina de yacón.....	31
Evaluación sensorial de panificado.....	31
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	32
Análisis y hallazgos de la encuesta #1 Preferencias en panificados.....	32
Elección de panificado.....	34
Preparación de harina de yacón.....	35

Preparación miel de yacón.....	36
Desarrollo de laboratorios.....	38
Primer laboratorio.....	39
Segundo laboratorio.....	40
Mediciones fisicoquímicas de las muestras.....	41
Análisis de pH.....	41
Análisis de humedad.....	42
Análisis de color.....	43
Análisis actividad de agua (aw).....	45
Análisis de textura.....	46
Análisis y hallazgos encuesta #2 Degustación muestras.....	47
CONCLUSIONES.....	49
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Producción internacional del Yacón.....	23
Tabla 2. Contenido nutricional Yacón.....	24
Tabla 3. Resultados de la prueba de escala hedónica.....	28

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Consumo Per Cápita de Trigo.....	19
Ilustración 2. Volumen de Producción de Trigo en Colombia de 2019 a 2031.....	20
Ilustración 3. Principales funciones de los FOS.....	25
Ilustración 4. Comparativa de aceptación en las 6 muestras de las galletas de Yacón.....	26
Ilustración 5: Gráfico de resultados encuesta #1.....	32
Ilustración 6. Gráfico de resultados encuesta #1.....	33
Ilustración 7: Proceso elaboración harina de yacón.....	36
Ilustración 8: Proceso elaboración miel de yacón.....	37
Ilustración 9. Receta de Cuca tradicional.....	38
Ilustración 10. Receta estándar Cuca con harina de yacón.....	39
Ilustración 11. Proceso de elaboración primeras muestras de Cuca.....	40
Ilustración 12. Segunda prueba laboratorio.....	40
Ilustración 13. Grafica análisis de pH.....	41
Ilustración 14. Gráfico % de humedad.....	42
Ilustración 15. Gráficas análisis colorímetro.....	43
Ilustración 16. Gráfico actividad de agua.....	45
Ilustración 17. Gráficos análisis de textura.....	46
Ilustración 18. Prueba de Friedman en muestras de galleta tipo cuca.....	47

RESUMEN

El presente proyecto aborda la problemática relacionada con la alta dependencia del trigo en la panificación colombiana y los posibles efectos negativos de su consumo excesivo en la salud. A partir de esta situación, se plantea la incorporación de harina de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) como sustituto parcial de la harina de trigo, buscando desarrollar un producto panificado que conserve el placer sensorial característico del pan, pero que a su vez ofrezca beneficios nutricionales y una alternativa más sostenible frente al panorama alimentario actual.

La metodología se estructuró en tres fases: en la primera, se realizó una revisión bibliográfica de fuentes académicas y técnicas que permitieron comprender las propiedades nutricionales, culturales y sensoriales de los tubérculos; en la segunda, se elaboraron distintas formulaciones de un producto tipo amasijo (galleta cuca) sustituyendo parcialmente la harina de trigo por harina de yacón en porcentajes de 25 %, 50 % y 75 %, con el fin de analizar su comportamiento técnico y organoléptico; finalmente, se desarrollaron pruebas de laboratorio para evaluar parámetros como textura, color, humedad y pH, además de una evaluación sensorial dirigida a estudiantes de Gastronomía y Artes Culinarias de la Pontificia Universidad Javeriana de Cali.

Este trabajo busca aportar al conocimiento sobre el potencial del yacón en la panificación como una alternativa viable que contribuya a diversificar el uso de ingredientes locales,

fortalecer la soberanía alimentaria y fomentar una relación más equilibrada entre salud, placer y cultura gastronómica.

Palabras clave: yacón, panificación, harina de trigo, tubérculos, evaluación sensorial, gastronomía.

ABSTRACT

This project addresses the problem of Colombia's high dependence on wheat in bread making and the possible negative health effects of excessive consumption. Based on this situation, the incorporation of yacon flour (*Smallanthus sonchifolius*) as a partial substitute for wheat flour is proposed, seeking to develop a baked product that preserves the characteristic sensory pleasure of bread, but at the same time offers nutritional benefits and a more sustainable alternative to the current food landscape.

The methodology was structured in three phases: in the first, a literature review of academic and technical sources was conducted to understand the nutritional, cultural, and sensory properties of the tubers; in the second, different formulations of a dough-type product (cuca biscuit) were developed, partially replacing wheat flour with yacon flour in percentages of 25%, 50%, and 75%; in order to analyze its technical and organoleptic behavior; finally, laboratory tests were developed to evaluate parameters such as texture, color, moisture, and pH, in addition to a sensory evaluation conducted by students of Gastronomy and Culinary Arts at the Pontificia Universidad Javeriana in Cali.

This work seeks to contribute to knowledge about the potential of yacon in baking as a viable alternative that contributes to diversifying the use of local ingredients, strengthening food sovereignty, and promoting a more balanced relationship between health, pleasure, and gastronomic culture.

Keywords: yacon, baking, wheat flour, tubers, sensory evaluation, gastronomy.

TÍTULO DE LA PROPUESTA

Incorporación de harina de tubérculo en panificación como opción de alto valor nutricional y sensorial para reducir el consumo de harina de trigo.

INTRODUCCIÓN

La alimentación ha sido, desde tiempos remotos, un eje central en la construcción de las sociedades, no solo por su función fisiológica, sino también por su valor cultural, simbólico y emocional. En la actualidad, la relación entre alimentación y salud ha cobrado mayor relevancia, impulsando la búsqueda de productos que, además de brindar placer sensorial, promuevan el bienestar integral del consumidor (Contreras Hernández, 2005; Motta, 2010). Sin embargo, en la dieta moderna persiste una fuerte dependencia de insumos como la harina de trigo, cuyo consumo excesivo puede asociarse con ciertas problemáticas metabólicas y gastrointestinales, lo que plantea la necesidad de explorar alternativas que respondan a una alimentación más equilibrada y sostenible (Perlmutter, 2013; Wangen, 2009).

En Colombia, el trigo ocupa un lugar central en la elaboración de productos panificados, siendo parte esencial de la cultura gastronómica y de la dieta diaria (Alzate, 2003). No obstante, el país depende casi en su totalidad de la importación de este cereal, alcanzando un 99,7 % del consumo nacional (Fenalce, 2022), lo que limita la soberanía alimentaria y reduce el aprovechamiento de cultivos locales. Frente a ello, los tubérculos andinos

emergen como una fuente potencial para el desarrollo de harinas alternativas, aportando diversidad nutricional y fortaleciendo la identidad culinaria regional (García Adum, 2019).

Dentro de estos cultivos, el yacón (*Smallanthus sonchifolius*) destaca por sus propiedades funcionales, especialmente por su contenido de inulina y fructooligosacáridos (FOS), fibras solubles que actúan como prebióticos y favorecen la salud intestinal (Calderón et al., 2017; Jiménez Rodríguez, 2011). Su incorporación en productos de panificación podría ofrecer una alternativa viable que combine beneficios nutricionales con una experiencia sensorial satisfactoria, abriendo camino a innovaciones gastronómicas basadas en ingredientes autóctonos.

Este proyecto busca incorporar harina de yacón como sustituto parcial de la harina de trigo en la elaboración de un amasijo tradicional tipo “galleta cuca”, evaluando su potencial organoléptico, nutricional y cultural. Para ello, se diseñó una metodología que abarcó la revisión bibliográfica, el desarrollo experimental con diferentes porcentajes de sustitución y la aplicación de pruebas sensoriales con estudiantes de Gastronomía y Artes Culinarias de la Pontificia Universidad Javeriana de Cali. A través de este proceso se busca no solo ofrecer una propuesta técnica viable para el sector panadero, sino también contribuir a una reflexión sobre la relación entre alimentación, placer y salud dentro del contexto colombiano (Oviedo Sarria, 2023; Prata Gaspar & Furlani Blanco, 2015).

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Desde el siglo XX, los historiadores han mostrado un creciente interés en la relación entre la alimentación y factores como la cultura y la salud (Motta, 2010). Esta interconexión ha impulsado la difusión del conocimiento sobre los efectos que los hábitos alimenticios tienen en el bienestar humano. Actualmente, los nutricionistas enfatizan la

importancia de esta relación, ya que la alimentación está directamente vinculada con la probabilidad de desarrollar enfermedades que afectan la salud (Contreras Hernández, 2005). De este modo, la interacción entre ambos factores ha motivado a las personas a interesarse por conocer y comprender los alimentos que consumen (Contreras Hernández, 2005). Esta relación entre alimentación y salud ha generado un debate sobre los productos de consumo diario y su impacto en el bienestar, siendo más evidente la dualidad entre comer por placer y elegir opciones saludables en alimentos de arraigo cultural como el pan (Pohjanheimo et al., 2010). Este alimento, compuesto principalmente por harina de trigo, no solo brinda una experiencia sensorial placentera y posee un valor simbólico dentro de diversas tradiciones culinarias, sino que también ha sido objeto de cuestionamientos por sus efectos en la salud. Los jóvenes, en particular, tienden a separar las necesidades fisiológicas de las emocionales, asumiendo que su cuerpo solo requiere energía y nutrientes para su funcionamiento (Prata Gaspar & Furlani Blanco, 2015), dejando de lado el papel del placer en la alimentación. Esta percepción ha fomentado la creencia de que mantener una dieta saludable implica renunciar al disfrute de los alimentos preferidos, y ha llevado a satanizar ciertos productos sin tener en cuenta los beneficios que pueden aportar al organismo (Oviedo Sarria, 2023). En este sentido, el problema no radica en el consumo de un alimento específico, sino en la selección adecuada de productos que proporcionen los macronutrientes necesarios para el día a día (Oviedo Sarria, 2023). Es por esto por lo que se hace necesario examinar con detenimiento el papel que cumple la harina de trigo en la dieta actual, especialmente por su presencia en productos de alto consumo.

En efecto, la harina de trigo está presente en una amplia variedad de productos panificados como el pan, ocupando un lugar central en la cultura alimentaria y en la experiencia

sensorial al consumo. Su relevancia en la dieta colombiana es innegable, según los indicadores cerealistas realizados por la DIAN y Fenalce, el consumo per cápita de harina de trigo oscila entre 20 y 45 kilogramos por persona, lo que evidencia la relevancia de este insumo en la dieta nacional (Fenalce, 2022). Para satisfacer esta demanda, Colombia ha recurrido a la importación masiva de trigo, alcanzando una dependencia del 99,7% de producto importado (Fenalce, 2022). Además, la harina de trigo desempeña un papel fundamental en diversas preparaciones del país, como los amasijos, productos tradicionales que reflejan la cultura colombiana (Alzate, 2003). No obstante, su alto consumo ha generado preocupaciones en el ámbito de la salud, ya que el gluten, una proteína presente en el trigo, puede desencadenar diferentes problemas en la salud (Wangen, 2009). El gluten al tener esa cualidad “pegajosa” afecta en el rompimiento y la absorción de los nutrientes, a su vez, pueden generar problemas como lo son el dolor abdominal, diarrea, estreñimiento y distintas afectaciones que impactan directamente nuestro sistema gastrointestinal (Perlmutter, 2013). En este sentido, la creciente inquietud por sus efectos ha impulsado la búsqueda de alternativas que permitan conservar las propiedades sensoriales y culturales de los productos de panificación sin comprometer la salud de quienes los consumen. Sin embargo, a pesar de este interés emergente, persiste un desconocimiento generalizado sobre la existencia y el potencial de otros insumos que podrían cumplir esta función.

La falta de información sobre opciones alimenticias más equilibradas no solo perpetúa la idea de la alimentación saludable como algo restrictivo (Aranceta Bartrina, 1966), sino que también impide conocer de alternativas viables que pueden ofrecer tanto beneficios nutricionales como sensoriales. Entre estas opciones, y en el contexto específico de los insumos para panificados, se encuentran alternativas que aún son poco conocidas como la

harina de plátano, arracacha, yacón, papa, etc., los cuales tienen beneficios en la salud, y a su vez, pueden lograr productos similares a los que se encuentran hoy en día en el mercado realizadas con harina de trigo. Estos cultivos pueden sustituir parcialmente la harina de trigo al momento de realizar productos de panificación, ayudando a mejorar la textura y aroma de los productos (García Adum. Amalia Celinda, 2019).

Entre los tubérculos de interés por sus propiedades funcionales y su potencial en la panificación se encuentra el yacón (*Smallanthus sonchifolius*), originario de la región andina (Calderón et al., 2017) y perteneciente a la familia Asteraceae (Jiménez Rodríguez, 2011). Este alimento ha despertado creciente interés debido a su contenido de inulina y fructooligosacáridos (FOS), fibras solubles no digeribles que actúan como prebióticos al favorecer el equilibrio de la microbiota intestinal y mejorar el tránsito digestivo mediante la creación de una barrera contra bacterias patógenas (Calderón et al., 2017). Asimismo, sus azúcares de baja digestibilidad contribuyen a la prevención de enfermedades metabólicas como la obesidad y la diabetes (Calderón et al., 2017), posicionando al yacón como un ingrediente funcional con alto potencial para la formulación de productos panificados más saludables sin comprometer sus atributos sensoriales.

A nivel nacional, se ha documentado una experiencia significativa en la elaboración de galletas artesanales con sustitución parcial de harina de trigo por harina de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) (Sierra & Eloísa, 2023), como se presenta en el trabajo de grado desarrollado por Esteban Sierra y Martha Eloísa (2023). En este estudio, se formularon seis muestras con diferentes proporciones de harina de trigo y harina de yacón, y se sometieron a una evaluación sensorial mediante prueba de libre elección, siguiendo la metodología descrita en la Guía Técnica Colombiana GTC-165. La muestra con un 20 % de harina de

yacón y un 80 % de harina de trigo fue la más aceptada por el panel conformado por veinte personas, quienes destacaron atributos como el color, el olor, la textura crujiente y el sabor característico. Este resultado evidenció que es posible incorporar el yacón en productos de panificación sin comprometer la calidad sensorial del producto.

De forma complementaria, otra experiencia relevante se documentó en un estudio realizado por integrantes de la Universidad Nacional Mayor de marcos donde se evaluaron panes enriquecidos con hierro a través de la sustitución parcial del 10 % de la harina de trigo por harinas de papa (*Solanum tuberosum*) y maíz (*Zea mays*). En esta investigación, el análisis sensorial se llevó a cabo con niños escolares entre los 6 y 12 años, aplicando una prueba de ordenamiento seguida de una escala hedónica de tres puntos. Las muestras que incluían proporciones iguales de harina de papa y maíz obtuvieron una alta aceptación, siendo bien valoradas en atributos como sabor, aroma y textura. Aunque los resultados no mostraron diferencias significativas entre las fórmulas evaluadas, el producto fue calificado como agradable por los participantes.

Justificación

En Colombia, la escasa valorización de ciertos tubérculos de alto potencial nutricional y la dependencia casi absoluta de la harina de trigo en productos panificados han limitado la diversificación de insumos en la industria alimentaria. Esta situación no solo representa un desafío para la salud, debido al consumo excesivo de productos con bajo valor nutricional, sino que también evidencia una desconexión entre las necesidades nutricionales y las preferencias sensoriales de los consumidores. En este contexto, surge la necesidad de desarrollar alternativas que no solo promuevan una alimentación más saludable, sino que también respeten el placer y la emocionalidad que acompaña el acto de

comer. Por ello, este proyecto propone la creación de un prototipo de panificado mediante el uso parcial de harinas derivadas de tubérculos ampliamente cultivados en el país. La finalidad es ofrecer un producto que contribuya al bienestar del consumidor sin sacrificar su experiencia sensorial, fomentando al mismo tiempo el aprovechamiento de cultivos locales y la innovación dentro del sector de la panificación colombiana.

Objetivo General

Elaborar un producto de panadería usando una harina de tubérculo como sustituto parcial de la harina de trigo, con el fin de ofrecer una opción que equilibre el placer sensorial del pan con el aporte nutricional derivado de los tubérculos, dirigida a estudiante de Gastronomía y Artes Culinarias de la Pontificia Universidad Javeriana de Cali.

Objetivos Específicos

- Documentar el potencial del uso culinario de la harina de tubérculos como sustituto parcial de la harina de trigo en panificados desde una perspectiva sensorial, cultural y nutricional.
- Formular una receta de panificado sustituyendo parcialmente la harina de trigo por harina de tubérculo, considerando sus características organolépticas en los productos panificados.
- Aplicar una prueba de evaluación sensorial a estudiantes de Gastronomía y Artes Culinarias de la Pontificia Universidad Javeriana de Cali para valorar los atributos visuales, gustativos, de textura y aromáticos del pan elaborado.

Hipótesis

Se plantea que la sustitución parcial de harina de trigo por harina de yacón incrementará la aceptabilidad sensorial del producto panificado tipo galleta cuca, gracias a los aportes organolépticos derivados de sus componentes naturales.

Los porcentajes experimentales empleados en la elaboración de las muestras se establecieron con el propósito de identificar el punto de equilibrio entre el placer sensorial y el valor nutricional del producto final.

MARCO TEÓRICO

Evolución de la Relación entre Alimentación, Salud y Placer

Desde el siglo XX, la historiografía europea ha comenzado a prestar mayor atención a temas que van más allá de lo social y cultural, enfocándose también en los hábitos alimentarios de las poblaciones del pasado. Este cambio de paradigma no se limitó al ámbito histórico, sino que se expandió a otras disciplinas como la medicina, la cual empezó a reconocer la alimentación como un factor clave en la salud. El proceso de colonización de América, al ampliar considerablemente la oferta alimentaria disponible, también incentivó la exploración de los valores nutricionales de los alimentos y su capacidad de generar saciedad (Motta, 2010).

Gracias al cúmulo de investigaciones desarrolladas a lo largo de los años, hoy se comprende que la alimentación está directamente vinculada con el bienestar físico y emocional. Una dieta equilibrada no solo aporta los nutrientes necesarios, sino que también puede contribuir al fortalecimiento del sistema inmunológico y al adecuado funcionamiento metabólico, ayudando a prevenir enfermedades no transmisibles asociadas a la malnutrición

y a dietas desequilibradas (Sánchez et al., 2005). En este contexto, la elección consciente de los alimentos cobra una importancia crucial, al incidir de manera directa en la calidad de vida del individuo.

No obstante, la idea de una “dieta equilibrada” no puede reducirse a una simple fórmula de proteínas, grasas y carbohidratos. Se trata de un concepto dinámico y personalizado, que debe adaptarse a las necesidades energéticas, al contexto vital de cada individuo y a factores sociales, culturales y emocionales que configuran su forma de alimentarse (Sánchez et al., 2005). Desde esta perspectiva, la nutrición no puede comprenderse únicamente desde una óptica biológica; debe incorporar también elementos subjetivos como el placer, la tradición, y el entorno cultural y afectivo.

En este marco, resulta fundamental comprender que la alimentación no responde únicamente a necesidades fisiológicas, sino también a aspectos emocionales y psicológicos. Sin embargo, muchos jóvenes contemporáneos tienden a disociar el acto de comer de la experiencia sensorial y emocional que este conlleva. Según Prata Gaspar & Furlani Blanco (2015), los adolescentes perciben el "comer bien" como una práctica difícil y poco gratificante, lo que se debe, en parte, al desconocimiento de las múltiples alternativas disponibles en el mercado. En otros casos, esta actitud se basa en la elección automática de opciones más accesibles y rápidas, sin explorar alimentos más saludables.

Esta percepción negativa de la alimentación saludable está anclada en una serie de imaginarios sociales y culturales que deben ser replanteados. Comer bien no debe limitarse a una práctica restrictiva o insípida; por el contrario, debería entenderse como un acto que, además de satisfacer una necesidad biológica, contribuya al bienestar emocional, evocando sensaciones placenteras como la saciedad, la felicidad o incluso la nostalgia (Barra

Almagiá, 2003). Es necesario romper con el sesgo que asocia lo saludable con lo insatisfactorio y reformular las narrativas alrededor de la comida nutritiva, dicho sesgo está influenciado por las normas médicas que, en su intento de establecer pautas para la prevención de enfermedades como la obesidad, han sido malinterpretadas por la sociedad, generando estándares estéticos rígidos. Así, se ha promovido una visión de la alimentación centrada únicamente en lo biológico, despojándola de su dimensión cultural y emocional. Como señala Gracia-Arnaiz (2010), estas políticas han llevado a la idea de que una persona "civilizada" es aquella que vigila estrictamente su alimentación, cuando en realidad el objetivo debería ser fomentar la autonomía y el conocimiento crítico sobre los alimentos.

Durante décadas, la información sobre la influencia de las emociones en la salud fue escasa o subestimada. Hoy, gracias a investigaciones más integradoras, se reconoce que existe una relación estrecha entre los aspectos fisiológicos, cognitivos, sociales y conductuales del ser humano, lo cual nos invita a entender el acto alimentario desde una mirada más holística (Barra Almagiá, 2003). En este sentido, es posible establecer una conexión directa entre lo que consumimos y nuestro estado emocional.

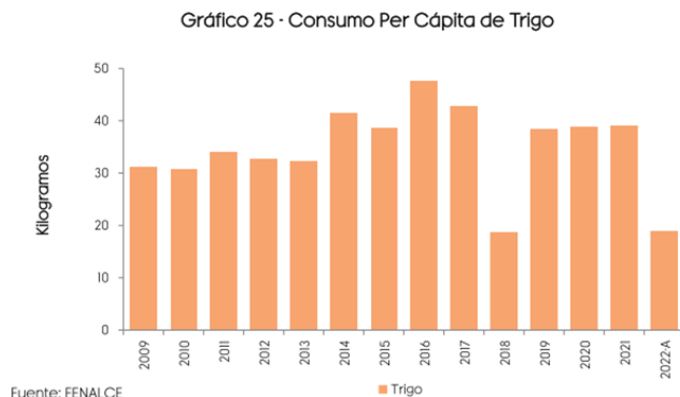
Por ejemplo, el consumo excesivo de productos con altos niveles de azúcares y harinas refinadas se ha vinculado a la disminución de serotonina, neurotransmisor relacionado con el estado de ánimo. Esto ocurre porque dichos alimentos favorecen la proliferación de bacterias anaeróbicas en el intestino, lo cual altera el metabolismo del triptófano e impide una correcta absorción de este aminoácido, necesario para la producción de serotonina (Ramos et al., 2019). En este diálogo entre salud, cultura y emoción, ciertos ingredientes han logrado instalarse con tal fuerza en nuestra cotidianidad que pocas veces cuestionamos

su papel. Tal es el caso del trigo, cuya presencia extendida en nuestras mesas parece incuestionable, pero que, al observarlo más de cerca, revela ciertas tensiones.

Harina de Trigo en Productos Panificados

A pesar de las problemáticas que pueden identificarse alrededor del uso de la harina de trigo, especialmente en términos de salud y sostenibilidad, esta sigue desempeñando un papel fundamental en el ámbito de los productos panificados. Su versatilidad, rendimiento técnico y propiedades organolépticas han consolidado su uso masivo en la industria alimentaria. En Colombia, el consumo per cápita de harina de trigo oscila entre los 20 y 45 kilogramos por persona, lo que demuestra su relevancia dentro de la dieta cotidiana (Fenalce, 2022).

Ilustración 1. Consumo Per Cápita de Trigo.

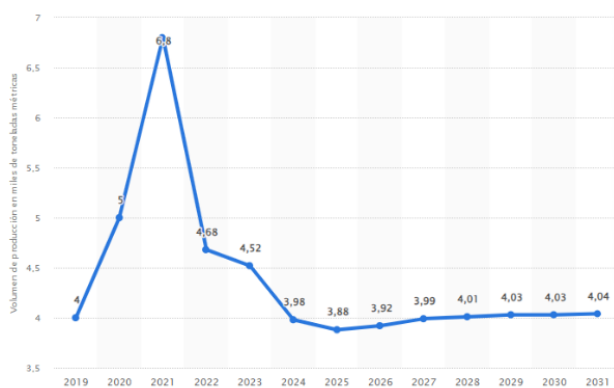


Fuente: (Sierra & Eloísa, 2023).

Este alto consumo exige un abastecimiento constante, lo que nos lleva a una dependencia casi total de la importación: el 99,7 % del trigo que se consume en el país proviene del extranjero (Cardoso & Matiz, 2024). Esto se debe, en gran parte, a que Colombia no cuenta con la tecnología ni con la eficiencia productiva necesarias para competir con países con

tradicción cerealista y mayor desarrollo agrícola, lo cual impide alcanzar niveles deseables de autosuficiencia o avanzar hacia una verdadera soberanía alimentaria.

Ilustración 2. Volumen de Producción de Trigo en Colombia de 2019 a 2031.



Fuente: (Cardoso & Matiz, 2024).

Aunque en décadas pasadas existieron cultivos más significativos de trigo en el país, estos no lograron sostenerse a largo plazo. Un ejemplo clave de esta pérdida de estabilidad fue la crisis del Molino Tundama en Duitama, Boyacá, ocurrida en 1978, que coincidió con políticas nacionales orientadas a fomentar la importación de trigo a precios más bajos. En 1974, Colombia contaba con aproximadamente 207.500 hectáreas cultivadas de trigo, principalmente en los departamentos de Nariño, Cundinamarca y Boyacá, regiones que ofrecían condiciones agroclimáticas favorables como temperaturas promedio de 14°C, estaciones lluviosas bien marcadas y heladas que estimulaban el crecimiento del cultivo (Valderrama, 1975).

En cuanto a los hábitos de consumo, el pan se ha mantenido como un alimento clave dentro de la alimentación colombiana, especialmente en las zonas urbanas. Productos como el pan de leche, la mogolla, el pan aliñado y la almojábana son comunes en desayunos y meriendas (Ardila Pinto et al., 2018). Aunque existen preparaciones tradicionales como las arepas, los envueltos y otros amasijos, el pan ha ganado una alta preferencia por su practicidad, sabor y facilidad de almacenamiento. Este cambio en las prácticas de consumo también responde a la transformación de la vida rural a urbana: mientras que en 1938 el 70 % de la población vivía en el campo y dedicaba sus mañanas a actividades como recolectar, prender el fogón o alistar los animales, hoy en día la cotidianidad exige alimentos rápidos y funcionales, como el pan, la arepa, el huevo o la panela (Ardila Pinto et al., 2018).

Así, el pan se mantiene no solo como un alimento esencial en términos nutricionales y culturales, sino también como un componente profundamente arraigado en nuestros sistemas alimentarios. Sin embargo, ante la alta dependencia de la harina de trigo importada y los retos nutricionales que representa su consumo excesivo, es fundamental explorar nuevas alternativas que diversifiquen nuestra oferta panificable, fomenten la producción local y mejoren la calidad de vida de los consumidores.

Harinas Alternativas

La búsqueda de alternativas más saludables y funcionales en el ámbito de la panificación ha llevado al desarrollo e incorporación de harinas no convencionales. Esto se debe, en gran parte, a que el pan elaborado exclusivamente con harina de trigo no ofrece un perfil nutricional completo. Frente a esta limitación, las harinas alternativas han demostrado mejorar la disponibilidad de ciertos macronutrientes y micronutrientes esenciales, contribuyendo a una alimentación más equilibrada y diversificada (Bravo Yucuma & Yépez

González, 2017). Estas harinas pueden derivarse de distintas fuentes, entre ellas leguminosas, cereales y tubérculos, lo que abre un amplio campo de innovación para la formulación de mezclas específicas dirigidas a la industria panadera. En particular, los tubérculos se destacan como una opción altamente eficiente, no solo por su disponibilidad en regiones tropicales y andinas, sino también por su capacidad para aportar energía en forma de hidratos de carbono, así como cantidades significativas de vitaminas y minerales. De hecho, se ha evidenciado que algunos tubérculos pueden proporcionar incluso mayor cantidad de energía que ciertos cereales (León & Rosell, 2007).

En el contexto actual, donde la dependencia de la harina de trigo importada representa un desafío estructural para la soberanía alimentaria, resulta pertinente identificar y aprovechar tubérculos locales que puedan actuar como sustitutos parciales del trigo. Las harinas elaboradas a partir de estos productos no solo ofrecen ventajas desde el punto de vista productivo, sino que también han mostrado efectos beneficiosos sobre la salud, incluyendo la mejora del tránsito intestinal, el control del peso corporal y la modulación positiva del microbiota intestinal (Xu et al., 2021).

Dentro de las opciones más prometedoras se encuentran el yacón (*Smallanthus sonchifolius*) y la papa (*Solanum tuberosum*), dos cultivos conocidos en el territorio colombiano y con alto potencial para ser transformados en harinas funcionales. Ambas raíces, además de formar parte de la identidad alimentaria andina (Ardila Pinto et al., 2018), poseen propiedades nutricionales que podrían aportar valor agregado a productos panificados, contribuyendo a una alimentación más saludable y a la diversificación del portafolio de ingredientes locales.

Yacón, cultivos, composición e importancia cultural

El yacón (*Smallanthus sonchifolius*), perteneciente a la familia Asteraceae, es un tubérculo domesticado en los Andes que ha logrado expandirse desde el sur de América a lo largo de la cordillera andina y hacia la costa peruana (FAO, 2012). En Colombia, su producción a gran escala aún no se encuentra consolidada, debido a la escasa información oficial y técnica disponible sobre el cultivo. Sin embargo, el yacón figura dentro de las estadísticas de producción de cultivos transitorios en el país, y su presencia suele encontrarse en huertas familiares o pequeños lotes de terreno, donde se cultiva junto a otras hortalizas (Calderón et al., 2017).

A pesar de esta limitada visibilidad a nivel local, el yacón ha ganado reconocimiento en otros países de la región andina. En el ámbito internacional, Perú, Chile y Argentina destacan como principales productores, como se evidencia en la siguiente tabla:

Tabla 1. Producción internacional del Yacón.

PAIS	Superficie cosechada (ha)			Producción (t)			Rendimiento (t/ a)		
	2014	2015	Var. %	2014	2015	Var. %	2014	2015	Var. %
Perú	3.444	3.882	12,7	24.551	28.442	15,8	7,1	7,3	2,8
Chile	2.692	2.590	-3,78	23.589	21.613	-8,38	8,8	8,3	-4,8
Argentina	2.756	2.800	1,6	22.664	23.098	1,91	8,2	8,2	0,3

Fuente: (Calderón et al., 2017).

El creciente interés por el yacón en estos países responde no solo a su potencial productivo, sino también a sus múltiples beneficios funcionales.

Dado su perfil nutricional, el yacón se presenta como un alimento funcional de gran interés para el desarrollo de productos alimentarios. Su composición destaca no solo por su bajo contenido calórico, sino también por la presencia de fibras solubles como la inulina y los

fructooligosacáridos (FOS), minerales esenciales y compuestos bioactivos que fortalecen su valor nutricional. A continuación, se presenta una tabla con los principales componentes del yacón, evidenciando así su potencial:

Tabla 2. Contenido nutricional Yacón.

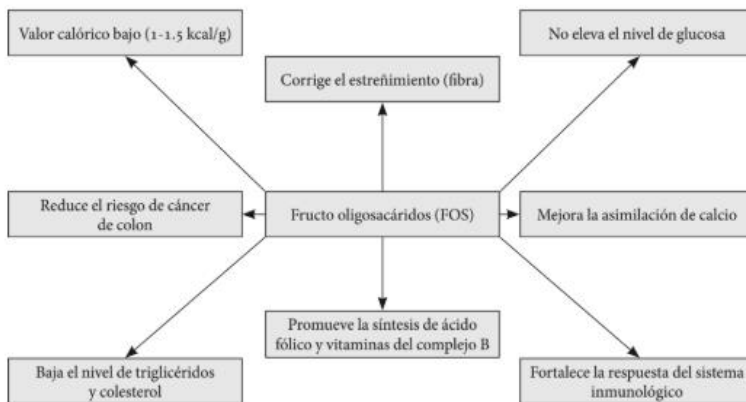
Composición nutricional del yacón

COMPUESTO	RANGO
Energía Kcal.	14.0 - 54.0
Agua g.	86.6 – 90.0
Proteína g.	0.1 – 0.5
Grasa g.	0.3 – 12.6
Carbohidratos g.	12.5 – 23.65
Oligofructosa (OF) g.	6.0 – 19.0
Azúcares simples* g.	1.5 – 4.0
Fibra g.	0.5 – 4.1
Ceniza g.	0.3 – 0.67
Calcio mg.	6.0 - 23.0
Fósforo mg.	21 – 25.4
Hierro mg.	0.3- 042
Potasio mg.	185.0 – 295.0
Retinol mg.	12.0 – 12.8
Tiamina mg.	0.02 – 0.03
Riboflavina mg.	0.11 - 013
Niacina mg.	0.34 – 0.36
Ácido ascórbico mg.	– 13.6

Fuente: (Margalef et al., 2011).

Entre los aspectos más relevantes de este tubérculo se encuentran sus compuestos prebióticos, como los fructooligosacáridos (FOS), los cuales desempeñan un papel importante en la salud humana. Estos azúcares no digeribles, presentes de manera natural en el yacón, actúan como fibra dietaria y favorecen una mejor regulación metabólica.

Ilustración 3. Principales funciones de los FOS .



Fuente: (Sáenz Torres et al., 2016).

Los FOS contribuyen significativamente a la reducción de los niveles de glucosa y colesterol en sangre, debido a que no son absorbidos por el sistema digestivo humano, lo que los convierte en aliados clave en la prevención de enfermedades metabólicas como la diabetes y la hipercolesterolemia (Jiménez Rodríguez, 2011). Además, el yacón promueve el equilibrio de la microbiota intestinal al estimular el crecimiento de bacterias benéficas, mejorando así la salud gastrointestinal (Jiménez Rodríguez, 2011). Por estas razones, se considera una planta multipropósito con alto potencial de aprovechamiento tanto en su

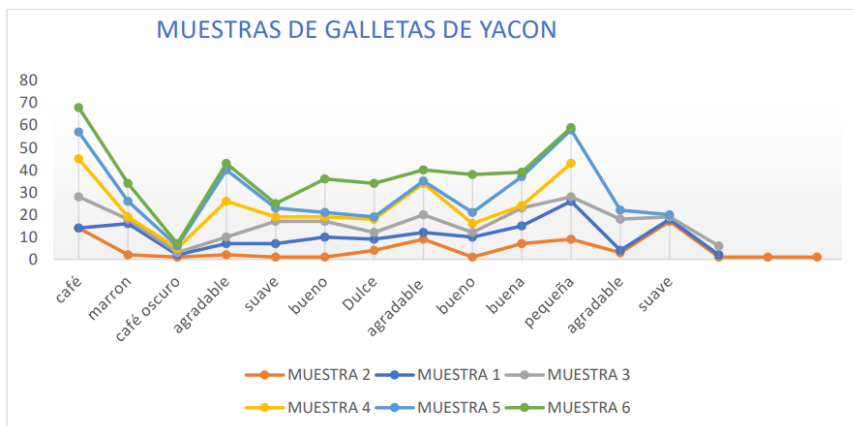
estado fresco como en procesos de transformación, como la obtención de harinas funcionales (Jiménez Rodríguez, 2011).

No obstante, su baja visibilidad en el mercado colombiano, sumada a la escasa investigación aplicada sobre sus propiedades y potencial productivo, ha limitado significativamente su uso y difusión. A pesar de su valor nutricional y funcional, el acceso a este insumo continúa siendo restringido, situación que plantea la necesidad urgente de fortalecer estrategias de investigación, difusión y comercialización para potenciar el aprovechamiento del yacón en la industria alimentaria nacional.

ESTADO DEL ARTE

El proyecto de grado realizado en Bucaramanga por estudiantes de la Universidad Industrial de Santander se vió como oportunidad el uso del Yacón (*Smallanthus sonchifolius*) como sustituto parcial de la harina de trigo en la elaboración de galletas, donde se desarrolló una investigación en la cual se formularon seis muestras distintas de galletas, variando las proporciones entre harina de trigo y harina de yacón, desde un 20% hasta llegar al 100% de sustitución (Sierra & Eloísa, 2023). Para evaluar la aceptación sensorial del producto final, se aplicó un perfil sensorial de libre elección siguiendo la GTC-165 (Sierra & Eloísa, 2023), a través de encuestas realizadas a veinte panelistas no entrenados, quienes evaluaron atributos como el color, olor, sabor y apariencia de las muestras.

Ilustración 4. Comparativa de aceptación en las 6 muestras de las galletas de Yacón.



Fuente: (Sierra & Eloísa, 2023).

Los resultados mostraron una alta aceptación de las galletas elaboradas exclusivamente con harina de yacón, siendo la muestra más valorada por su sabor dulce natural, color café, aroma agradable y apariencia atractiva. Esta preferencia se asocia con la presencia de fructooligosacáridos, compuestos que además de aportar dulzor, benefician la salud digestiva y generan una experiencia sensorial placentera sin necesidad de añadir azúcar adicional. De acuerdo con el escrito, el yacón se posiciona como un ingrediente con potencial funcional en la industria de productos horneados gracias a estas propiedades sensoriales y nutricionales que no comprometen la calidad organoléptica del alimento (Sierra & Eloísa, 2023).

Por otro lado, en el estudio realizado por integrantes de la Universidad Nacional Mayor de Marcos, se propuso analizar el nivel de aceptación de diferentes formulaciones de pan en escolares de entre 6 y 12 años, utilizando una escala hedónica de tres puntos. Las muestras fueron desarrolladas con proporciones variables de harina de papa y maíz, reemplazando en total un 10% de la harina de trigo. La evaluación sensorial fue complementada por una

prueba de ordenamiento y análisis estadístico mediante la prueba de Friedman, para establecer las diferencias significativas entre las muestras.

Tabla 3. Resultados de la prueba de escala hedónica.

Atributo Evaluado	Calificación promedio	
	Fórmula 3	Fórmula 4
Grado de Satisfacción	2,68	2,86

Fuente: (Obregón et al., 2013).

Los resultados indicaron que las fórmulas con mayor aceptación contenían iguales proporciones de harina de papa y maíz, logrando calificaciones elevadas en atributos como sabor, aroma, color y textura. En particular, se destacó la textura suave del pan y un perfil sensorial que evocaba sabores conocidos como el del anís y el pan tradicional, lo que facilitó su aceptación entre los niños. Además, se confirmó que estas formulaciones no solo mantenían el buen sabor del producto, sino que también incrementaban el valor nutricional respecto al pan elaborado únicamente con harina de trigo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

La investigación se realizó en la ciudad de Cali, Colombia, en la Pontificia Universidad Javeriana Cali, en el Laboratorio de propiedades físicas de los alimentos que se encuentra ubicado en el segundo piso del edificio Cedro Rosado, El estudio se desarrolló durante el semestre 2024-02 y 2025-01.

Tipo de investigación

En este trabajo se realizó un tipo de investigación cualitativo con enfoque experimental, para poder analizar qué cambios fisicoquímicos puede llegar a tener el

panificado al momento de cambiar el porcentaje de sustitución de la harina de trigo por harina de yacón, a su vez, como este puede cambiar la preferencia del consumidor (en este caso, los estudiantes de gastronomía y artes culinarias de la Pontificia Universidad Javeriana Cali).

Tipo de diseño

Se empleó un diseño completamente al azar (DCA) con un solo factor de variación: el porcentaje de sustitución de harina de trigo por harina de yacón. El experimento tuvo tres tratamientos (25%, 50% y 75% de sustitución) con tres repeticiones cada uno.

Revisión Bibliográfica

Se llevó a cabo una recolección y análisis de datos basada en artículos académicos, estudios técnicos y fuentes especializadas que aborden las propiedades de los tubérculos, su valor nutricional, su historia como cultivo y su papel potencial en la cultura alimentaria actual. Este análisis permitirá seleccionar los tubérculos a usar para sustituir parcialmente la harina de trigo.

Identificación de preferencias de consumo en estudiantes de Gastronomía

Se aplicó una encuesta estructurada a estudiantes de Gastronomía y Artes Culinarias de la Pontificia Universidad Javeriana de Cali con el fin de identificar los productos de panadería de mayor preferencia en este grupo poblacional. El cuestionario incluyó preguntas cerradas y de opción múltiple orientadas a reconocer hábitos de consumo y razones de estos. Los datos recolectados se sistematizaron en una base de datos y se presentaron mediante tablas y gráficos descriptivos.

Materiales:

- Encuesta digital (Google Forms)

- Computadores y dispositivos móviles
- Excel

Preparación de muestras

Teniendo en cuenta las preferencias del consumidor, se elaboraron tres muestras bases de el producto preferido por el consumidor (amasijos) dándoles una sustitución graduable del 25%, 50% y 75% de harina de trigo por harina de yacón

Análisis fisicoquímico de la harina de yacón y panificado elaborado

En el laboratorio de propiedades físicas de los alimentos de la Pontificia

Universidad Javeriana de Cali se evaluaron características fisicoquímicas de la harina de yacón y de las formulaciones de pan, con el fin de establecer sus características técnicas.

Variables de análisis y métodos:

- Humedad
- Actividad de Agua
- pH
- Color
- Textura

Materiales:

- Analizador de humedad Ohaus MB-23
- pH metro
- Colorímetro
- Texturometro
- Medidor de actividad del agua AQUALAB 4TE
- Utensilios de laboratorio (balanza, cuchillos, recipientes, etc.)

Proceso elaboración galletas cuca con sustitución parcial de harina de trigo por harina de yacón

- Se elaboró un mismo tipo de galleta tipo cuca estándar variando únicamente el porcentaje de harina de yacón.
- Cada una de las variaciones se registró y se codificó de manera anónima para garantizar imparcialidad en la posterior evaluación sensorial.
- Los datos obtenidos en las pruebas fisicoquímicas y sensoriales se analizaron para determinar diferencias significativas entre los distintos tratamientos.

Evaluación sensorial de panificado

Se llevará a cabo una prueba sensorial con estudiantes de Gastronomía y Artes Culinarias de la Pontificia Universidad Javeriana de Cali, utilizando una boleta basada en la escala hedónica de nueve puntos descrita en el artículo “Análisis sensorial: Pruebas orientadas al consumidor” de Juan Sebastián Ramírez. Los atributos evaluados serán apariencia, aroma, sabor y textura, permitiendo medir el nivel de aceptación del producto de manera integral.

Procedimiento:

- Se seleccionará un grupo de estudiantes voluntarios, quienes firmarán consentimiento informado.
- Se entregará una ficha de evaluación a cada participante para calificar las muestras codificadas.
- Los resultados se sistematizarán y analizarán estadísticamente para determinar el grado de aceptación de cada formulación.

Materiales:

- Fichas de evaluación
- Platos, vasos con agua, palillos
- Panes codificados por tratamiento

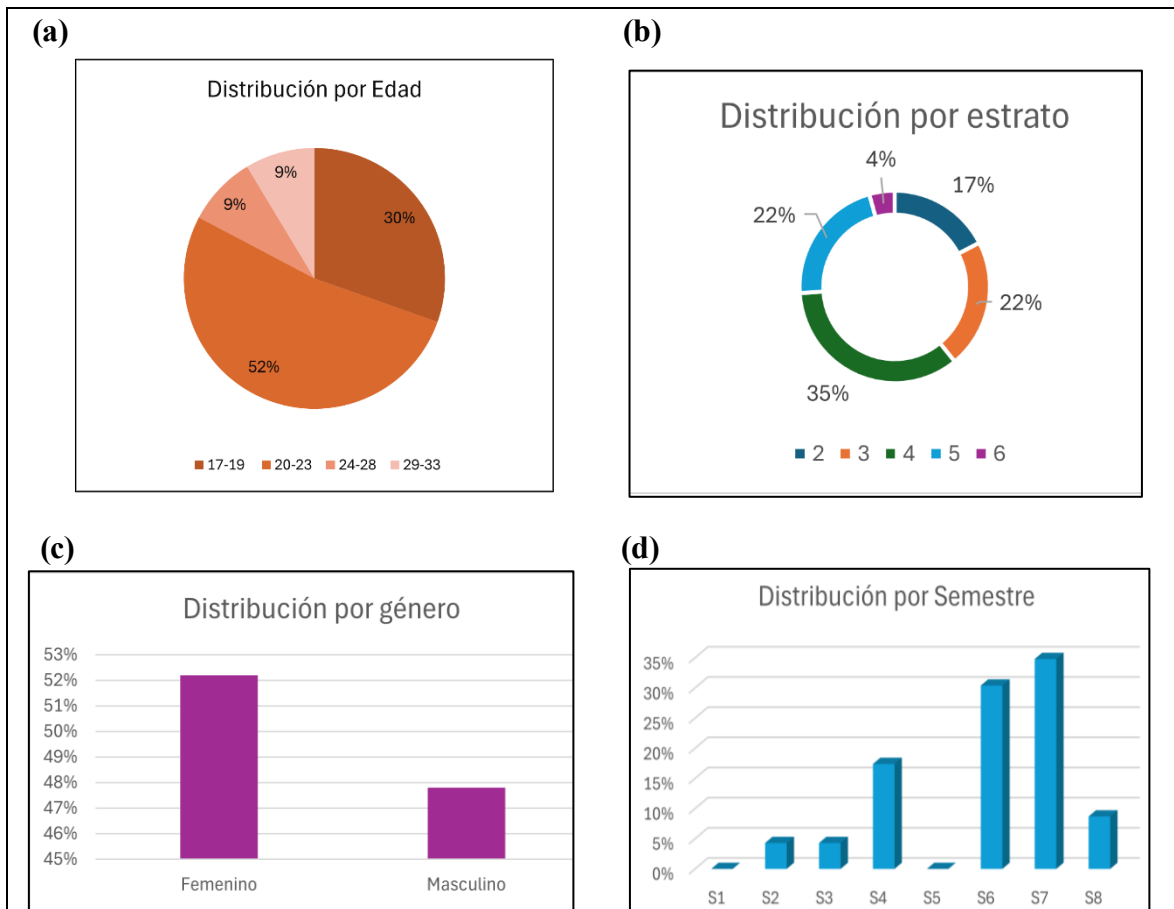
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Previo a formular una receta de panificado que sustituya de manera parcial la harina de trigo, se debió realizar un análisis de preferencias de nuestro público objetivo, esto se logro mediante la elaboración de una encuesta vía “Google forms”. Los resultados se muestran a continuación.

Análisis y hallazgos de la encuesta #1 Preferencias en panificados

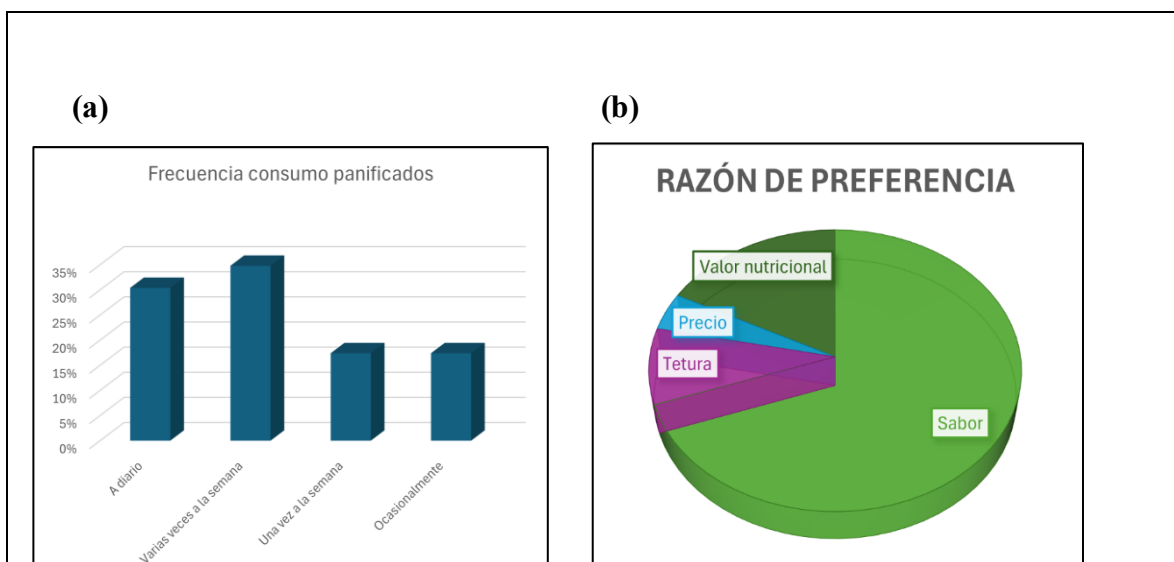
A continuación, se presentan los resultados de la primera encuesta realizada, con un total de 23 encuestados. En la ilustración 1 se puede evidenciar en la gráfica (a) que más de el 50% de los encuestados se tienen entre 20-23 años; En la gráfica (b) se puede evidenciar que los estratos 3, 4 y 5 son los más presentes entre los estudiantes dando un total del 79%; En la gráfica (c) 12 de las personas encuestadas son mujeres y 11 hombres; En la grafica (d) podemos percibir que más del 60% de los encuestados se encuentran repartidos entre sexto y séptimo semestre (“S6” y “S7”).

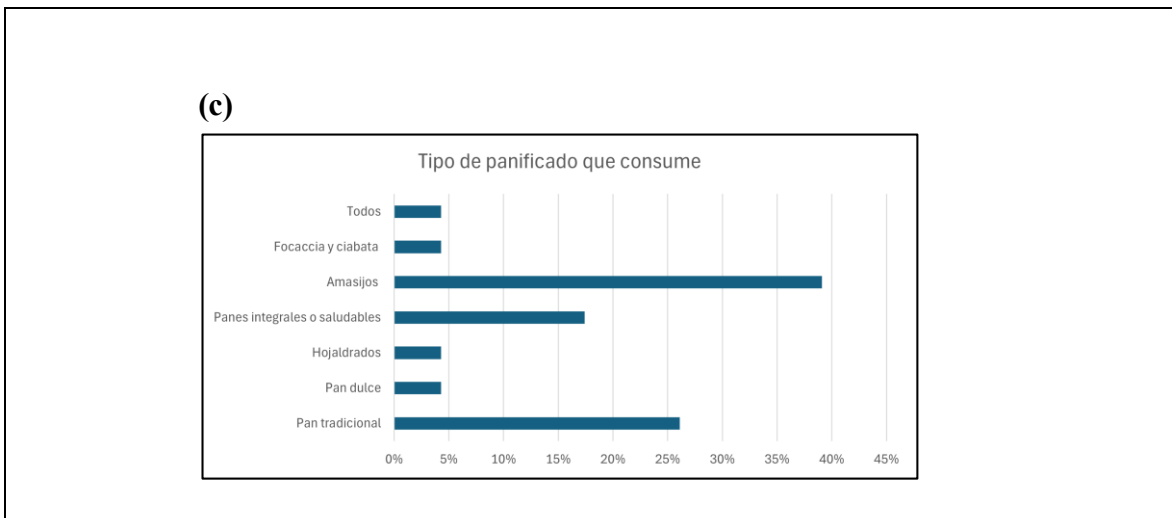
Ilustración 5: Gráfico de resultados encuesta #1



Nota: elaboración propia.

Ilustración 6. Gráfico de resultados encuesta #1.





Nota: elaboración propia.

En la ilustración 2, se observa en la gráfica (a) que el hábito de consumo de productos panificados es elevado, ya que un 60 % de los encuestados manifestó consumirlos varias veces a la semana o de manera diaria; en la gráfica (b) se evidencia que el sabor es el principal factor de elección, con una preferencia cercana al 70 %, seguido por el valor nutricional como segundo factor. Finalmente, en la gráfica (c) se identifica que los productos panificados de mayor consumo corresponden al pan tradicional y a los amasijos, reflejando la importancia de estas preparaciones en los hábitos alimentarios de los estudiantes.

Elección de panificado

Teniendo en cuenta los resultados de la primera encuesta realizada, se realizó una investigación de un amasijo que usara harina de trigo en su preparación llegando a la conclusión de que la galleta cuca sería una opción viable para la elaboración de las muestras.

La galleta cuca tiene diferentes tipos de recetas, variando directamente en la familia que lo elabore y los productos que se tengan disponibles en el momento. Aun así, esta preparación

encapsula la historia y tradición de cada una de estas familias y como se menciona en el libro “Memorias” elaborado por el semillero de investigación de la FACC “estas elaboraciones representan mucho más que simples alimentos; son una celebración de la cultura, la tradición y el amor de la cocina colombiana transmitidos de generación en generación” (Parra Rodríguez et al., 2025).

La preparación de esta se realiza con un subproducto de la caña que es la panela, la cual con la misma se realiza un melado especiado para aportarle color y sabor a la preparación. La galleta cuca es tradicional de la región del Cauca y Valle del Cauca, la cual es conocida como la región azucarera del país. Aun así, se pueden encontrar en diferentes regiones como lo son Antioquia, Cundinamarca y en la costa Caribe. (Múnera Benthán & Henao Ortiz, 2022).

Preparación de harina de yacón

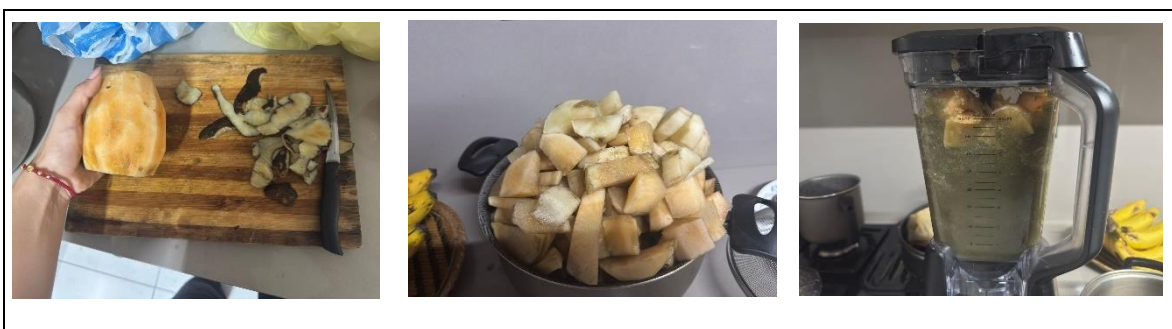
Para la obtención de la harina de yacón se realizó un proceso de secado y molienda del tubérculo, con el fin de obtener un producto estable y apto para su uso en panificación. En primer lugar, se llevó a cabo una limpieza y pelado del yacón, eliminando impurezas y residuos de la superficie para asegurar la calidad del producto final. Posteriormente, el tubérculo se cortó en cubos uniformes y se licuó con el fin de obtener una mezcla homogénea y facilitar la separación del líquido.

El licuado se sometió a un proceso de extracción de líquidos utilizando un colador de café, lo que permitió reducir el contenido de humedad y aislar la parte fibrosa del yacón. Este residuo fibroso se extendió de manera uniforme sobre una bandeja para ser sometido a un proceso de secado en horno a una temperatura de 160 °C durante dos horas, o hasta

alcanzar un nivel de humedad mínimo, asegurando que el material estuviera completamente deshidratado.

Una vez seco, el material se pasó por un molino de grano fino con el fin de obtener una textura homogénea y un tamaño de partícula adecuado para la formulación de los productos de panadería. El resultado final fue una harina con características físicas y sensoriales estables, lista para su utilización experimental en la elaboración de las galletas tipo cuca.

Ilustración 7: Proceso elaboración harina de yacón.



Nota: elaboración propia.

Preparación miel de yacón

El líquido obtenido durante la elaboración de la harina de yacón fue aprovechado para la preparación de miel de yacón, buscando reducir el desperdicio del insumo y aprovechar al máximo sus propiedades naturales. Este extracto se colocó en una olla a

fuego medio junto con canela en rama y clavos de olor, los cuales aportan notas aromáticas y contribuyen al desarrollo de un perfil sensorial más complejo.

La mezcla se mantuvo a temperatura constante hasta lograr una reducción progresiva del volumen y una concentración del contenido de azúcares naturales, proceso mediante el cual se obtuvo una textura más densa y un color ámbar característico. La cocción se dio por terminada cuando la mezcla alcanzó una consistencia espesa y homogénea, similar a la de una miel convencional. El producto final fue filtrado para eliminar residuos sólidos y envasado en frascos esterilizados para su conservación y posterior uso en la formulación de las galletas tipo cuca.

Ilustración 8: Proceso elaboración miel de yacón.



Nota: elaboración propia.

Desarrollo de laboratorios

Para la elaboración de las galletas tipo cuca se tomó como receta tradicional plasmada en el libro “Gran Libro Cocina Colombiana”.

Ilustración 9. Receta de Cuca tradicional

Cucas CAUCA

Grado de dificultad * | Tiempo de preparación: 40 minutos

2 libras (1 kg) de harina de trigo · ½ libra (250 gr) de mantequilla · 1 panela negra · 1 taza de agua · 8 clavos de olor · 4 huevos batidos · 1 cucharadita de polvo de hornear · pizca de bicarbonato disuelto en un poco de leche tibia · 1 cucharada de canela · 1 cucharada de rallado de cáscaras de limón y naranja.

Fuente: (Ordoñez Caicedo, 1984).

Teniendo como base esta receta, se realizó una estandarización con sustitución parcial de la harina de trigo por harina de yacón para la elaboración de las muestras teniendo en cuenta peso bruto, merma y rendimiento.

Ilustración 10. Receta estándar Cuca con harina de yacón

CUCAS - GRAN LIBRO COCINA COLOMBIANA		
INGREDIENTES	UM	CANTIDAD
HARINA	G	150
MANTEQUILLA CAMPESINA	G	38
MIEL DE YACÓN	G	63
CLAVOS DE OLOR	G	0.45
HUEVO	G	37.5
POLVO PARA HORNEAR	G	0.75
BICARBONATO	G	0.30
CANELA	G	0.75
RALLADURA LIMÓN	G	0.75
RALLADURA NARANJA	G	0.75
LECHE	G	1.50
PESO BRUTO	G	293
MERMA	G	15
RENDIMIENTO NETO	G	279
CUCAS x 50 g	G	2.79

Nota: elaboración propia

Primer laboratorio

En el primer laboratorio se elaboraron las muestras iniciales con el propósito de analizar el comportamiento de la harina de yacón en la formulación de galletas tipo cuca, sustituyendo parcialmente la harina de trigo en diferentes proporciones (0 %, 50 % y 100 %) con base en la receta estándar. Como resultado de esta primera fase, se observó que al incrementar el porcentaje de harina de yacón aumentaba la gomosidad de la mezcla debido a la ausencia de gluten, afectando la textura final del producto y alejándose de las características sensoriales propias de una galleta tipo cuca.

Ilustración 11. Proceso de elaboración primeras muestras de Cuca



Nota: Elaboración propia.

A su vez, se pudo percibir que el porcentaje de miel de yacón se debe aumentar para asegurar un color más acercado al original. Para finalizar se determino que los porcentajes ideales para realizar la prueba hedónica deben ser del 25%, 50% y 75%, el cual nos permite conservar las características organolépticas que brinda la harina de trigo.

Segundo laboratorio

Este segundo laboratorio se enfocó en analizar el resultado de las muestras teniendo en cuenta las correcciones que se realizaron el laboratorio pasado, añadiendo más miel de yacón, sustituciones diferentes y mejorar porcentajes de humedad y estética final.

Ilustración 12. Segunda prueba laboratorio



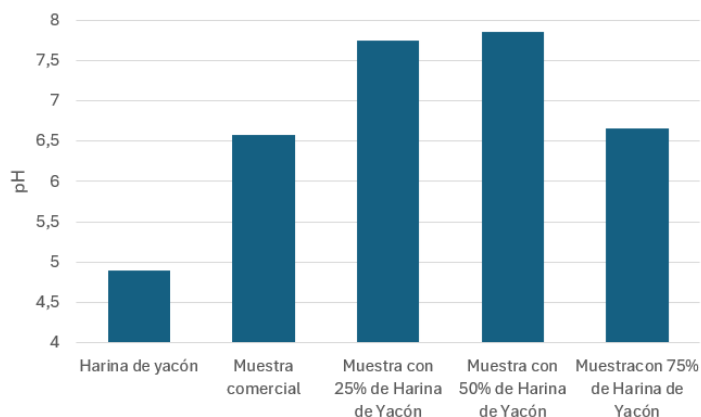
Nota: elaboración propia.

Mediciones fisicoquímicas de las muestras

Con el propósito de profundizar en la caracterización de las muestras elaboradas, se llevaron a cabo diferentes análisis fisicoquímicos tanto de las muestras experimentales como de una muestra comercial de referencia. Estas mediciones permitieron establecer comparaciones puntuales en parámetros específicos, tales como textura, color, pH, humedad y actividad de agua. El análisis de estas variables nos brinda información sobre la estabilidad, aceptabilidad y comportamiento estructural de las galletas tipo cuca elaboradas con sustitución parcial de harina de trigo por harina de yacón. Adicionalmente, se evaluó la harina de yacón de manera individual con el fin de comprender sus propiedades intrínsecas y su influencia en el producto final, permitiendo así un entendimiento más a profundidad de su desempeño en el proceso de panificación.

Análisis de pH

Ilustración 13. Grafica análisis de pH

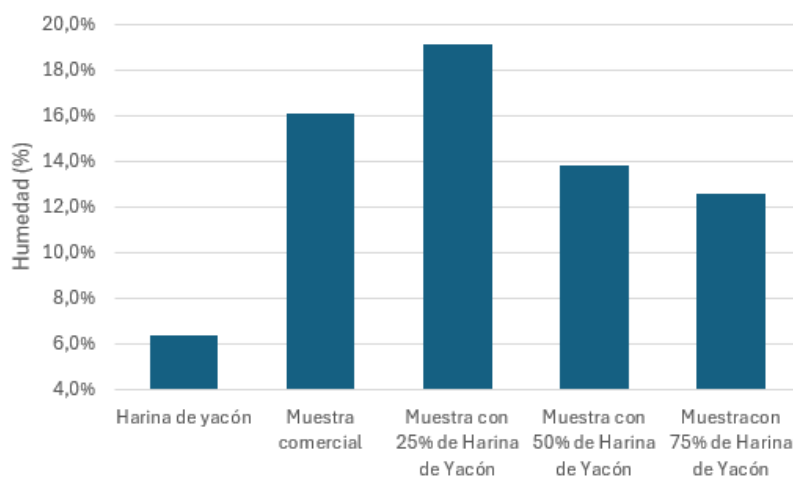


Nota: elaboración propia.

El análisis de pH permitió identificar cómo influye la harina de yacón en la acidez de las galletas. La harina de yacón presentó un pH más bajo (4,9), lo cual es normal por su composición ligeramente ácida, mientras que la muestra comercial tuvo un valor de 6,5, típico de productos elaborados principalmente con harina de trigo. Al sustituir parte de la harina de trigo por harina de yacón, las muestras al 25 % y 50 % mostraron valores más altos (entre 7,6 y 7,8), probablemente porque la mezcla con ingredientes como el melado tiende a equilibrar la acidez natural del yacón. Sin embargo, en la muestra con 75 % de yacón el pH disminuyó a 6,6, indicando que, a partir de cierto punto, la presencia del tubérculo empieza a influir de manera más directa. Aunque los valores varían entre tratamientos, todos se mantienen dentro de rangos esperados para productos horneados y no representan afectaciones negativas en su calidad sensorial o estabilidad.

Análisis de humedad

Ilustración 14. Gráfico % de humedad



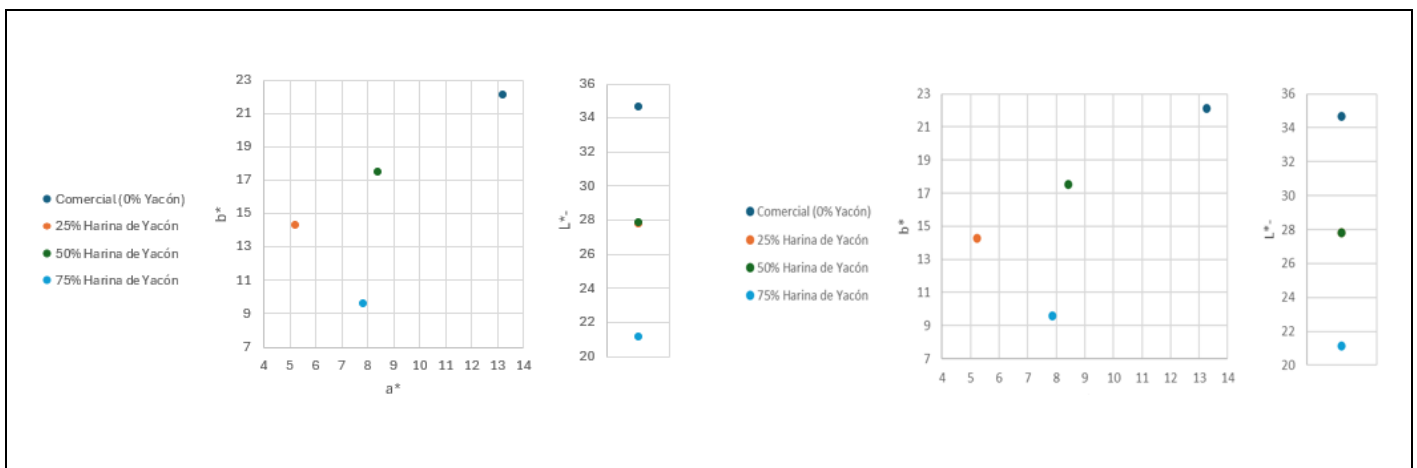
Nota: elaboración propia.

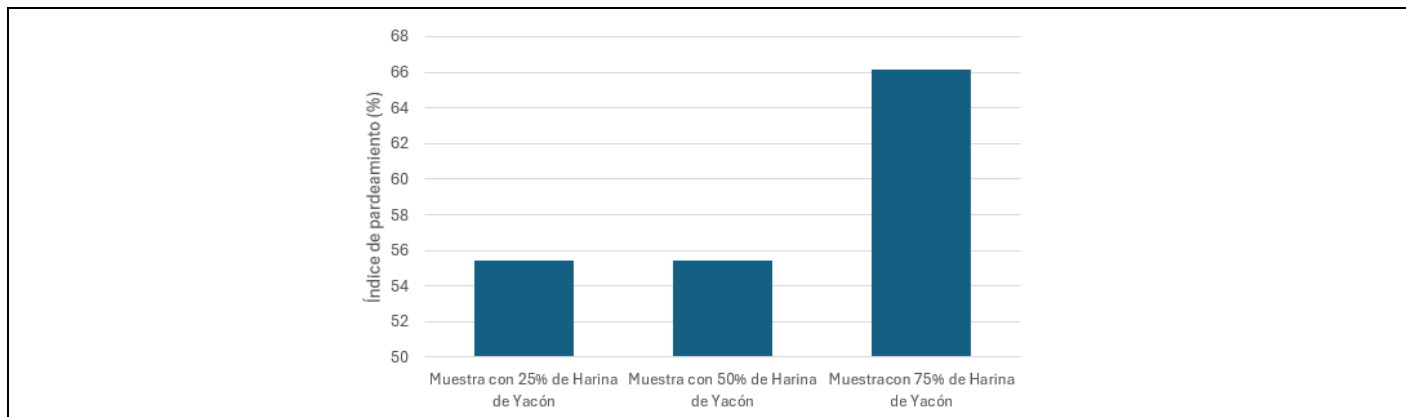
En cuanto al contenido de humedad, se observó que la harina de yacón presentó el valor más bajo (6,3 %), lo que era esperado debido a su proceso de secado previo a la

molienda. La muestra comercial mostró un 16 %, valor habitual en galletas industriales que suelen retener mayor humedad por el tipo de formulación. En las galletas elaboradas con sustitución parcial, la humedad aumentó de forma notable en la muestra con 25 % de yacón, alcanzando el valor más alto del grupo (19 %). Este resultado puede relacionarse con la capacidad del yacón para absorber agua y retenerla durante la cocción, especialmente cuando se combina con harina de trigo. A partir de este punto, los valores disminuyeron progresivamente: la muestra al 50 % registró 13,8 %, y la del 75 %, un 12,7 %, indicando que, cuando la cantidad de yacón es muy alta, la estructura de la masa pierde parte de su capacidad para mantener la humedad. En conjunto, estos resultados muestran que el yacón influye en el comportamiento hídrico de la mezcla y que su aporte es más notorio en proporciones intermedias, mientras que cantidades elevadas generan masas más secas y menos estables.

Análisis de color

Ilustración 15. Gráficas análisis colorimetro





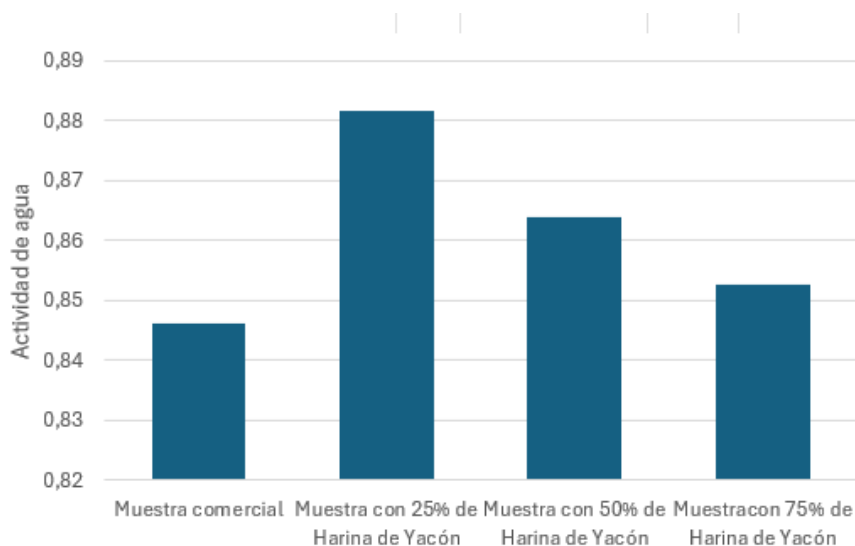
Nota: elaboración propia.

El análisis en el colorímetro permitió observar cómo la sustitución de harina de trigo por harina de yacón modificó el aspecto visual de las galletas. En general, las muestras con mayor contenido de yacón tendieron a ser más oscuras, lo cual se evidencia en la disminución del valor L^* en las formulaciones al 50 % y, especialmente, al 75 %. Esta variación es coherente con el tono natural del yacón y con su comportamiento durante el horneado, donde sus azúcares favorecen reacciones de pardeamiento más marcadas.

En cuanto al parámetro a^* , que indica la presencia de tonos rojizos, se observó un aumento moderado en la muestra al 50 %, lo que refleja un color más propio del melado al reaccionar con el yacón. El valor b^* , relacionado con tonalidades amarillas, también mostró incrementos en proporciones intermedias, aportando un matiz amarillento característico de las galletas tipo cuca. Estas variaciones se ven reforzadas por el índice de pardeamiento, donde la muestra con 75 % de yacón presentó el valor más alto, confirmando que el tubérculo intensifica el oscurecimiento del producto a medida que aumenta su proporción. Todo esto nos dio como conclusión que entre más harina de yacón se agregue, más porcentaje de pardeamiento va a tener la muestra, esto debido a sus tonos profundos.

Análisis actividad de agua (aw)

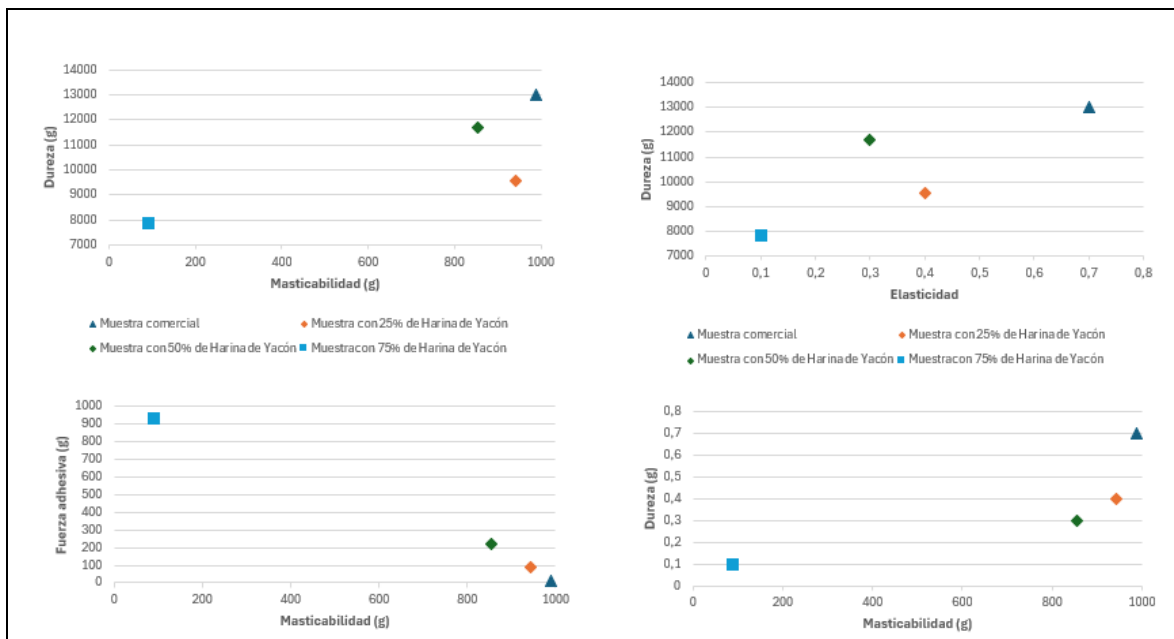
Ilustración 16. Gráfico actividad de agua.



La actividad de agua mostró variaciones entre las muestras en función del porcentaje de sustitución con harina de yacón. La muestra comercial presentó el valor más bajo (0,845), propio de una galleta con estructura más seca y estable. Al incorporar yacón, la muestra con 25 % registró el valor más alto (0,881), indicando una mayor retención de humedad disponible, posiblemente relacionada con la capacidad del yacón para absorber agua y mantenerla durante el horneado. En las formulaciones al 50 % y 75 %, la actividad de agua disminuyó ligeramente (0,867 y 0,853), lo que sugiere que, al incrementar demasiado la proporción de yacón, la masa pierde parte de esa capacidad inicial de retención. A pesar de estas diferencias, todas las muestras se mantuvieron dentro de rangos adecuados para productos horneados, sin comprometer su estabilidad ni su vida útil inmediata.

Análisis de textura

Ilustración 17. Gráficos análisis de textura



Nota: elaboración propia.

La evaluación de textura mostró diferencias entre las muestras según el porcentaje de harina de yacón incorporado. En cuanto a elasticidad, la muestra comercial presentó los valores más altos, ya que el gluten de la harina de trigo favorece una estructura más estable y elástica. A medida que aumentó la sustitución con yacón, la elasticidad disminuyó, evidenciando una masa más quebradiza y menos flexible.

En el parámetro de adhesividad se observó el comportamiento contrario: las muestras con mayor contenido de yacón presentaron valores más altos, indicando una textura más húmeda y pegajosa. Este efecto está relacionado con la capacidad del yacón para retener agua y con la ausencia de gluten, que normalmente aporta firmeza.

Respecto a la dureza y la masticabilidad, ambas disminuyeron conforme aumentó la cantidad de yacón. La muestra comercial fue la más firme, mientras que la formulación con 75 % de yacón resultó notablemente más blanda y fácil de fragmentar. Esto confirma que el

yacón aporta una estructura menos rígida y reduce la resistencia de la galleta durante la mordida.

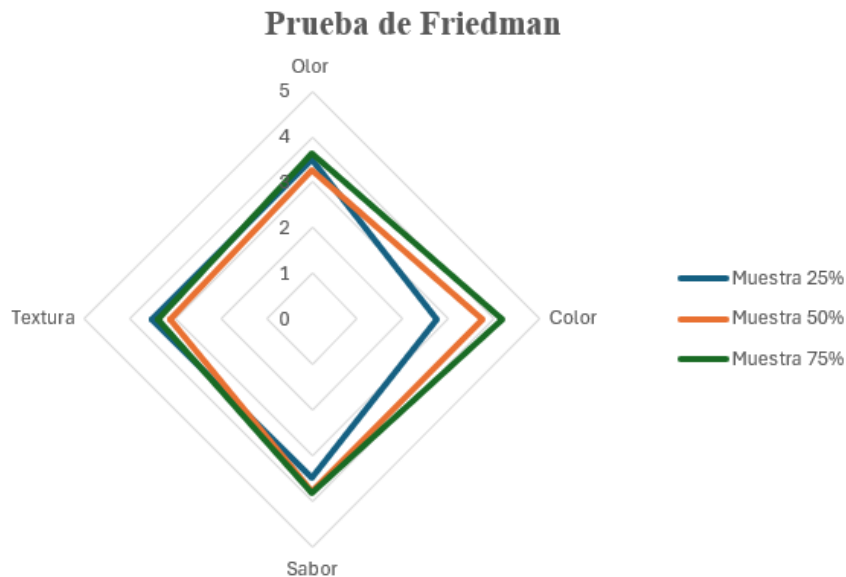
En conjunto, los resultados indican que la incorporación de harina de yacón modifica la textura hacia un producto más suave, menos elástico y ligeramente más adherente, siendo estos cambios más evidentes en porcentajes de sustitución elevados.

Análisis y hallazgos encuesta #2 Degustación muestras

Se llevó a cabo un análisis sensorial con la participación de treinta estudiantes del programa de Gastronomía y Artes Culinarias de la Pontificia Universidad Javeriana de Cali, con el propósito de identificar cuál de las muestras resultaba más aceptada por el público objetivo. Antes de iniciar la degustación, se recopilaron algunos datos generales de los participantes, como el género, el estrato socioeconómico y el semestre cursado, con el fin de caracterizar la muestra poblacional.

Durante la evaluación, se presentaron tres formulaciones distintas de galletas tipo cuca, elaboradas con sustituciones parciales de harina de trigo por harina de yacón en proporciones del 25%, 50% y 75%. Cada muestra fue identificada mediante un código aleatorio para evitar sesgos en las respuestas y garantizar la objetividad del proceso. Entre cada degustación, a los participantes se les proporcionó agua y una galleta de soda con el fin de neutralizar el paladar y evitar la influencia de sabores residuales en la percepción sensorial.

Ilustración 18. Prueba de Friedman en muestras de galleta tipo cuca.



Nota: elaboración propia.

La prueba de Friedman muestra el resultado de la evaluación sensorial de las tres distintas formulaciones que se elaboraron, donde se evaluaron atributos como olor, color, sabor y textura, usando una escala hedónica donde 5 representa el mayor nivel de aceptación.

Las tres muestras presentan un nivel de aceptación similar, lo que evidencia una buena adaptabilidad sensorial del yacón en el producto, a pesar de esto se logran observar factores relevantes.

Entre estas, logramos evidenciar que la muestra con sustitución del 75% obtiene puntajes más altos en los atributos de olor y textura, sugiriendo que a mayor proporción de harina de yacón potencia las características aromáticas y aporta una textura más agradable en la muestra.

Por otro lado, la muestra con sustitución parcial de 50%, mantienen un comportamiento intermedio, lo que sugiere que esta muestra presenta un equilibrio entre el sabor, color y textura del producto.

Por último, la muestra con sustitución del 25% se ubica por debajo de las demás muestras en color y aroma, lo que se entiende que el bajo contenido de yacón no aporta diferencias sensoriales significativas respecto a una galleta cuca tradicional.

CONCLUSIONES

La investigación y desarrollo de un producto panificado (galleta cuca) con sustitución parcial de harina de trigo por harina de yacón demostró ser una alternativa viable y saludable que equilibra el placer sensorial con el valor nutricional. A lo largo del proceso se evidenció que el yacón, por sus propiedades funcionales, puede incorporarse de manera efectiva en productos de panadería, manteniendo características organolépticas agradables y aportando beneficios asociados a la salud digestiva y metabólica. El proceso metodológico, que incluyó la elaboración de diferentes formulaciones con porcentajes de sustitución del 25%, 50% y 75%, permitió analizar de manera comparativa su textura, color, humedad y pH, validando su comportamiento físico y sensorial frente a la muestra comercial.

Los resultados de laboratorio mostraron que la harina de yacón influye en la estructura y color del producto final, generando variaciones perceptibles sin comprometer su calidad general. Asimismo, la prueba sensorial aplicada a estudiantes de Gastronomía y Artes Culinarias de la Pontificia Universidad Javeriana de Cali reflejó una buena aceptación de las muestras, destacándose las formulaciones con niveles intermedios de sustitución por lograr un equilibrio entre sabor, textura y apariencia. Este hallazgo evidencia el potencial del yacón como insumo funcional en panificación, capaz de ofrecer productos más saludables y culturalmente significativos sin alterar la experiencia sensorial del consumidor.

El proyecto contribuye a fortalecer la investigación enfocada en la revalorización de cultivos autóctonos, promoviendo la innovación gastronómica desde un enfoque educativo. De este modo, la incorporación de harinas alternativas como la de yacón no solo plantea una oportunidad de diversificación dentro de la industria panadera, sino que también fomenta un diálogo entre salud, cultura y territorio, elementos esenciales para construir una gastronomía más consciente y coherente con las necesidades actuales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alzate, J. (2003). *PANORÁMICA DE LA COCINA COLOMBIANA*.
- Aranceta Bartrina, J. (1966). Archivos latinoamericanos de nutrición. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 57(4), 313–315. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222007000400002&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Ardila Pinto, F., Bernal Rivas, J., Valoyes, E., & Del Castillo Matamoros, S. (2018). El desayuno en Colombia: una tradición en constante transformación. *Rev Esp Nutr Comunitaria*, 24, 23–29. <https://doi.org/10.14642/RENC.2018.24.sup3.5200>
- Barra Almagiá, E. (2003). *Influencia del Estado Emocional en la Salud Física*. 56–60.
- Bravo Yucuma, A. N., & Yépez Gonzáles, E. Y. (2017). Caracterización y evaluación de harinas alternativas en la elaboración de productos de panadería como sustitutos parciales de la harina de trigo. <https://Sired.Udenar.Edu.Co/9850/>.
- Calderón, C., Fandiño, D., & Chávez, T. (2017). *El Yacón: una alternativa para el sector agrícola colombiano*. https://ciencia.lasalle.edu.co/finanzas_comercioT.M.
- Cardoso, A., & Matiz, J. (2024). *Una mirada a la condición de Colombia como país importador de trigo, posibles escenarios*.
- Contreras Hernández, J. (2005). *La obesidad: una perspectiva sociocultural (Obesity: a socio-cultural perspective)*.
- FAO. (2012). *PROPUESTA DE NUEVO TRABAJO PARA UNA NORMA REGIONAL DEL CODEX PARA EL YACÓN [Smallanthus sonchifolius (Opep et Endee. H. Robinson)]*.
- Fenalce. (2022). *INDICADOR CEREALISTA 2022-A*.
- Gracia-Arnaiz, M. (2010). Fat bodies and thin bodies. Cultural, biomedical and market discourses on obesity. *Appetite*, 55(2), 219–225. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2010.06.002>
- Jiménez Rodríguez, K. M. (2011). *Propuesta para el cultivo y aprovechamiento sostenible del yacón (Smallanthus sonchifolius (Poepp. & Endl.) H. Rob) en Colombia*.

- León, A. E., & Rosell, C. M. (2007). *De tales harinas, tales panes*. 7–480.
- Motta, G. (2010). *La historia, la comida, la salud. Un vínculo siempre más estrecho entre alimentación y medicina*. https://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S0465-546X2010000100008&script=sci_arttext&tlng=pt
- Múnera Benthán, A., & Henao Ortiz, J. J. (2022). *Informe Repostería, Galleta Cuca*.
- Ordoñez Caicedo, C. (1984). *Gran libro de la cocina colombiana*.
- Oviedo Sarria, B. (2023). Cuerpo como Eje Central del Deporte: Rol de las Ciencias Aplicadas. In *Cuerpo como Eje Central del Deporte: Rol de las Ciencias Aplicadas*. CID - Centro de Investigación y Desarrollo. https://doi.org/10.37811/cli_w933
- Parra Rodríguez, L. K., Barrantes, S. I., Medina, V. A., Suarez, D. S., Galeano, L. V., & Ayala, M. A. (2025). *Memorias I Encuentro de Semilleros de Investigación de la FACC*.
- Perlmutter, D. (2013). *Cerebro de pan*. 7–274.
- Pohjanheimo, T., Paasoara, R., Luomala, H., & Sandell, M. (2010). Food choice motives and bread liking of consumers embracing hedonistic and traditional values. *Appetite*, 54(1), 170–180. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2009.10.004>
- Prata Gaspar, M. C., & Furlani Blanco, L. (2015). *La noción del “comer bien” para jóvenes brasileñas y españolas: dietética, cultura, placer y disciplina*. 19–36.
- Ramos, A. de J., Noalles Dols, A., & Rujas Arranz, A. (2019). *SEROTONINA: UN NEUROTRANSMISOR QUE IMPACTA NUESTRAS EMOCIONES*. <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/f0/Serotonin.svg/1200px-Serotonin.svg.png>
- Sánchez, F., Jiménez, F., & Olmediña, B. (2005). *DERIVADOS CÁRNICOS FUNCIONALES: ESTRATEGIAS Y PERSPECTIVAS FUNDACION ESPAÑOLA DE LA NUTRICION (FEN)*.
- Sierra, E., & Eloísa, M. (2023). *APROVECHAMIENTO DEL YACÓN EN HARINA PARA GALLETAS*.
- Valderrama, M. (1975). *EL TRIGO EN COLOMBIA*.
- Wangen, S. (2009). *healthier Withour Wheat*.
- Xu, T., Huang, W., Liang, J., Zhong, Y., Chen, Q., Jie, F., & Lu, B. (2021). Tuber flours improve intestinal health and modulate gut microbiota composition. *Food Chemistry: X*, 12. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2021.100145>