

**CARACTERIZACION DE HARINAS OBTENIDAS A PARTIR DE LA CÁSCARA
DE ÑAME MORADO (*Dioscorea trifida L.*) PARA SU POTENCIAL USO EN LA
INDUSTRIA ALIMENTARIA**

Javier Orlando Rodríguez Quiroz

Lían Alberto Larios Jiménez

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

ASESORES:

DIOFANOR ACEVEDO CORREA, PhD.

JHON EDUARDO RODRIGUEZ MEZA, Magister

UNIVERSIDAD DEL SINÚ SECCIONAL CARTAGENA

PROGRAMA NUTRICIÓN Y DIETÉTICA

PREGRADO

X SEMESTRE

CARTAGENA DE INDIAS D. T. H. Y C.

2024

Tabla de contenido

RESUMEN	4
ABSTRACT	5
INTRODUCCIÓN	7
1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	8
1.1 Descripción del problema	11
2 PREGUNTA DE INVESTIGACION	13
Hipótesis	13
3 JUSTIFICACIÓN	14
4 OBJETIVOS	17
4.1 Objetivo general	17
4.2 Objetivos específicos	17
5 REVISIÓN LITERARIA	18
5.1 MARCO TEÓRICO	18
5.1.1 Ñame (<i>Dioscorea</i>)	18
5.1.2 Ñame Morado (<i>Dioscòrea Trífida L.</i>).....	19
5.2 ANTECEDENTES.....	21
5.3 MARCO CONCEPTUAL.....	31
5.3.1 Ñame (<i>Dioscorea</i> spp.)	31
5.3.2 Cáscara de ñame.....	32
5.3.3 Harina de cáscara de ñame	33
5.3.4 Valor Nutricional del Ñame Morado	33
5.3.5 Sostenibilidad Alimentaria	34
5.3.6 Propiedades Funcionales.....	34
5.3.7 Innovación en la Industria Alimentaria.....	35
5.3.8 Seguridad Alimentaria	36
5.3.9 Beneficios Económicos.	36
6 METODOLOGÍA	37
6.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	37
6.2. Diseño	37
6.3. POBLACIÓN Y MUESTRA	38
6.4. Variables de estudio y operacionalización	39
6.5. Obtención de la harina de cascara de ñame morado	40
6.6. Analizar la aptitud tecnológica y atributos de calidad de las harinas de la cáscara de ñame morado	40

6.6.1.	Determinar propiedades bromatológicas de las harinas	40
6.6.2.	Determinar propiedades fisicoquímicas de las harinas	41
6.7.	Determinar las propiedades tecnofuncionales de las harinas.....	42
6.7.1.	El índice de Absorción de Agua (IAA).....	42
6.7.2.	Poder de Hinchamiento (PH) e Índice de Solubilidad en Agua (ISA) en las harinas de cascaras	42
6.7.3.	Capacidad de Retención de Agua (CRA).....	43
6.7.4.	Actividad de Emulsificación (AE).....	43
6.8.	Evaluar el contenido de fenoles totales y la capacidad antioxidante	44
6.8.1.	Fenoles totales.....	44
6.9.	Análisis Estadístico	47
7.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	48
7.4.	Evaluación del contenido de fenoles totales y la capacidad antioxidante	54
8.	CONCLUSIÓN	55
9.	CONSIDERACIONES ÉTICAS	56
10.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57

RESUMEN.

La producción de ñame es importante para la seguridad alimentaria de las comunidades rurales en muchos lugares del mundo donde es consumido con frecuencia, en Colombia, en particular en el departamento de Bolívar, el ñame cumple un papel fundamental y hace parte de la dieta diaria. Por ello, este estudio se enfocó en analizar las propiedades de la harina de cascara de ñame morado (*Dioscorea Trifida*), sometida a diferentes procesos como liofilización (T1) y diferentes temperaturas de secado en horno a 50°C (T2), 60°C (T3) y 70°C (T4). Se estudiaron las propiedades bromatológicas y tecnofuncionales, en donde los análisis bromatológicos, se determinó la humedad (H), Proteína (%), Ceniza (%), Grasa (&) y Carbohidrato (%); en los análisis tecnofuncionales se determinaron los siguientes análisis como, índice de absorción de agua (IAA), índice de solubilidad en agua (ISA), poder de hinchamiento (PH), capacidad de retención de agua (CRA), capacidad emulsificante (CE), contenido fenólico total (CPT), actividad de antioxidante (ABTS) y capacidad de antioxidante por radical (DPPH), donde se encontró un menor contenido de humedad (H) en las muestras de harina liofilizada (T1), con un resultado de (7,16). Por consiguiente, el índice de solubilidad en agua (ISA) arrojó un mayor porcentaje en la harina secado a 50°C (T2) (18,23), sin embargo, el índice de absorción de agua (IAA) obtuvo un comportamiento favorable a estas mismas condiciones la muestra de harina secada a 70°C (T4) (5,21), en cuanto al poder de hinchamiento (PH) la harina liofilizada (T1) (4,35), fue el más bajo en comparación de la harina secada a 50°C (T2) (5,3). Además, en la capacidad de retención de agua (CRA), la harina liofilizada (T1) destacó resultados mayores (2,28), evidenciando un rendimiento

superior en comparación de las demás muestras. Los resultados obtenidos son importantes para comprender el proceso y uso adecuado de la harina de cascara de ñame morado en diversas aplicaciones alimentarias, siendo similares a una harina comercial.

Palabras Claves. *Industria Alimentaria, Actividad Antioxidante, Harina, Cascara de Ñame Morado.*

ABSTRACT.

Yam production is important for the food security of rural communities in many parts of the world where it is frequently consumed. In Colombia, particularly in the department of Bolívar, yams play a fundamental role and are part of the daily diet. Therefore, this study focused on analyzing the properties of purple yam (*Dioscorea Trifida*) hull flour, subjected to different processes such as freeze-drying (T1) and different oven-drying temperatures at 50°C (T2), 60°C (T3) and 70°C (T4). Bromatological and techno-functional properties were studied, where bromatological analysis, moisture (H), Protein (%), Ash (%), Fat (&) and Carbohydrate (%) were determined; in the techno-functional analyses, the following analyses were determined as, water absorption index (IAA), water solubility index (ISA), swelling power (PH), water retention capacity (CRA), emulsifying capacity (EC), total phenolic content (CPT), antioxidant activity (ABTS) and antioxidant capacity by radicating (DPPH), where a lower moisture content (H) was found in the freeze-dried flour samples (T1), with a result of (7.16). Consequently, the water solubility index (ISA) showed a higher percentage in the flour dried at 50°C (T2) (18.23), however, the water absorption index (IAA) obtained a favorable behavior at these same conditions in the flour sample dried at 70°C (T4) (5.21), as for the swelling power (PH) the

freeze-dried flour (T1) (4.35), was the lowest compared to the flour dried at 50°C (T2) (5.3). In addition, in water holding capacity (WRC), the freeze-dried flour (T1) was the lowest compared to the flour dried at 50°C (T2) (5.3). (T1) showed higher results (2.28), evidencing a superior performance compared to the other samples. The results obtained are important to understand the process and proper use of purple yam hull flour in various food applications, being similar to a commercial flour.

Keywords. *Food Industry, Antioxidant Activity, Flour, Purple Yam Shell.*

INTRODUCCIÓN

El ñame, del género *Dioscorea*, se puede considerar uno de los cultivos de raíces más importantes en el mundo, posee alrededor de 600 especies, pero de todas ellas, apenas seis tienen relevancia económica en los trópicos, siendo el *Dioscorea rotundata* (ñame blanco) y el *Dioscorea alata* (ñame de agua) las de mayor cultivo. Este tubérculo es importante para la dieta de muchas comunidades en América Latina, África y Asia, y presenta un alto potencial para la producción de almidón y otros derivados alimentarios valiosos (Moreno & Martínez 2022; Martínez Reina et al., 2022).

El ñame es un tubérculo muy conocido en la comunidad campesina, donde puede sustituir otros alimentos como la papa y la yuca, su consumo y producción se prioriza en zonas de clima tropical cálido-húmedo. En Colombia, el ñame es muy relevante en la costa Caribe, donde constituye un alimento tradicional en muchas zonas rurales. Aproximadamente, unas 30,000 familias producen ñame, destacándose las variedades criollo, espino y diamante, la mayoría de estos cultivadores son pequeños productores que poseen siembras de hasta 4 hectáreas (Ministerio de Agricultura., 2019).

En el departamento de Bolívar, se cultiva una variedad muy poco conocida de ñame: el ñame morado (*Dioscorea trifida*), el cual es distintivo por su color y por los beneficios nutricionales que incluyen un alto contenido de antocianinas, fibra, y una variedad de vitaminas y minerales esenciales, todo ello, hacen del ñame morado una opción atractiva para enriquecer la dieta local y mejorar la seguridad alimentaria (Procolombia., 2024).

El bajo aprovechamiento del ñame en el caribe colombiano se ha convertido en un problema serio, ya que se pierde una gran cantidad del tubérculo, especialmente los coproductos como las cáscaras, lo que afecta su potencial nutritivo y económico. Además, muchos campesinos desconocen el valor agregado que se puede dar; según Mendoza y Ortiz (2020), la producción de ñame tuvo un promedio de 395.374 toneladas en el año 2010 a 2020; y el 90% de la producción del país la proporciona la Región Caribe.

Por lo anterior, el objetivo del proyecto es evaluar harinas obtenidas a partir de la cáscara de ñame morado para su potencial uso en la industria alimentaria, con el fin de maximizar el aprovechamiento de este recurso y fomentar su inclusión en diversas formulaciones alimenticias.

1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el Caribe colombiano, el ñame morado como alimento fundamental se puede resaltar gracias a su aporte nutricional, pero su cáscara normalmente se desecha durante el procesamiento, lo que hace que se pierda gran parte de su materia prima. El ideal de aprovechamiento de la cáscara de ñame indica que no es un desecho sino un coproducto agrícola en la industria alimentaria. Los trabajos que se han realizado han reportado los aportes nutricionales del ñame y su uso sugiere que la harina elaborada a partir de la cáscara de ñame morado, es una alternativa que ofrece componentes de alto valor nutritivo para la planificación, promoviendo la sostenibilidad y la reducción del desperdicio alimentario. En este sentido, el aprovechar todo el insumo del ñame representa una estrategia para fortalecer la agricultura local y mejorar la seguridad alimentaria en algunas

comunidades que cultivan este alimento y que enfrentan problemas de bajo aprovechamiento.

A pesar de que se han identificado diversas propiedades nutricionales del ñame morado, este alimento no se está aprovechando de manera adecuada para impulsar su utilización y fomentar una economía sostenible en los territorios rurales, ni para su comercialización en el sector de la industria alimentaria. Es importante mencionar que, se han desarrollado estudios para su aprovechamiento, así como se ha hecho con otras variedades de ñame, como el trabajo realizado por Salazar de Marcano y Marcano (2011) en la Universidad de Oriente, Venezuela, en el que se evaluó la harina de ñame (*Dioscorea alata*) para el uso en productos de panadería, se pudo deducir que través de un proceso de secado en estufa a 70 °C, seguido de molienda y tamizado, la harina de ñame tenía propiedades favorables, como alta viscosidad, estabilidad y consistencia en sus suspensiones; así mismo, se podría emplear en la formulación de mezclas de harinas para panificación

Ahora bien, teniendo en cuenta que en Colombia existen muchas variedades de cultivos ancestrales se puede resaltar que hay muchas oportunidades de investigar los insumos de las diferentes culturas alimentarias para darles un mayor valor agregado. Sin embargo, lo que limita el proceso es la falta de estrategias y métodos que permitan proporcionar un valor agregado a estos productos agrícolas y aprovechamiento de sus coproductos como lo es la cáscara, que representa un porcentaje significativo de todo el tubérculo, esto ha generado que existan importantes pérdidas en la postcosecha (Sánchez y

Hernández., 2029). Todo esto, se convierte en un problema, debido a que afecta la seguridad alimentaria y afecta negativamente en la economía de agricultores de algunas regiones del país (Tejada., 2018).

Los estudios que se han desarrollado muestran que actualmente hay pocas alternativas de aprovechar todo el cultivo, esto se debe, al bajo conocimiento del potencial del tubérculo y sus coproductos generando que se desaproveche gran parte y no se generen oportunidades para la economía circular y sostenible en el sector alimentario. Lo que lleva a que gran parte del ñame morado y en especial su cáscara se descarta durante el procesamiento, generando desperdicio del coproducto

El ñame morado, como se viene planteando, se conoce porque aporta muchos beneficios a la nutrición, partiendo de que contiene vitaminas, minerales y antioxidantes (Shrivastava, Gupta & Srivastav., 2024). El ñame morado, es un tubérculo que se distingue por su tamaño más pequeño en comparación con otras variedades como el ñame Diamante o Espino y tiene un intenso color púrpura en el interior, dentro de su composición se puede encontrar compuestos antioxidantes, también mencionar otros compuestos como, el ácido clorogénico y al ácido felúrico; además, polifenoles (flavonoides y antocianinas). Los antioxidantes han demostrado tener un papel importante en la salud humana con la prevención de enfermedades degenerativas como Alzheimer, artritis, cáncer, diabetes y enfermedades cardiovasculares y previenen o retrasan la oxidación, combatiendo los radicales libres y reduciendo el estrés oxidativo (Mendoza., 2024).

Así mismo, se le puede dar un valor agregado a los coproductos del ñame morado, abriendo nuevas oportunidades de innovación en la industria alimentaria. Por lo que, se puede contribuir a una diversificación en las fuentes de ingredientes alimentos en beneficio de los consumidores, específicamente en aquellas regiones donde el ñame morado es muy cultivado y es una fuente con alto valor nutritivo que puede aportar beneficios en la seguridad y soberanía alimentaria en países en desarrollo que buscan mejorar la calidad de la dieta con nuevas alternativas nutritivas para el consumidor.

Por lo tanto, resulta conveniente investigar los beneficios nutricionales de este alimento para conocer cómo puede ayudar a mejorar la salud y aportar a la seguridad alimentaria. Esto también puede ser útil para impulsar la innovación en el sector de alimentos, algo muy necesario en un país tan diverso y rico como Colombia en cuanto a su gastronomía y recursos.

1.1 Descripción del problema

Cuando se utiliza el ñame morado con fines alimentarios siempre se desecha la cáscara, lo que representa un bajo aprovechamiento de sus coproductos, por lo tanto, el desecho podría ser un potencial ingrediente alimentario. Esto se genera gracias al desconocimiento de las prácticas y estrategias de este tubérculo; según el Ministerio de Agricultura (2020), la acumulación de residuos agrícolas provenientes de los coproductos, puede contribuir a la contaminación del medio ambiente, incrementando daños en el suelo y del agua. El uso inadecuado de la cáscara de ñame morado es potencial en la introducción de fuentes nutricionales valiosas como el aporte de fibras,

proteínas y antioxidantes que pueden ser usados en la producción de otros alimentos o ingredientes alimenticios (Aguilar Brenes., 2021). Por ello, la cáscara del ñame morado, en lugar de ser considerado un desperdicio, podría ser tratado y usado como un derivado, incrementando el valor añadido del tubérculo y contribuyendo a prácticas más sostenibles en la industria alimentaria de los territorios donde se cultiva y se comercializa.

El principal problema es la falta de alternativas para la valorización de este tubérculo, lo que va generando una brecha en la producción, el aprovechamiento y la comercialización de este alimento, impactando negativamente a los territorios que lo cultivan. Por ello, surge la necesidad de desarrollar esta investigación y plantear alternativas que sean innovadoras para los productores de ñame morado y la utilización del coproducto.

Además, es importante concienciar a la población consumidora y productora de ñame que la cáscara es fuente de compuestos bioactivos y de fibras dietéticas que podrían ser aprovechados para desarrollar productos alimenticios de alto valor agregado (García et al., 2020). Sin embargo, el problema siempre ha radicado en la falta de tecnologías y conocimientos específicos sobre el procesamiento de este coproducto que ha limitado su potencial uso.

Uno de los principales desafíos es a la transformación de esta cáscara, que se considera erróneamente un residuo, en un alimento que haga parte de la dieta diaria de las personas, dándole paso a una alternativa novedosa que aporta nutrientes esenciales al cuerpo humano y que genere mejores condiciones

económicas a sus productores. Actualmente, no se han implementado soluciones efectivas para la integración de la cáscara de ñame en la cadena de valor alimentaria, y esto puede representar una verdadera oportunidad de innovación en el desarrollo de productos que reduzcan el desperdicio y estimulen una dieta más saludable y sostenible a partir de este insumo alimenticio (Martínez Reina et al., 2022). Por tal razón, se busca llenar el vacío que esto conlleva, desarrollando investigaciones que presenten mayores posibilidades de convertir la cáscara de ñame morado en harina como una práctica más eficiente y beneficiosa en la industria alimentaria de pequeños, medianos y grandes productores.

2 PREGUNTA DE INVESTIGACION

¿Cómo se puede obtener harinas de cáscara de ñame morado (*Dioscorea trifida L.*) con buenas propiedades antioxidantes y tecnofuncionales que potencian su uso en la industria alimentaria?

Hipótesis

Las harinas obtenidas a partir de la cáscara de ñame morado poseen una capacidad antioxidante significativa y propiedades funcionales beneficiosas para ser utilizada en la industria alimentaria.

3 JUSTIFICACIÓN

El ñame (*Dioscorea spp.*) es un tubérculo de alto valor nutritivo perteneciente a la familia de las Dioscoreáceas, originaria de África, esta planta trepadora se haya en los trópicos y ha extendido su presencia al sur de Asia, Oceanía, Centroamérica, las Antillas y países del Caribe, como Colombia. Su versatilidad en la cocina permite consumirlo de diversas formas, al vapor, cocido, frito, al horno, asado o como ingrediente principal en postres (Hurtado & Bustamante., 2017). A nivel mundial, África lidera la producción de ñame, mientras que Colombia registra una producción anual de 419,267 toneladas, en el país se siembra principalmente en la Región Caribe, donde ha alcanzado importancia social y económica debido a que aproximadamente 20.000 familias, principalmente de pequeños y medianos productores, derivan su sustento diario de este cultivo (Sánchez., 2021).

El cultivo del ñame requiere condiciones medioambientales específicas, obteniendo una temperatura que oscila los 18 y 30°C, una precipitación anual de aproximadamente 1500 mm y una intensidad de riego variable según el tiempo de siembra. Aunque se adapta a diferentes tipos de suelo, su mayor productividad se logra en suelos arenosos y profundos, con una altitud máxima de 800 m s.n.m. (González., 2012). La cosecha se lleva a cabo después de nueve a diez meses de la siembra, cuando las hojas de la planta se tornan amarillas y marchitas (Borges et al., 2020).

A pesar de ser ampliamente cultivado en la región, el ñame enfrenta desafíos como la sobreproducción y pérdidas del cultivo, lo que obliga a muchos

agricultores a vender sus productos a precios bajos. Factores como el alza en los precios del transporte, la falta de mercado, el mal estado de las vías veredales y la limitada aplicación tecnológica agudizan las restricciones en la producción del tubérculo. La escasa investigación y la falta de información centrada en el aprovechamiento industrial y económico del ñame limitan las posibilidades de aplicaciones tecnológicas y la identificación de mercados potenciales para impulsar el desarrollo productivo del cultivo (Ospino et al., 2017).

En Colombia, el ñame morado no ha sido caracterizado y las alternativas de agro-transformación a nivel industrial no se han planteado ante la falta de bases científicas, sin embargo, según Cuesta et al. (2022), algunas asociaciones campesinas transforman el producto y sus coproductos como las cáscaras se han empleado como harinas utilizando técnicas artesanales para producir alimentos de engorde. El departamento de Bolívar es el principal productor de ñame a nivel nacional, de acuerdo con los datos del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2020). Sin embargo, los cultivadores en el departamento sufren constantes pérdidas económicas por los precios inestables y pocas alternativas de innovación en la cadena productiva, los cuales son generados por no contar con suficiente información sobre sus características nutricionales, y por la falta de tecnologías que posibilite desarrollar productos derivados para su posterior consumo y aprovechamiento alimentario. Todo esto afecta a un gran número de pequeños y medianos productores de ñame que conforman zonas económicas deprimidas

Valorar la cáscara de ñame morado mediante su transformación en harina puede ser una alternativa para darle una solución innovadora al problema del desperdicio de coproductos agrícolas. Con esto, se pretende contribuir a la

sostenibilidad ambiental al reducir residuos y ofrece beneficios económicos al momento en el que se proporciona un ingrediente nutritivo y asequible para la industria alimentaria. Por otro lado, este estudio puede abrir nuevas oportunidades para el desarrollo de productos innovadores y sostenibles en la industria alimentaria, apoyando la economía local y promoviendo prácticas agrícolas más sostenibles; particularmente en la subregión de los Montes de María, donde gran parte de la población rural depende del cultivo del ñame, pero tienen muchos problemas con el aprovechamiento de las cosechas.

Según Zhou et al. (2023), innovadoras formas de estudiar las harinas de diferentes alimentos se pueden aplicar al desarrollo de una harina de la cáscara del ñame morado, para optimizar el proceso de mezcla de esta y asegurando que se convierta en una opción acertada para nuevos productos alimenticios. Por ende, es necesario el estudio completo del proceso de obtención de la harina, en aras de garantizar un procesamiento eficaz y un producto final de la más alta calidad. Del mismo modo, Argaw et al. (2024), demuestran que las propiedades estructurales y químicas de las harinas de ñame, proporciona información importante sobre cómo se puede utilizar este tipo de tubérculo en el procesamiento de alimentos, donde puede guiar a los científicos, fabricantes y desarrolladores de productos de alimentos en la optimización de la formulación y las condiciones de procesamiento de varios productos que incorporan harina de ñame como ingrediente, aportando ricos componentes nutricionales.

Este marco integrador, demuestra cómo podemos entender la optimización de las prácticas agrícolas y procesamiento de alimentos, contribuyendo el desarrollo de nuevas alternativas innovadoras y sostenible en el sector

alimentario, apoyando a la exploración de análisis y estudios del ñame morado (*Dioscorea Trifida*).

4 OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

- Caracterizar harinas obtenidas a partir de la cáscara de ñame morado (*Dioscorea Trifida L.*) para su potencial uso en la industria alimentaria

4.2 Objetivos específicos

- Determinar la composición fisicoquímica y bromatológica de las harinas obtenidas a partir de la cáscara de ñame morado.
- Analizar las propiedades tecnofuncionales de las harinas de la cáscara de ñame morado
- Determinar la actividad antioxidante y el contenido de fenoles de las harinas de la cáscara de ñame morado

5 REVISIÓN LITERARIA

5.1 MARCO TEÓRICO

5.1.1 Ñame (*Dioscorea*)

El ñame, perteneciente a la familia *Dioscorea spp.* Es un tubérculo de consumo, con un alto valor nutricional. Originaria de África, esta planta se encuentra en las zonas tropicales, abarcando regiones como el sur de Asia, Oceanía, Centroamérica, las Antillas y, en particular, en países del Caribe como Colombia. Su versatilidad en la cocina permite su consumo de diversas maneras: cocido, al vapor, al horno, frito, asado o como ingrediente principal en algunos platos de repostería (Hurtado & Bustamante., 2017).

El género *Dioscorea* agrupa aproximadamente 600 especies, siendo solo 12 de ellas para su consumo. Por lo tanto, se destacan especies como la *Dioscorea alata* (ñame blanco, amarillo, morado y negro), *Dioscorea rotundata* (ñame portugués), *Dioscorea cayenensis* (ñame amarillo) y *Dioscorea trifida* (Yampí o ñame mapuey). Según Reina (2012), menciona que 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. El ñame se destaca nutricionalmente 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., 2019).

5.1.2 Ñame Morado (*Dioscórrea Trífida L.*)

El ñame morado es una variedad de ñame perteneciente a la familia *Dioscoreaceae*, de la especie *Dioscorea trifida* (DT), que se puede encontrar en regiones tropicales, como el Amazonas. Son tubérculos con un fuerte color púrpura debido a la presencia de las antocianinas (Santo et al., 2022). Las antocianinas, además de colorantes, son antioxidantes naturales que tienen importantes propiedades nutricionales y funcionales con la capacidad de reaccionar con los radicales libres, causantes del daño celular y las enfermedades degenerativas (Adomeniene & Venskutonis., 2022). De esta manera, el ñame morado posee componentes altamente nutritivos, también está compuesto por otros compuestos bioactivos como mucinas, diosgeninas y compuestos fenólicos, tiene un bajo contenido en grasas (lo que los convierte en una buena fuente dietética), un buen contenido en proteínas es rico en minerales (fósforo, calcio y hierro), vitaminas del complejo B y vitaminas A y C. Como la mayoría de los tubérculos, el DT tiene alrededor de un 70% de humedad, suele venderse in natura y almacenarse a temperatura ambiente, lo que provoca su rápido deterioro (Santos et al., 2021).

El ñame morado, un tipo de ñame exhibe características tecno-funcionales similares a otras especies de ñame, con un contenido de amilosa y amilopectina

del 23.636 % y 76.363 % respectivamente. Destaca por su elevado índice de absorción de agua, lo que lo hace atractivo para aplicaciones en la industria alimentaria y mejora de productos alimenticios (Salgado et al., 2019; Santos et al., 2021). El ñame, cultivado principalmente por pequeños y medianos agricultores, desempeña un papel socioeconómico crucial en estas comunidades. Aunque predomina en la región Caribe de Colombia, su destino principal es el consumo local, con escasa industrialización y transformación, a pesar de ser considerado un cultivo huérfano por la FAO en la lucha contra el hambre. Solo una fracción de la producción que cumple con estándares de calidad se exporta a Estados Unidos, Puerto Rico, España y Alemania, principalmente para consumo latino y propósitos farmacológicos (Minagricultura., 2021).

Investigaciones similares sobre las propiedades fisicoquímicas y funcionales de diferentes especies de ñame, como *D. bulbifera*, *D. trifida* y *D. esculenta*, han destacado su potencial para aplicaciones industriales alimentarias, especialmente en panadería y repostería debido a su capacidad de retención de agua (Espitia et al., 2016). El procesamiento de harina de ñame, listo para su uso no solo diversifica la oferta de productos, sino que también puede impulsar el desarrollo de una industria de harina o almidón de ñame, agregando valor al mercado. Además, el uso de almidón de ñame contribuye a reducir las pérdidas asociadas a la baja demanda de tubérculos frescos en el mercado en momentos de cosecha excesiva (Yalindua et al., 2021). Las harinas de diferentes variedades de ñame han demostrado propiedades funcionales notables, como la estabilidad de las suspensiones a altas temperaturas y bajos valores de pH, siendo útiles en

productos que requieren mantener su viscosidad durante el calentamiento constante, como sopas, fideos y pudines instantáneos (Salcedo et al., 2024; Susiloningsih et al., 2018). Además, destacando su versatilidad, siendo utilizada en la industria de productos panificables con resultados prometedores (Lertpatcharasirikul et al., 2013; Acuña 2012). Investigaciones sobre la harina de ñame morado han demostrado su contenido nutricional, con un alto porcentaje de almidón, sugiriendo su potencial uso en productos congelados que requieren retención de agua post-descongelación (Lertpatcharasirikul et al., 2013). Asimismo, estudios sobre el uso de harina de ñame en panadería, pastelería, alimentos infantiles y espesantes han arrojado resultados positivos, gracias a la alta viscosidad, estabilidad y consistencia de las suspensiones de estas harinas (Marcano., 2011; Yalindua et al., 2021; Sari et al., 2022). Por lo tanto, investigaciones de Yalindua et al. (2021), señala que la harina de ñame morado es una opción nutricionalmente mejorada, utilizada con éxito en la elaboración de galletas procesadas.

5.2 ANTECEDENTES

A continuación, se presentan estudios que proporcionan un contexto relevante para la investigación, sobre la viabilidad de utilizar harina obtenida de la cáscara de ñame morado (*Dioscorea trifida* L.) en la industria alimentaria. Dichos estudios incluyen investigaciones internacionales y nacionales que abordan el uso y la modificación de harinas de ñame y batata en diversas aplicaciones.

Para mencionar a los estudios a nivel internacional, es importante destacar que existen investigaciones que se han centrado en estudiar la modificación

enzimáticas de las harinas y también de los almidones presentes en el ñame. Algunas investigaciones demuestran que, existe un potencial nutricional en las harinas que se puedan obtener del ñame en cualquiera de sus variedades y la capacidad que tienen para ser aplicada en otros productos alimenticios, ya sea como añadido o complemento (García et al., 2023).

La recopilación de estos antecedentes, determina que tan viable es la obtención y producción de harina de ñame morado para la implementarlo en la dieta diaria de las personas, optimizando aportes nutriciones, reduciendo el desperdicio y desaprovechamiento de insumos en su totalidad, aportando en la economía sostenible, en las comunidades rurales que han dedicado su labor para cultivar, producir y vender este producto, evidenciando además una innovación en la creación de productos nutricionales con técnicas de alta tecnología.

Para la búsqueda de los antecedentes investigativos, las investigadoras se apoyaron en buscadores especializados como Google Académico, DIALNET y Scielo, describiendo los conceptos claves del estudio como alimentos ultra procesados, los efectos, estado nutricional de los infantes, los cuales arrojaron resultados importantes y valiosos. A continuación, se describen.

En primer lugar, se describe el estudio realizado por Techeira (2014), investigó la formulación y evaluación de productos alimenticios dirigidos a adultos mayores, utilizando almidones modificados y harina de ñame (*Dioscorea alata*). Este trabajo se vinculó a la búsqueda de un néctar a partir del durazno usando la harina de ñame como complemento espesante, lo que arrojó que este néctar pudo

obtener los beneficios esperados similares a los otros productos presentes en el mercado, debido a que la harina de ñame tiene aptas características químicas y físicas deseables para la elaboración de este producto, todo ello teniendo en cuenta la parte microbiológica puesta a prueba durante 30 días en refrigeración. La harina de ñame demostró ser un espesante con capacidad para formar geles suaves y evitar la separación de fases, lo que hace que el producto final tuviera aceptación en color, la consistencia y demás apariencia general.

Así mismo, Tarazona y Flores (2021), estudiaron los componentes nutricionales que posee la harina de ñame (*Dioscorea Alata*), como sustituto a la harina de trigo, evaluando los efectos de dicha sustitución parcial, sobre las características fisicoquímicas, nutricionales, sensoriales y como puede rendir en la industria de la panadería, se analizaron componentes bromatológicos de una variedad de ñame (morado), en distintas concentraciones de muestras como (15% y 20% p/v), donde el porcentaje de carbohidrato dio un total de 66,8%, en los productos de panificación, demostrando que la harina de ñame puede ser sustituto a la harina de trigo, elaborando productos de panadería con bajo contenido de gluten.

Consiguiendo, el investigador Pupo Argumedo (2020), evaluó la modificación enzimática de harinas y almidones de ñame (*Dioscorea alata*), abordando, la mejora de las propiedades fisicoquímicas de almidones y harinas de ñame, que tienen limitaciones en aplicaciones industriales debido a sus estructuras nativas. Se analizaron tres variedades de ñame (criollo, espino y diamante), diferentes concentraciones de muestra (5 y 10% p/v) y concentraciones

de enzima (0,15 y 0,35 $\mu\text{L}/\text{mL}$). Los resultados mostraron variaciones significativas en equivalentes de dextrosa, acidez titulable, pH, estabilidad y claridad de pastas, capacidad de absorción de agua, estabilidad al descongelamiento y deshielo, y solubilidad en agua, destacando la importancia de ajustar las propiedades fisicoquímicas para mejorar las aplicaciones industriales de las harinas y almidones de ñame.

Por lo tanto, Martínez (2023) desarrolló un bioplástico basado en harina de ñame morado (*Dioscorea alata*) con la adición de nanopartículas obtenidas mediante contra colisión acuosa. El objetivo fue crear una película flexible que funcionara como material antiestático, aislante, amortiguador y biodegradable. La investigación incluyó la extracción de antocianinas de la harina y la caracterización fisicoquímica del pigmento. También se extrajeron nanopartículas de harina mediante un proceso mecánico de contra colisión acuosa. Las películas desarrolladas fueron caracterizadas morfológica, mecánica y superficialmente, cumpliendo con normativas y estándares ASTM. Los resultados indicaron nanopartículas menores a 100 nm y películas con una resistencia a la tensión superior a 7.0 MPa, características hidrofóbicas y un contenido de antocianinas superior a 22 ppm, demostrando el potencial del ñame morado en la producción de biomateriales avanzados.

Por su parte, García et al. (2020), investigaron la elaboración de un snack funcional tipo chips a partir de ñame (*Dioscorea alata*) y batata (*Ipomea batata*), fortificados con vitamina C. En el estudio se formularon chips a partir de estos tubérculos y la fortificación con vitamina C. Se determinaron etapas de proceso

adecuadas para las materias primas y se evaluó el contenido nutricional, el aporte por porción y las características sensoriales de los chips. Los chips de ñame se destacaron por su contenido de vitamina A, mientras que los chips de batata se caracterizaron por un alto contenido de vitamina C y bajo contenido de sodio. Las pruebas sensoriales mostraron una aceptación entre el 75 y 92% entre los panelistas, siendo los chips de ñame los más preferidos en términos de sabor y textura. Los resultados confirmaron que los chips elaborados tenían buenas características nutricionales y una alta aceptación sensorial.

Por otro lado, Rambauth et al. (2024) realizaron una evaluación exhaustiva de las propiedades proximales, estructurales, morfológicas, fisicoquímicas y de digestibilidad in vitro de mezclas de harinas de ñame (*Dioscorea spp.*) y batata (*Ipomeas batata*). Las harinas, obtenidas mediante secado a 55 °C, se mezclaron en proporciones de 25:75, 50:50 y 75:25 p/p de batata y ñame, respectivamente. Los resultados mostraron que los gránulos de almidón de ñame eran esféricos, ovalados e irregulares, en comparación con los gránulos ovoides de batata. La mezcla afectó el orden molecular y la cristalinidad del almidón sin cambiar significativamente las características morfológicas de las harinas individuales. Se encontraron efectos aditivos y no aditivos en el poder de hinchamiento y la capacidad de absorción de agua. A pesar del aumento en la viscosidad de rompimiento y asentamiento, que disminuyó la estabilidad térmica y aumentó la retrogradación, se obtuvo un material con alto contenido de almidón de rápida digestión y almidón resistente, sugiriendo un gran potencial para productos horneados en la Región Caribe.

El procesamiento de la papa en la industria presenta una distribución significativa en el uso de este tubérculo: el 88,9 % se destina a la fabricación de papas fritas, el 0,4 % a la producción de papas precocidas, el 3,5 % a papas enlatadas y el 0,4 % a papas deshidratadas (Prada., 2012). Es importante resaltar que los residuos generados durante el procesamiento de la papa no son completamente aprovechados, lo cual conlleva a la generación de desperdicios orgánicos. El porcentaje de desperdicio de la cáscara de papa varía entre el 15 % y el 40 %, dependiendo de las técnicas de pelado empleadas (Maldonado y Merino., 2015). Asimismo, diversos estudios han permitido analizar las características fisicoquímicas de la cáscara de papa, revelando los siguientes valores: humedad (91,90 %), ceniza (0,96 %), proteínas (0,59 %), grasa (0,04 %), fibra (0,88 %) y carbohidratos (5,63 %) (Ocrospoma., 2018). Estos resultados indican un notable potencial en el uso de la cáscara de papa, la cual ha demostrado poseer propiedades antioxidantes, atribuibles principalmente a su contenido de compuestos fenólicos y compuestos bioactivos presentes en la cáscara que representan una alternativa interesante a los antioxidantes sintéticos utilizados en la conservación de alimentos, lo que sugiere la necesidad de explorar este recurso de manera más exhaustiva (ANABELL., 2021).

Según Falla y Ramón (2019), La harina elaborada a partir de cáscaras de plátano verde se presenta como una excelente alternativa a la harina de trigo, ya que es rica en proteínas, vitamina C, calcio, fósforo y fibra. Su bajo contenido de humedad no solo la hace más perdurable, sino que también reduce su vulnerabilidad a bacterias y hongos. En términos generales, esta harina destaca

por su alto valor nutricional, repleto de vitaminas y minerales. El proceso de obtención de harina de cáscara de plátano obtuvo las siguientes operaciones y parámetros: recepción de la materia prima, lavado y desinfectado (solución de hipoclorito de sodio 25 ppm), cortado (cuadrados de 1 cm²), secado (T° Ambiente/1 mes), molienda de la cáscara, tamizado y almacenamiento (T° Ambiente). Mientras los estudios resultaron valores obtenidos experimentalmente de la harina de cáscara de plátano (9,2% de humedad, 11,57% de proteínas, 3,3 % de grasas, 5,5% de fibra cruda, 2,41% de cenizas, 68,02% de carbohidratos, 0,15% de acidez y 348,06 Kcal/100 g.).

Salgado 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.

Kimbonguila et al. (2019), analizaron 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 la muestra de harina 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 disminuyó.

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 ±

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 *Amorphohallus Camoanulatus* fue de $4,28 \pm 0,13\%$ y $5,70 \pm 0,11\%$ respectivamente, el contenido de ceniza más alto se presentó en *Amorphohallus 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 *Amorphohallus Camoanulatus* y el más bajo en la variedad *Dioscorea Pentaphylla*.

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 $130,7 \pm 0,03$ 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.

Rodríguez et al. (2023), hicieron un estudio donde 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.

Teniendo en cuenta los antecedentes revisados destacan el valor nutritivo y funcional de las harinas de ñame en diversas aplicaciones, desde la modificación enzimática hasta el desarrollo de productos innovadores como bioplásticos y snacks fortificados. Los estudios tanto nacionales como internacionales, subrayan el potencial de las harinas de ñame para mejorar la sostenibilidad y la nutrición en la industria alimentaria. La evidencia sugiere que, al igual que las harinas de ñame y batata, la harina obtenida de la cáscara de ñame morado puede ofrecer beneficios significativos, no solo en términos de reducción de desperdicio, sino también como una alternativa alimenticia nutritiva y económica. Estos antecedentes justifican y contextualizan nuestro estudio, que explora la viabilidad de utilizar harina de cáscara de ñame morado para promover prácticas más sostenibles y desarrollar nuevos productos alimenticios.

En Colombia, el ñame se usa para alimentación de la población de la Costa Atlántica; y constituye la principal fuente de ingresos y de empleo rural en muchas zonas (SABBAGH., 2009). Los campesinos y cultivadores del ñame en Bolívar utilizan este tubérculo como su principal medio de ingreso, pero enfrentan precios inestables y limitadas opciones de innovación en la cadena productiva (Ospino et

al., 2017). Las pérdidas postcosecha son una preocupación constante debido a la falta de tecnologías que permitan la conservación y transformación del ñame. La estacionalidad de la producción resulta en una sobreoferta en ciertas épocas del año, causando una disminución de precios, desplome de la demanda y pérdidas significativas (MinAgricultura., 2018). No obstante, en la búsqueda de alternativas como en la producción de harinas de ñame se plantean desafíos relevantes con relación a las propiedades sensoriales y las propiedades funcionales de este tipo de harinas para la elaboración de productos de panadería. En este sentido, el presente estudio se enfrenta al reto de evaluar el impacto de diferentes temperaturas de escaldado en la elaboración de productos de panadería con harina de ñame, hasta obtener un producto con características óptimas (García et al., 2023).

5.3 MARCO CONCEPTUAL

5.3.1 Ñame (*Dioscorea* spp.).

El ñame es un tubérculo originario de Asia y África, considerado uno de los cultivos de raíces más importantes en los trópicos. En el mundo existen aproximadamente seiscientas especies de ñame, y tan solo de esas hay un valor o interés especial en seis, entre las que se encuentran, *D. rotundata*, *D. alata*, *D. bulbifera*, *D. esculenta*, *D. cayenensis* y *D. trifida* (Moreno & Martínez., 2022). El cultivo de este alimento es importante en los aspectos de seguridad alimenticia en las comunidades de la ruralidad en muchos lugares del mundo donde el ñame es consumido con frecuencia o hace parte de la dieta de las comunidades. Esto sucede, además, por sus propiedades nutritivas, que incluyen potasio y fósforo

(Reina et al., 2022). Por otra parte, el que haya una extensa variedad ha hecho que este tubérculo se pueda adaptar en distintos climas y suelos, haciendo de él un insumo resiliente y de alto porcentaje de éxito en su cultivo. Así mismo, se ha demostrado que, aparte de su función nutricional, el ñame tiene una gran capacidad para la producción de biocombustibles y productos farmacéuticos derivados de la diosgenina (González., 2012).

5.3.2 Cáscara de ñame.

El ñame está compuesto por la pulpa y la cáscara, ambos con potenciales nutricionales para el ser humano. Este es un subproducto que normalmente se desecha cuando se procesa el insumo, lo que representa una pérdida amplia de recursos valiosos (Salazar de Marcano & Marcano., 2011). Entre los beneficios que se pueden encontrar están las fibras, las proteínas y los antioxidantes que complementan la nutrición de las personas (Reina et al., 2022). Cuando se desperdicia la cáscara del ñame se incurre en pérdidas económicas y en daños ambientales tales como la contaminación o la emisión de gases de efecto invernadero. Por consiguiente, se hace relevante estudiar este fenómeno para prever un aprovechamiento del insumo. Al transformar este producto en una harina con altos beneficios nutricionales, se está optando por una alternativa en la industria de la alimentación (Salcedo et al., 2024). Todo esto, repercute en el potencial que tienen algunos alimentos en la dieta de las personas y que están al alcance, penosamente no investigados a fondo, dejando de lado el potencial de aprovechamiento de estos.

5.3.3 Harina de cáscara de ñame.

La harina que se obtiene del procesamiento de la cáscara de ñame morado, cuyo nombre es (*Dioscorea trifida*), se convierte en una alternativa que innova en el ámbito de los productos alimenticios de complementación nutricional, y les da mayor calidad a ciertos productos adicionales, puesto que se ha demostrado que tiene ventajas frente a utilización y preparación de otros productos con valor adicional o enriquecido (Pupo Argumedo., 2020). Las propiedades funcionales de la harina, como la capacidad de absorción de agua y la viscosidad, la hacen adecuada para múltiples formulaciones (Salcedo et al., 2024). Por tal motivo, verificando los altos estándares en fibras y proteínas de la cáscara de (*Dioscorea trifida*), se hace especial énfasis en la reducción de los desperdicios y en el aumento del valor de esta materia prima en los mercados que lo comercializan. (Zhou et al., 2023).

5.3.4 Valor Nutricional del Ñame Morado.

Según los informes de Procolombia (2024), uno de los valores nutricionales más importantes del ñame morado es el alto contenido de antocianinas, los cuales son considerados como antioxidantes esenciales que brindan muchos beneficios para la salud. Este alimento tiene como propiedades, también, una fuente de carbohidratos complejos, algunas vitaminas y minerales como la vitamina C, el potasio, el calcio, la vitamina A y el hierro, convirtiéndolo en un alimento con características integrales que, al consumirlo, puede combatir algunas de las deficiencias nutricionales que el organismo necesita. Complementariamente, anexar este alimento a la dieta diaria puede ser beneficioso para la salud pública y ser coadyuvante en la mitigación de la desnutrición o las deficiencias nutricionales

en poblaciones vulnerables como lo menciona Reina et al. (2022). Por esta razón, el ñame morado se queda con el renombre de un recurso de alto valor para la salud y la alimentación.

5.3.5 Sostenibilidad Alimentaria.

En los contextos de la innovación alimentaria se habla mucho de aprovechar elementos autóctonos que pueden tener muchísimo valor en la nutrición del ser humano, por ello es necesario empezar a valorar los productos y subproductos que no son tradicionales en la preparación de insumos alimenticios que se vende o se reproducen en las comunidades, y como el ñame morado y en especial su cáscara cumple con estos elementos valorizados y están alineados con la sostenibilidad económica y alimentaria, entra en la óptica de su utilización como lo menciona Pupo Argumedo.b(2020). Transformar la cáscara de ñame en harina reduce además los residuos generados y propende a una dieta nutritiva y accesible para las poblaciones de escasos recursos, y esto podría contribuir a la disminución y dependencia de importaciones aumentando el valor de la economía local y nacional (Salcedo-Mendoza et al., 2024). La recomendación ante todo esto, es la garantía de una mejor calidad de vida para las comunidades rurales que son las más afectadas en temas de agroindustria a pesar de ser los principales productores de alimentos.

5.3.6 Propiedades Funcionales

Una propiedad funcional en un alimento tiene que ver con las características funcionales que pueda este tener en la consolidación de otro producto o en la creación de uno nuevo. En este caso, consolidar la harina de

cáscara de ñame morado han demostrado ser eficaces en la industria alimentaria por su evidente funcionalidad (Salcedo-Mendoza et al., 2024). Entre las propiedades que se evidencian se pueden incluir la capacidad que tienen para la retención de agua, así como la capacidad de viscosidad y la solubilidad, lo que tiene una evidente influencia en los rendimientos, y texturas de aquellos productos donde se añada la harina, como productos en sopas y demás (Zhou et al., 2023). No obstante, se requiere hacer modificaciones y estudios más afondo para la optimización de la aplicación en los productos mencionados. Sin embargo, se requieren modificaciones químicas o físicas para optimizar su aplicación en ciertos productos.

5.3.7 Innovación en la Industria Alimentaria

Pupo, Argumedo (2020), menciona que la harina de ñame tiene la capacidad de ser un producto innovador en la industria de la alimentación, estas demandas nutricionales son necesarias para el consumidor. La integración de dicha harina en la panadería y en la consolidación de otros alimentos que aumentan el valor en la nutrición, abriendo paso a nuevas oportunidades en el mercado de productos asociados al ñame. Del mismo modo, esta innovación tiene la capacidad de estimular la creación de tecnologías y procesos para el procesamiento eficiente de este subproducto en otras pruebas para la implementación de alimentos novedosos (Salcedo-Mendoza et al., 2024). Todo lo anterior, tiene como función el fomento de la investigación y el desarrollo del ámbito alimenticio con un enfoque de sostenibilidad y competitividad del sector alimentario.

5.3.8 Seguridad Alimentaria.

Las investigaciones sobre la utilización de la cáscara del ñame morado y de su cáscara se enmarcan en la búsqueda de justificar la seguridad alimentaria por su relevancia en la alimentación como lo expone (Martínez Reina et al., 2022). Aclara que se debe maximizar la utilización de los recursos autóctonos o locales para el mejoramiento de la variedad de alimentos nutritivos en las comunidades que son vulnerables. Transformar el coproducto en alimentos e ingredientes funcionales que coadyuva a la diversificación de la oferta en materia de alimentación, impulsando la seguridad alimentaria en los territorios y evitar de alguna manera la desnutrición en las comunidades que son propensas por factores económicos como lo menciona (Procolombia., 2024). Por lo tanto, la investigación en curso sobre el aprovechamiento de la cáscara de ñame morado es una idea que apunta a la sostenibilidad, a la salud pública y al bienestar social de los consumidores.

5.3.9 Beneficios Económicos.

La valorización de la cáscara de ñame morado puede ofrecer beneficios económicos sustanciales para los agricultores y la industria alimentaria (Salazar de Marcano y Marcano., 2011). Al crear un producto de valor agregado, se puede incrementar el ingreso de los productores locales y fomentar la economía rural. Así pues, la implementación de tecnologías sostenibles en el cultivo y procesamiento del ñame puede mejorar la rentabilidad y la sostenibilidad de la producción (Munive y Pereira., 2022). Esto es importante para garantizar que las prácticas sostenibles se mantengan y expandan en el tiempo.

6 METODOLOGÍA

6.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación se enmarcó en el paradigma de la investigación cuantitativa experimental, ya que como lo mencionó Raven (2014), este tipo de estudios buscan recolectar información a partir del análisis de datos numéricos, lo cual permite que se obtengan las conclusiones a partir de estadísticas, tablas, porcentajes y experimentos controlados en laboratorio de una manera específica. El análisis de los datos, por ende, aplica metodologías establecidas por la A.O.A.C. y otros enfoques específicos que respaldan esta investigación.

Por otro lado, se entiende que el alcance del presente estudio es de corte cuantitativo experimental, orientado en los estudios de laboratorios y análisis, identificando fenómenos propios de su estudio. A partir de análisis fisicoquímicos evaluando las propiedades tecnofuncionales y bromatológica del coproducto. Aunque el enfoque es limitado a una sola fuente de materia prima (cáscara de ñame morado), los resultados pueden ser valiosos para otros investigadores interesados en el uso de esta parte del tubérculo o en la formulación de mezclas con otras harinas para aplicaciones alimentarias.

6.2. Diseño.

El diseño de este estudio experimental, se basó en estudios de Álvarez (2020), donde indica que es importante la recolección de datos de laboratorio, los cuales pueden ser controlados por el investigador, partiendo de diversas variables que se presenten en el estudio. Se utilizó un diseño completamente al azar para asegurar la validez de los resultados. Así pues, se puede decir que las variables presentadas en el trabajo de investigación experimental incluyeron una

caracterización de las harinas de la cáscara de ñame morado, teniendo en cuenta sus propiedades fisicoquímicas, antioxidantes, funcionales que lograron propender a una positiva utilización del insumo en la industria alimentaria en la creación de suplementos o complementos dietarios altos en vitaminas y otros minerales esenciales para la dieta.

6.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

El ñame morado se convierte en una fuente potencial en características distintas se produce en 59 países, de los cuales 47,5% son de origen africano, el 22% pertenecen a las islas de las Antillas y un 10,2% de América. En Colombia entre el año 2013-2018, la obtención de esta variedad de tubérculo alcanzó valores de 363.063 toneladas, haciendo parte de los 20 países con más producción a nivel mundial. Este tubérculo ha sido por años considerado como un producto de poco consumo en la región caribe colombiana y muy poco conocido en el interior del país (Díaz., 2023).

De esta manera, este tubérculo ha sido por años considerado como un producto de poco consumo en la región caribe colombiana y muy poco conocido en el interior del país, el aprovechamiento integral del ñame morado es fundamental, debido a las características de su color, que genera gran interés como fuente de antocianinas, un pigmento importante presente en este tubérculo y en otras plantas vasculares y que pueden ser utilizadas en productos para el consumo humano (Figuroa et al., 2024).

En términos generales, el ñame es un alimento con una excelente fuente de almidones y proteínas, llegando a tener contenidos promedios de 50% y 9%,

respectivamente. En la alimentación humana tanto el ñame blanco, como el ñame morado, son usados en preparaciones como arepas, purés, sopas y frituras. Debido a su contenido de carbohidratos, puede utilizarse como alimento de bovinos, caprinos y porcinos (Díaz., 2023). Por otro lado, debido al parecido de su almidón con el del maíz, el almidón producido a partir de ñame podría ser utilizado en industrias alimenticias en sustitución del almidón de maíz (Gonzales., 2012).

El ñame además de representar una fuente de alimentación ha sido usado para mejorar la salud humana. Por ejemplo, el ñame ha sido usado para prevenir y tratar la anemia, diabetes, artritis, cólicos menstruales y enfermedades causadas por parásitos intestinales. Adicionalmente, el ñame posee una gran cantidad de sustancias bioactivas. Entre las sustancias con propiedades bioactivas que contiene el ñame se encuentran: mucina, dioscina, dioscorina, alantoína, colina, polifenoles, polifenolasas, vitaminas y aminoácidos (Andres et al., 2017).

6.4. Variables de estudio y operacionalización

El procesamiento de la harina de cascara de ñame morado, se tuvo en cuenta un tratamiento térmico que se aplica sobre todo a productos vegetales. A diferencia de otros procesos, no destruye los microorganismos ni alarga la vida útil de los alimentos. Esta técnica, previa a un segundo tratamiento, como pueden ser la congelación, el enlatado, la liofilización o el secado, donde produce un ablandamiento en el alimento que facilita el pelado. Además, sus dimensiones son de propiedades funcionales y proximales, con una escala ordinaria donde la unidad de medición de la temperatura de secado fue a 50°C, 60°C y 70°C, para la elaboración de harina de cascara de harina de ñame morado.

La harina de cascara de harina de ñame morado, demostró viabilizar su uso como ingredientes en productos de repostería y panadería al igual que las demás harinas, porque las propiedades tecnofuncionales que posee son óptimas para su aprovechamiento.

6.5. Obtención de la harina de cascara de ñame morado

Para la elaboración de harina de cáscara de ñame morado (*Dioscorea trifida*), fueron adquiridos tubérculos sanos y frescos en San Juan Nepomuceno, Bolívar (Colombia). Los ñames se lavaron con agua del grifo y se limpiaron para eliminar la suciedad, el suelo y la arena adherida. Las cáscaras de ñame se recogieron utilizando un pelador manual de 2 mm de espesor y se lavaron dos veces con agua del grifo. Una parte de las cáscaras se liofilizaron, para esto se ultracongelaron las muestras a -88°C y -60°C durante 24 horas esta muestra liofilizada se denominó T1. Para las demás condiciones, las cáscaras se secaron en un horno de convección a 50°C (T2), 60°C (T3) y 70°C (T4) durante 4, 3 y 2 horas respectivamente. Posteriormente, las cáscaras secas, se molieron hasta obtener un polvo fino y se empacaron en bolsas herméticas para su posterior análisis. Las características esenciales del tipo de estudio, enfoque, pasos, herramientas y técnicas presentes en la elaboración de este.

6.6. Analizar la aptitud tecnológica y atributos de calidad de las harinas de la cáscara de ñame morado.

6.6.1. Determinar propiedades bromatológicas de las harinas

Se aplicaron los métodos de la AOAC (2005) para determinar el contenido de humedad (925.10), grasas (920.39), proteínas (920.87), cenizas (923.03). Los

carbohidratos se calcularon por diferencia de acuerdo a la siguiente ecuación (Torruco et al., 2006)

$$\text{Carbohidratos (\%)} = 100 - (\%proteína + \%grasa + \%humedad + \%cenizas)$$

6.6.2. Determinar propiedades fisicoquímicas de las harinas

La densidad aparente suelta se determinó siguiendo el método descrito por Kayode et al. (2023). Se llenó una probeta medidora de 100 ml con 50 gramos de harina de cascaras y se removi6 la probeta hasta tener un volumen constante. Por otro lado, la densidad aparente empaquetada se determin6 utilizando el método descrito por Ngoma et al. (2019). Se tomaron muestras de 50 gramos, las cuales se colocaron en un cilindro medidor graduado de 100 ml. Luego, el cilindro fue golpeado varias veces sobre una mesa de laboratorio hasta alcanzar un volumen constante. Las densidades aparentes suelta y empaquetada se calcularon dividiendo el peso de la harina (en gramos) por el volumen (ml), como se observa en la siguiente ecuaci6n:

$$\text{Densidad aparente} = \frac{\text{Peso de la muestra}}{\text{Volumen del cilindro ocupado por la muestra}}$$

Para la medici6n del pH se aplic6 el m6todo descrito por Ngoma et al. (2019), con algunas modificaciones. Se combinaron 10 g de cada muestra de harina de cascara con 100 ml de agua destilada. La mezcla resultante se dej6 reposar a temperatura ambiente durante 30 minutos. Posteriormente, se procedi6 a medir el pH del sobrenadante utilizando un pHmetro Hanna Instruments, previamente calibrado con soluciones buffer de pH 4, 7 y 10.

6.7. Determinar las propiedades tecnofuncionales de las harinas.

6.7.1. El índice de Absorción de Agua (IAA).

El índice de absorción de agua (IAA) es un parámetro fundamental que indica la capacidad de absorción de agua de una harina, funcionando como un indicador del rendimiento de la masa fresca (Molina et al 1977). Para su determinación, se utilizó un método modificado de Anderson et al. (1969). Esta modificación se incluyó el uso de agua destilada a temperatura ambiente (25 °C).

Para determinar el IAA el procedió en añadir un gramo de muestra a un tubo de centrífuga de 50 ml, seguido de la incorporación de 15 ml de agua destilada a la misma temperatura. La mezcla se agitó durante 30 minutos y se centrifugó a 5000 rpm durante 30 minutos. Posteriormente, se recogió el sobrenadante en un platillo de aluminio previamente pesado, el cual se colocó en una estufa de convección hasta evaporar el agua, permitiendo así medir el peso del gel resultante.

6.7.2. Poder de Hinchamiento (PH) e Índice de Solubilidad en Agua (ISA) en las harinas de cascaras

El poder de hinchamiento (PO) y la solubilidad (S) se determinaron siguiendo el método descrito por Argaw et al. (2023). Se pesaron aproximadamente 0,2 g de harina de cascara en un tubo de centrífuga y se añadió 15 mL de agua destilada en un tubo de centrifugación, luego fue sumergido en un baño de agua a una temperatura de 85 °C durante 30 min con agitación constante. La suspensión se mezcló bien durante el periodo de calentamiento. A continuación, se retiró el tubo, se enfrió a temperatura ambiente y se centrifugó a 5000 rpm durante 20 min. La solución superior de cada muestra se transfirió a una

placa de evaporación y se secó a 110 °C durante 3 h. Por último, se pesaron tanto el residuo que representa la cantidad de muestra disuelta en agua como la muestra insoluble. PO y S se calcularon utilizando las ecuaciones indicadas a continuación:

$$PO = \frac{\textit{peso del sedimento}}{\textit{peso de la muestra} - \textit{peso del soluble}}$$

$$\%S = \frac{\textit{Peso del soluble}}{\textit{Peso de la muestra}}$$

6.7.3. Capacidad de Retención de Agua (CRA).

Para determinar la CRA se utilizó la metodología descrita por Villa et al. (2013), donde se tomó 2,5 g de las harinas, se suspendieron en 50 ml de disolución Buffer de fosfatos de 1 mol/L a pH 6,3 y se dejaron en reposo por 24 horas. Luego se centrifugaron 4,5 minutos a 6000 rpm; los residuos sólidos que se recuperaron por filtración se colocaron en cápsulas de porcelana a peso constante y se secaron en estufa a 70 °C hasta obtener masa constante.

6.7.4. Actividad de Emulsificación (AE)

La actividad de la emulsión (AE) de las harinas se determinó como lo describe Ijabadeniyi et al. (2023). Se añadieron 5 ml de agua destilada y 5 ml de aceite de girasol a 50 mg de la muestra de harina. La mezcla se agitó durante 3 min y luego se centrifugó a 1100 rpm durante 5 min. Se registró la altura de la capa emulsionante y se determinó el AE como se muestra en la ecuación:

$$AE = \frac{\textit{Altura de la capa emulsionada}}{\textit{Altura total}} * 100$$

6.8. Evaluar el contenido de fenoles totales y la capacidad antioxidante

6.8.1. Fenoles totales.

Método espectrofotométrico, Folin-Ciocalteu. Se preparó una solución madre de ácido gálico con una concentración de 0,5 mg/mL siguiendo la metodología de Ainsworth & Gillespie (2007), de se realizó una curva de calibración con concentraciones que van entre 20 y 300 donde se realizó una curva de calibración con concentraciones que van entre 20 y 300 µg de ácido gálico (GAE). Se tomaron 100 µL de cada una de las soluciones y se mezclaron con 400µL carbonato de sodio 0,07N, se agitó y se dejó reaccionar por 7 minutos, luego se adicionaron 500 µL del reactivo de Folin y se agitaron en vortex. Se dejaron reaccionar en oscuridad por 2 horas y se observó en espectrofotómetro a 760 nm. Posteriormente, se hará una regresión lineal graficando la absorbancia vs la concentración de AG para obtener la curva de calibración. Para la muestra se tomó una alícuota de 100 µL del extracto, se le adicionó de 400µL carbonato de sodio 0,07 N, se dejó reaccionar por 7 minutos, se adicionaron 500 µL del reactivo Folin. Se dejó reaccionar en oscuridad por 2 horas y se analizó en el Espectrofotómetro a 760 nm. Se trabajó un blanco de reactivos que no lleva extracto sino la solución extractora. Luego se expresaron los resultados en mg de ácido gálico /gramos de muestra mediante la ecuación de la curva obtenida de la curva de calibración.

6.8.2. ABTS (azinobis 3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfónico)

Se realizó siguiendo la metodología descrita por Ordoñez et al. (2018), con modificaciones, método espectrofotométrico que se fundamenta en la

capacidad de un antioxidante para estabilizar el radical catión coloreado ABTS⁺, el cual es formado previamente por la oxidación del ABTS (2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfónico) por metamioglobina y peróxido de hidrógeno. Se preparó una solución madre 7mM del radical ABTS, aforando con agua destilada. La mezcla se agitó y se dejó reaccionar a temperatura ambiente y en ausencia de luz durante 16 h. Pasados las 16 horas, se diluyó 1 mL de la solución madre de ABTS en un frasco ámbar, con 40 ml de etanol y se agitó, luego se midió la absorbancia a una longitud de onda de 734 nm, este debe ser 0.7 ± 0.02 . Si da un valor más alto, se procede adicionar etanol hasta que ajuste al valor indicado por el contrario si la absorbancia es baja, se adiciona μL de la solución Madre. Se preparó una curva de calibración con una solución madre de trolox (6-hydroxy-2, 5,7, 8 tetramethylchromane-2-carboxylic acid 97%) con una concentración de 1250 μM (1,250 mM), y se agitó muy bien. Luego se prepararon concentraciones de trabajo que fueron entre 20 y 250 μM , tomando 50 μL de cada una de las soluciones y se mezclaron con 950 μL de la solución de ABTS ajustada a 0,7 de absorbancia, en tubos de eppendorf. Se agitaron las muestras en vortex durante 30 segundos, se dejó reaccionar en oscuridad durante 7 minutos y se leerá en espectrofotómetro a 734 nm. Posteriormente se hizo una regresión lineal graficando el porcentaje de inhibición vs la concentración de ABTS para obtener la curva de calibración. Para la muestra se tomó una alícuota de 50 μL del extracto, se le adicionaron 950 μL de la solución de ABTS ajustada a 0,7 absorbancia, se agitó en vortex. Se dejó reaccionar en oscuridad por 7 minutos se observaron en el Espectrofotómetro a 734 nm. Se trabajó un blanco de reactivos que no lleva extracto sino la solución extractora.

Se enunciaron los resultados como mg trolox/100 g muestra mediante la ecuación de la curva obtenida de la curva de calibración.

6.8.3. DPPH (Difenil Picril Hidrazilo)

El método espectrofotométrico se determinó mediante el método descrito por Sridhar y Charles (2019) con modificaciones, que se fundamenta en la medición de la capacidad de un antioxidante para estabilizar el radical DPPH. Se preparó una solución madre de DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) a una concentración de 0,25mM (9,9 mg en 100 mL de metanol), se agitó en baño ultrasónico la solución madre para la correcta disolución del radical en la solución de metanol. A partir de la solución madre de DPPH, se preparó una solución de trabajo a una concentración de 0,05 mM (tomando de 7 a 9 mL de la solución madre y se adicionará 25 mL con metanol). Luego, se agitó rigurosamente en baño ultrasónico, se examinó la absorbancia en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 517 nm y se ajustó a $0,700 \pm 0,02$ con metanol.

Posteriormente, se preparó una solución madre de antioxidante Trolox (6-hydroxy-2,5,7, 8- tetramethylchromane-2-carboxylic acid 97%) a una concentración de 3,19 mM o 0,8 mg/mL (20 mg disueltos hasta 25 mL con metanol en balón volumétrico). Se prepararon concentraciones de trabajo que van entre 0,02 y 15 mg. Se tomaron 50 μ L de cada una de las soluciones y se mezclaron con 950 μ L de la solución de DPPH, ajustada a 0,7 absorbancia, en tubos eppendorf. Se agitaron las muestras en vortex durante 30 segundos, se

dejaron reaccionar en oscuridad durante 30 minutos y se observaron en espectrofotómetro a 517 nm.

Se hizo una regresión lineal graficando el porcentaje de inhibición vs la concentración de DPPH para obtener la curva de calibración siguiendo la ecuación 1. Para la muestra se tomó una alícuota de 50 μL del extracto, se le adicionó 950 μL de la solución de DPPH ajustada a 0,7 absorbancia, se agitó en vortex. Se dejó reaccionar en oscuridad por 30 minutos se dividió en el Espectrofotómetro a 517 nm. Se trabajó un blanco de reactivos que no lleva extracto sino la solución extractora. Se emitieron los resultados como mg trolox/100 g muestra mediante la ecuación de la curva obtenida de la curva de calibración.

6.9. Análisis Estadístico.

La recopilación de información obtenida se llevó a cabo con el programa estadístico Statgraphic Centurion XIX (Corporation, U.S.A) en Windows 10. Donde se determinó la existencia o no de diferencias estadísticamente significativas de cada uno de los parámetros evaluados, a través de un análisis de varianza (ANOVA) completamente aleatorio y mediante comparaciones múltiples, con un nivel de significancia del 5% ($p \leq 0,05$)

7. RESULTADOS Y DISCUSIONES.

7.1. Propiedades bromatológicas de las harinas

La tabla 1 muestra, que los parámetros estudiados se vieron afectados por el método de secado y las temperaturas empleadas. Se observó que el porcentaje de humedad en T2 y T3 no presentó diferencias significativas, manteniendo valores más altos en comparación con T1 y T4, en las cuales se evidenció un menor contenido de humedad. Aunque estadísticamente no hubo diferencias significativas entre estas últimas, se pudo notar que T1 tuvo la humedad más baja. En ese contexto el porcentaje de humedad osciló entre 6,64% y 4,87%. Estos resultados difieren de los reportados por Ezieshi & Olomu (2011) y Lawal et al. (2014), quienes reportaron contenidos de humedad de 10,26% y 11,75%, respectivamente, para las cáscaras de ñame. Sin embargo, los resultados de este estudio fueron similares a los de Akter et al. (2023), donde informaron un porcentaje de humedad de 7,61% para las cáscaras de papa secadas en gabinete.

En cuanto al porcentaje de proteína, también se evidenció una influencia del método de secado. La harina de cáscaras liofilizadas (T1) presentó el mayor contenido proteico, seguidas por las secadas en horno a 70°C, 60°C y 50°C. Estos resultados no coinciden porque se obtienen resultados diferentes a comparación con resultados reportados por Akter et al. (2023), porque se obtienen resultados diferentes, quienes evaluaron la harina de cáscara de papa secada al sol y en gabinete, observaron que las secadas en gabinete presentaron un mayor porcentaje de proteína. Asimismo, en un estudio realizado por Ezieshi & Olomu

(2011), reportaron un contenido de proteína del 12,03% para la cáscara de ñame, un valor similar a los obtenidos en esta investigación.

Tabla 1. Propiedades bromatológicas de las harinas

Parámetros	T1	T2	T3	T4
Humedad (%)	4,87 ± 0,09 ^b	6,64 ± 0,15 ^a	6,52 ± 0,21 ^a	5,22 ± 0,14 ^b
Proteína (%)	9,69 ± 0,10 ^a	8,87 ± 0,10 ^c	8,93 ± 0,00 ^c	9,19 ± 0,09 ^b
Cenizas (%)	5,45 ± 0,05 ^b	4,51 ± 0,06 ^c	6,37 ± 0,07 ^a	6,41 ± 0,14 ^a
Grasa (%)	2,11 ± 0,16 ^a	2,05 ± 0,08 ^a	1,23 ± 0,01 ^b	0,81 ± 0,02 ^c
Carbohidratos (%)	77,88 ± 0,18 ^a	77,92 ± 0,11 ^a	76,95 ± 0,29 ^b	78,37 ± 0,25 ^a

Los resultados representan la media ± DS. Letras diferentes en una misma fila indican diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$). T1 (harina de cascara liofilizada), T2 (Harina de cascara secada en horno a 50°C), T3 (Harina de cascara secada en horno a 60°C), T4 (Harina de cascara secada en horno a 70°C).

El contenido de cenizas fue mayor en T3 y T4, mientras que T1 y T2 presentaron valores más bajos. Esto podría atribuirse a una mayor eliminación de materia orgánica a temperaturas más altas (60°C y 70°C), mientras que las temperaturas más bajas (50°C y liofilización) habrían favorecido su retención, lo que explicaría estos resultados. Estos hallazgos son similares a los reportados por (Akintomide & Antai., 2012; Aruna et al., 2017; Ezieshi & Olomu., 2011 y Lawal et al., 2014), para el contenido de cenizas en cáscaras de ñame. El contenido de grasa osciló entre 2,11% y 0,81%, en concordancia con lo informado por Akinola (2020), para cáscaras de ñame. Por su parte, el porcentaje de carbohidratos registrados en esta investigación varió entre 78,37% y 76,95%, lo que coincide con los valores reportados por Akintomide & Antai (2012) y Aruna et al. (2017),

quienes informaron 78,86% y 78,81%, respectivamente, para cáscaras de ñame espino.

Cabe destacar que los métodos y condiciones de secado influyeron en estos resultados. Estudios previos como los de Akter et al. (2023); Amin & Zubair (2020) y Rowayshed et al. (2015), han señalado que los procesos de secado pueden afectar el contenido de nutrientes, lo que se pudo evidenciar en esta investigación, ya que la harina de cáscara liofilizada presentó valores nutricionales más altos en comparación las secadas en horno.

7.2. Propiedades fisicoquímicas de las harinas

En la tabla 2, se pudo observar que los valores de pH con respecto a los diferentes métodos de secado y temperaturas presentaron diferencias significativas, siendo el mayor valor para la harina secada a 50 °C (6,35) y menor para la harina liofilizada (5,89), de acuerdo a este último un estudio realizado por Lu et al. (2020), reportaron un pH de 5,94 para la piel de papa. En cuanto a la densidad aparente tanto suelta como empaquetada se pudieron apreciar valores más altos en las harinas secadas a 50 °C y los valores más bajos en las liofilizadas, los valores altos en la densidad sugieren la idoneidad de la harina para utilizarse en la preparación de alimentos, mientras que los valores bajos podrían mostrar una ventaja en la elaboración de alimentos complementarios Akter et al. (2023); Akpata & Akubor (1999). Estos resultados son similares a los reportados por Akter et al. (2023) y Jeddou et al. (2017) para harina la piel de papa.

Tabla 2. Propiedades fisicoquímicas de las harinas

Parámetros	T1	T2	T3	T4
pH	5,89 ± 0,02 ^c	6,35 ± 0,04 ^a	6,22 ± 0,03 ^b	6,26 ± 0,02 ^b
Densidad aparente suelta	0,27 ± 0,00 ^c	0,55 ± 0,01 ^a	0,48 ± 0,01 ^b	0,54 ± 0,01 ^a
Densidad aparente empaquetada	0,41 ± 0,01 ^d	0,80 ± 0,00 ^a	0,67 ± 0,00 ^c	0,76 ± 0,02 ^b

Los resultados representan la media ± DS. Letras diferentes en una misma fila indican diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$). T1 (harina de cascara liofilizada), T2 (Harina de cascara secada en horno a 50°C), T3 (Harina de cascara secada en horno a 60°C), T4 (Harina de cascara secada en horno a 70°C).

7.3. Propiedades tecnofuncionales de las harinas

Los resultados de las propiedades tecnofuncionales de las harinas de cascara se muestran en la tabla 3. Con relación al índice de absorción de agua (IAA), este señala el potencial de hidratación de las harinas, reflejado en su capacidad de absorción de agua hasta formar una masa viscoelástica, es importante decir que esto depende de factores como el contenido de proteína, la presencia de gránulos de almidón dañados y el tamaño de las partículas de la harina Ordoñez et al. (2019); Yousf et al., (2017), de acuerdo con lo anterior, se observó que el IAA fue mayor en T1 (5,21 g/g), mientras que las harinas secadas en horno presentaron valores menores, siendo T4 (3,35 g/g) la de menor IAA. Esto podría atribuirse a las diferencias en los métodos de secado, ya que la liofilización al ser un proceso menos agresivo, minimiza el daño térmico del almidón y las

proteínas, favoreciendo así su capacidad de hidratación. En contraste el secado en horno podría generar un mayor daño.

Por otra parte, el índice de solubilidad en agua (ISA) es un parámetro clave para determinar la idoneidad de la harina para aplicaciones alimentarias específicas. En productos instantáneos, una alta solubilidad es deseable, ya que facilita una disolución rápida (Nabavi et al., 2024). Por el contrario, una menor solubilidad puede ser beneficiosa en productos que requieran una estructura más estable (Ma et al., 2021). En ese orden de ideas, el ISA de las harinas de cascaras oscilo entre 18,23% y 15,91%, lo que sugiere un potencial interesante para su uso en la industria alimentaria. En cuanto al poder de hinchamiento, se pudo observar que la harina liofilizada (T1) presentó un valor superior en comparación con las harinas secadas en horno. Es importante destacar que la capacidad de hinchamiento de las harinas puede verse influenciada por el tamaño de las partículas, los tipos de variedad y métodos de procesamiento (Chandra et al., 2015). Esto sugiere que el secado por liofilización conserva mejor este parámetro. Estudios como el de Akter et al. (2023), reportaron resultados similares al comparar el secado en sol y el secado en gabinete en cascaras de papa.

Tabla 3. Propiedades tecnofuncionales de las harinas

Parámetros	T1	T2	T3	T4
IAA (g/g)	5,21 ± 0,01 ^a	4,32 ± 0,03 ^b	3,97 ± 0,01 ^c	3,35 ± 0,01 ^d
ISA (%)	15,91 ± 0,04 ^d	18,23 ± 0,01 ^a	16,21 ± 0,02 ^c	17,14 ± 0,01 ^b
PH (g/g)	6,22 ± 0,01 ^a	5,32 ± 0,02 ^b	4,97 ± 0,01 ^c	4,35 ± 0,01 ^d
CRA (g/g)	2,28 ± 0,01 ^a	1,11 ± 0,01 ^d	1,33 ± 0,01 ^b	1,19 ± 0,01 ^c
AE (%)	15,26 ± 0,01 ^a	13,04 ± 0,01 ^c	14,09 ± 0,01 ^b	11,97 ± 0,01 ^d

Los resultados representan la media ± DS. Letras diferentes en una misma fila indican diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$). T1 (harina de cascara liofilizada), T2 (Harina de cascara secada en horno a 50°C), T3 (Harina de cascara secada en horno a 60°C), T4 (Harina de cascara secada en horno a 70°C).

La Capacidad de retención de agua (CRA) fue mayor para la harina liofilizada en comparación con las harinas secadas en horno. Es importante señalar que la CRA refleja la capacidad de un producto para asociarse con el agua (Jeddou et al., 2017; Singh., 2001). Esta diferencia en la absorción de agua entre los dos métodos de secados, podría atribuirse a que la liofilización preserva mejor la estructura del material, manteniendo un mayor número de grupos hidroxilo, los cuales facilitan la interacción con el agua mediante enlaces de hidrogeno (Jeddou et al., 2017; Rosell et al., 2001). En contraste, el secado en horno expone el material a mayores daños térmicos, lo que podría reducir su capacidad de retención de agua. Un estudio realizado por Ohuoba et al. (2019), reportó porcentajes de CRA similares a los obtenidos en este estudio para cascara de diferentes variedades de ñame.

La actividad emulsionante es la capacidad de la proteína para participar en la formación de una emulsión y ayudar a su estabilidad. En esta investigación, se observaron diferencias significativas en la actividad emulsionante de las harinas

elaboradas a partir de cáscaras de ñame, tanto aquellas obtenidas por liofilización como las secadas en horno. La harina obtenida por liofilización presentó una actividad emulsionante mayor. Resultados similares fueron reportados por Akter et al. (2023), quienes evaluaron la harina de cascara de papa secada al sol y gabinete, encontrando que el secado en gabinete resultó en una mejor actividad emulsionante.

7.4. Evaluación del contenido de fenoles totales y la capacidad antioxidante

En la tabla 4, se pudo observar que el contenido fenólico fue mayor en T1, mientras que para los otros tratamientos (T2, T3 y T4) se redujo a medida que incrementaba la temperatura. Esto podría explicarse debido a que el tratamiento térmico durante el secado en horno provoca cierto deterioro del material. En un estudio de Champagne et al. (2011), donde se evaluó el contenido fenólico de raíces tropicales, entre esas el ñame, encontraron que tanto el contenido fenólico como las antocianinas del ñame fueron mejor al utilizar el método de liofilización, resultados que coinciden con los hallados en esta investigación. En cuanto a la actividad antioxidante (ABTS Y DPPH), al igual que el contenido fenólico, presentó valores más altos en T1, lo que evidencia que el uso de tratamientos menos agresivos contribuye a preservar estas propiedades. Un estudio Akter et al. (2023), donde analizaron el secado de la cascara de papa a través de dos métodos, también respaldó estos hallazgos. Además, estos resultados resaltan el potencial antioxidante de la harina de cascara de ñame y su posible aplicación en la industria.

Tabla 4. Contenido fenólico y actividad antioxidante de las harinas

Parámetros	T1	T2	T3	T4
Contenido fenólico total (mg ácido gálico/g)	2,56 ± 0,01 ^a	2,29 ± 0,05 ^b	2,21 ± 0,01 ^c	2,14 ± 0,03 ^d
ABTS (umol eq-Trolox/g)	7,98 ± 0,02 ^a	3,71 ± 0,02 ^b	3,38 ± 0,07 ^c	3,15 ± 0,01 ^d
DPPH (umol eq-Trolox/g)	6,65 ± 0,01 ^a	5,01 ± 0,01 ^b	4,37 ± 0,03 ^c	4,35 ± 0,06 ^c

Los resultados representan la media ± DS. Letras diferentes en una misma fila indican diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$). T1 (harina de cascara liofilizada), T2 (Harina de cascara secada en horno a 50°C), T3 (Harina de cascara secada en horno a 60°C), T4 (Harina de cascara secada en horno a 70°C).

8. CONCLUSIÓN.

Esta investigación muestra que es posible obtener harinas a base de cáscara de ñame morado, con buenas propiedades bromatológicas y funcionales, lo que la hace rica en nutrientes. En cuanto a los métodos de secado se evidenció que la liofilización dio mejores resultados, si bien este fue el mejor método. Se pudo apreciar que la harina de cáscaras de ñame morado presentó resultados favorables en la actividad antioxidante. Los resultados de esta investigación exponen el potencial de esta harina para su posible uso en la industria alimentaria.

9. CONSIDERACIONES ÉTICAS.

A través de la ejecución de este proyecto de investigación se pretende determinar las características fisicoquímicas y bromatológicas, de las muestras obtenidas de la harina de cascara de ñame morado, utilizando diferentes tratamientos, para determinar el efecto de las condiciones de proceso en la calidad. También, se espera determinar características sensoriales y microbiológicas que no incluye la participación o pruebas con individuos y animales. Por último, se busca evaluar las propiedades tecno-funcionales de la harina de cascara de ñame morado, donde si los resultados evidencian unas buenas propiedades tecnofuncionales, se podría emplear como alternativa en la industria agroalimentaria.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuña Pinto, H. M. (2012). Extracción, caracterización y aplicación de almidón de ñame variedad blanco (*dioscorea trifida*) originario de la región amazónica colombiana para la elaboración de productos horneados. *Facultad de Ciencias*.
- Adoméniené, A., y Venskutonis, P. R. (2022). Dioscorea spp.: Comprehensive review of antioxidant properties and their relation to phytochemicals and health benefits. *Molecules*, 27(8), 2530.
- Aguilar Brenes, E. (2021). Manual del cultivo de ñame (*Dioscorea* spp.). Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA). https://www.platicar.go.cr/images/buscador/documents/pdf/2021/Manual_ame_min_ed.pdf
- Akinola, O. (2020). Nutritional Composition and Physio-Chemical Properties of Peeled and Unpeeled Yam Flour (White Yam, *Dioscorea rotundata*). *Current Developments in Nutrition*, 4(Supplement_2), 735-735.
doi:10.1093/cdn/nzaa052_004
- Akintomide, M. J., & Antai, S. P. (2012). Inorganic nitrogen supplementation and micro-fungal fermentation of white yam peels (flour) into single cell protein. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 2(3), Article 3.
- Akpata, M. I., & Akubor, P. I. (1999). Chemical composition and selected functional properties of sweet orange (*Citrus sinensis*) seed flour. *Plant foods for human nutrition*, 54, 353-362.
- Akter, M., Anjum, N., Roy, F., Yasmin, S., Sohany, M., & Mahomud, M. S. (2023). Effect of drying methods on physicochemical, antioxidant and functional properties of

potato peel flour and quality evaluation of potato peel composite cake. *Journal of Agriculture and Food Research*, 11, 100508.

<https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100508>

Albarrán, G., Mendoza, E., y Beltrán, J. M. (2014). Influence of concentration on the radiolytic decomposition of thiamine, riboflavin, and pyridoxine in aqueous solution. *Revista Colombiana de Química*, 43(3), 41-48.

Amin, J., & Zubair, R. (2020). Proximate analysis of potato peel composite flour chapatti. *The International Journal of Global Sciences (TIJOGS)*, 3(1), 1-7.

Anabell, A. Y. J. (2021). *Obtención de harina a base de la cáscara de papa (solanum tuberosum) sazonada* (Doctoral dissertation, UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR).

Anderson, R. A., et al. (1969). *Métodos de análisis de harinas*.

Andres, C., AdeOluwa, O. O., y Bhullar, G. S. (2017). Yam (*Dioscorea* spp.). In *Encyclopedia of Applied Plant Sciences* (pp. 435-441). Elsevier.

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.

Argaw, S. G., Beyene, T. M., Woldemariam, H. W., Esho, T. B., Worku, S. A., Gebremeskel, H. M., y Mekonnen, K. N. (2024). Chemical, structural, and techno-functional characterization of yam (*Dioscorea*) flour from South West Ethiopia. *Heliyon*, 10(10).

- Aruna, T. E., Aworh, O. C., Raji, A. O., & Olagunju, A. I. (2017). Protein enrichment of yam peels by fermentation with *Saccharomyces cerevisiae* (BY4743). *Annals of Agricultural Sciences*, 62(1), 33-37. <https://doi.org/10.1016/j.aogas.2017.01.002>
- Borges García, M., Sánchez Rodríguez, Y., y Reyes Avalos, D. M. (2020). Respuesta de tubérculos comerciales de ñame (*Dioscorea* spp.) en el momento de la cosecha y almacenamiento poscosecha. *agriRxiv*, (2020), 20203254115.
- Champagne, A., Hilbert, G., Legendre, L., & Lebot, V. (2011). Diversity of anthocyanins and other phenolic compounds among tropical root crops from Vanuatu, South Pacific. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24(3), 315-325. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2010.12.004>
- Chandra, S., Singh, S., & Kumari, D. (2015). Evaluation of functional properties of composite flours and sensorial attributes of composite flour biscuits. *Journal of Food Science and Technology*, 52(6), 3681-3688. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1427-2>
- Cuesta, J. N. H., Molina, J. M. C., Chaverra, H. J. M., y Arroyo, L. D. (2022). Modelo de optimización de procesos productivos para microempresas del departamento del Chocó, Colombia. *SIGNOS-Investigación en sistemas de gestión*, 14(2).
- De Marcano, E. S., y Marcano, M. (2011). La harina de ñame (*Dioscorea alata*), un ingrediente potencial en la elaboración de productos de panadería. *SABER. Revista Multidisciplinaria Del Consejo de Investigación de La Universidad de Oriente*, 23(2), 134-140.
- Díaz Martínez, G. (2023). Desarrollo de una película flexible con características inteligentes a base de harina de ñame morado (*Dioscorea alata*) con adición de nanopartículas obtenidas mediante contra colisión acuosa (Tesis de maestría).

Universidad Nacional de Colombia.

<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/84291>

- Diaz Martinez, G. S (2023). *Desarrollo de una película flexible con características inteligentes a base de harina de ñame morado (Dioscorea alata) con adición de nanopartículas obtenidas mediante contra colisión acuosa* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia).
- Espitia, J., Salcedo, J., y Garcia, C. (2016). Propiedades funcionales de almidones de ñame (*Dioscorea bulbifera*, *Dioscorea trifida* y *Dioscorea esculenta*). *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Zulia*, 10, 31-36019.
- Ezieshi, E. V., & Olomu, J. M. (2011). Bio-Chemical Evaluation of Yam Peel Meal for Broiler Chickens. *Journal of Agriculture and Social Research (JASR)*, 11(1), Article 1. <https://www.ajol.info/index.php/jasr/article/view/73675>
- Facultad de Ingeniería de Procesos. (2019). Determinación de la capacidad de emulsificación. <https://es.scribd.com/document/409523017/DETERMINACION-DE-LA-CAPACIDAD-DE-EMULSIFICACION>
- Falla Dejo, F. T., y Ramón Lluén, M. Y. (2019). Obtención y evaluación sensorial de galletas a diferentes concentraciones de harina de cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*).
- Figueroa-Flórez, J., Cadena-Chamorro, E., Salcedo-Mendoza, J., Rodríguez-Sandoval, E., Ciro-Velásquez, H., y Serna-Fadul, T. (2024). Enzymatic biocatalysis processes on the semicrystalline and morphological order of native cassava starches (*Manihot esculenta*). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 77(3), 10839-10852.

Fuentes López, A., García Martínez, E. M., y Fernández Segovia, I. (2013).

Determinación de la capacidad de retención de agua (CRA). Método de prensado.

<http://hdl.handle.net/10251/29835>

García Rodríguez, M., y Gracia Diaz, H. (2023). *Análisis del Efecto de las Temperaturas*

de Escaldado en las Propiedades de Calidad de la Harina de Ñame Diamante

(DIOSCOREA ALATA) para la Elaboración de Productos de Panadería (Doctoral

dissertation, Universidad del Sinú, seccional Cartagena).

García, A., Pérez, E., y Dávila, R. (2012). Características físicas, químicas y funcionales

de las harinas obtenidas por secado del ñame, ocumo y mapuey. *Agronomía*

Tropical, 62(1-4), 051-068.

García-Pacheco, Y., Ramírez, J., Nova-Díaz, L., y Verbel-Vergara, J. (2020). Elaboración

de un snack funcional tipo chips de ñame (*Dioscorea alata*) y batata (Ipomea

batata) fortificados con vitamina C. *GIPAMA*, 2(1), 29-37.

https://file:///C:/Users/USER/Downloads/taltamarp,+003_Art%C3%ADculo+3.pdf

Gonzales, C. M. (2012). El Ñame (*Dioscorea spp.*). Características, usos y valor

medicinal. Aspectos de importancia en el desarrollo de su cultivo. Ministerio de

Educación Superior. Cuba Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas.

González Cervantes, M. E. (2018). Estudio molecular y de bioaccesibilidad de harinas de

Oxalis tuberosa obtenidas mediante diferentes condiciones de secado.

González Vega, M. E. (2012). El Ñame (*Dioscorea spp.*). Características, usos y valor

medicinal. Aspectos de importancia en el desarrollo de su cultivo. *Cultivos*

tropicales, 33(4), 05-15.

- Gunasekara, D., Bulathgama, A., Wickramasinghe, I., y Wijesekara, I. (2020). Comparison of selected underutilized yam flours for their proximate and phytochemical composition.
- Holguin Bedoya, M., YENERIS, M., y PAOLA, Y. (2019). Análisis bromatológico del tubérculo seco y pulverizado de *Dioscórea cayenensis* “Ñame amarillo”.
- Hurtado, G. B., y 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.
- Ijabadeniyi, O. A., Naidoo, K., Oyedeji, A. B., Oyeyinka, S. A., & Ogundele, O. M. (2023). Nutritional, functional, and pasting properties of maize meal-sprouted soybean flour enriched with carrot powder and sensory properties of the porridge. *Measurement: Food*, 9, 100074.
- Invima (2018). Informe global de los proyectos de los actos administrativos por el cual se determina la permanencia de unos reglamentos técnicos. El Ministerio, Recuperado de:
<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/proyecto-decreto-permanencia-rt-harina-otros.zip>
- Jeddou, K. B., Bouaziz, F., Zouari-Ellouzi, S., Chaari, F., Ellouz-Chaabouni, S., Ellouz-Ghorbel, R., & Nouri-Ellouz, O. (2017). Improvement of texture and sensory properties of cakes by addition of potato peel powder with high level of dietary fiber and protein. *Food Chemistry*, 217, 668-677.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.08.081>

- Kayode, R. M. O., Chia, C. N., Kayode, B. I., Olowoseye, A. P., & Joshua, V. A. (2023). Quality evaluation of chin-chin produced from aerial yam (*Dioscorea bulbifera*) and wheat flour blends. *Food Production, Processing and Nutrition*, 5(1), 45.
- Kimbonguila, A., Matos, L., Petit, J., Scher, J., & Nzikou, J. 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. *International Journal of Recent Scientific Research*, 10(11), 35809-35815.
- Lawal, B., Kudirat Shittu, O., Ossai, P., & Asmau, A. (2014). Evaluation of phytochemicals, proximate, minerals and anti-nutritional compositions of yam peel, maize chaff and bean coat. *International Journal of Applied Biological Research*, 6(2), 21-37
- Lertpatcharasirikul, P., Daensopon, K., Sakuanrungsirikul, S., & Hongprabhas, P. (2013). Effect of dairy ingredients and sucrose on pasting characteristics of purple yam (*Dioscorea alata* L.) flour. *Proceeding of the Starch Update*, 234-239.
- 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
- Lu, Y., Zhang, Q., Wang, X., Zhou, X., & Zhu, J. (2020). Effect of pH on volatile fatty acid production from anaerobic digestion of potato peel waste. *Bioresource Technology*, 316, 123851. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.123851>
- Ma, Y., Xu, D., Sang, S., Jin, Y., Xu, X., & Cui, B. (2021). Effect of superheated steam treatment on the structural and digestible properties of wheat flour. *Food Hydrocolloids*, 112, 106362. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106362>

- Maldonado Utreras, S., y Merino Barrera, G. A. (2015). *Utilización de la cáscara de papa (Solanum tuberosum) como antioxidante natural en la elaboración de hamburguesas de res pre-fritas y congeladas* (Bachelor's thesis, Quito: USFQ, 2015).
- Marcato, A. R., Wahanik, A. L., Pastore, G. M., Neri-Numa, I. A., Felisberto, M. H. F., Campelo, P. H., y Clerici, M. T. P. S. (2021). Farinha de inhame em massa fresca integral: avaliação da qualidade tecnológica e funcional. *Research, Society and Development*, 10(2), e59310213002-e59310213002.
- Martínez Reina, A. M., Tordecilla Zumaqué, L., Grandett Martínez, L. M., Pérez Cantero, S. P., Regino Hernández, S. M., y Luna Castellanos, L. L. (2022). Caracterización socioeconómica y tecnológica del cultivo de ñame (*Dioscorea* sp) en la región Caribe colombiana. *Avances en investigación Agropecuaria*, 25(2), 7-34.
<https://revistasacademicas.ucol.mx/index.php/agropecuaria/article/view/216>
- Meaño Correa, N., Ciarfella Pérez, A. T., y Dorta Villegas, A. M. (2014). Evaluación de las propiedades químicas y funcionales del almidón nativo de ñame congo (*Dioscorea bulbifera* L.) para predecir sus posibles usos tecnológicos. *SABER. Revista Multidisciplinaria del Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente*, 26(2), 182-187.
- Mendoza-Crespo, H., y Ortiz-Velásquez, M. (2020). Importancia y determinantes de la asociación productiva agrícola: el cultivo de ñame en el caribe colombiano. *Sociedad y economía*, (41), 88-108.
- Minagricultura 2019 de Cadenas Agrícolas y Forestales, D. (s/f). *Organización de Cadena Nacional del Ñame*. Gov.co.

<https://sioc.minagricultura.gov.co/Yuca/Documentos/2020-03-31%20Cifras%20Sectoriales%20%C3%91ame.pdf>

Minagricultura. (2021). Cadena Productiva del Ñame.

<https://sioc.minagricultura.gov.co/Yuca/Documentos/2021-0630%20Cifras%20Sectoriales%20%C3%B1ame.pdf>

Ministerio de Agricultura. (2020). *Organización de cadena nacional del ñame*. Dirección de Cadenas Agrícolas y Forestales. Recuperado de

<https://sioc.minagricultura.gov.co/Yuca/Documentos/2020-03-31%20Cifras%20Sectoriales%20%C3%91ame.pdf>

Molina, A. A., et al. (1977). *Estudio sobre el rendimiento de masa fresca*.

Mollan Mendoza, G. P. (2024). Determinación de antocianinas presentes en galleta dulce con nibs de cacao (*Theobroma cacao* L.) usando harina de Sacha papa (*Dioscorea trifida* L.) como sucedánea.

Moreno, J. A., y Martínez, M. (2022). *Guía práctica para el manejo orgánico del cultivo de ñame tipo exportación*. Fundación Procaribe. <https://www.swissaid.org.co/wp-content/uploads/2022/05/Guia-Practica-para-el-manejo-organico-del-cultivo-del-name-tipo-exportacion.pdf>

Munive Giraldo, S. D., y Pereira Barboza, J. C. (2022). Diseño de un sistema de bombeo alimentado mediante paneles solares fotovoltaicos para riego en un cultivo de ñame en el municipio del Carmen de Bolívar, Colombia.

Nabavi, Z., Basiri, A., & Milani, E. (2024). Design of gluten-free instant whole acorn-maize blended flour by extrusion process. *Int. Agrophys.*, 38(4), 393-405.

<https://doi.org/10.31545/intagr/192022>

- Ngoma, K., Mashau, M. E., & Silungwe, H. (2019). Physicochemical and functional properties of chemically pretreated Ndou sweet potato flour. *International Journal of Food Science*, 2019.
- Ocrospoma Dueñas, R. W. (2018). Caracterización del helado de vainilla enriquecido con pasta de cáscara de papa como complemento alimenticio en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión-2015.
- Ohuoba, A. N., Onwuka, G. I., & Omodamiro, R. M. (2019). Effects of Drying Methods on Physico-chemical Properties of Hydrocolloids Isolated from Peel Flour of Some Selected Root and Tuber Crops. *International Journal of Biochemistry Research & Review*, 1-8. <https://doi.org/10.9734/ijbcrr/2019/v27i330125>
- Ordoñez, E., Castillo, K. A., Reátegui, D., & Condori, V. E. (2019). Elaboración de pan con incorporación de harina de pulpa de coco y nibs de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.). *Agroindustrial Science*, 9(2), Article 2. <https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2019.02.12>
- Ospino Ballesteros, M. R., Uribe Molina, J. A., y Regalao Cantillo, E. J. (2017). Bioprospección del Ñame (*Dioscúrea spp*), Presente y futuro en Colombia y la región Caribe.
- Bioprospección del Ñame (*Dioscúrea spp*), Presente y futuro en Colombia y la región Caribe.
- Pacheco-Delahaye, E., Techeira, N., y García, A. D. (2008). Elaboración y evaluación de polvos para bebidas instantáneas a base de harina extrudida de ñame (*Dioscorea alata*). *Revista chilena de nutrición*, 35(4), 452-459.

Prada Ospina, R. (2012). Alternativa de aprovechamiento eficiente de residuos biodegradables: el caso del almidón residual derivado de la industrialización de la papa Bogotá, 180-192. *Revista EAN*, (72), 182-192.

Procolombia. (2024). *Ñame morado*.

<https://b2bmarketplace.procolombia.co/es/alimentos/vegetales-frescos/ube-name-morado->

17990#:~:text=Este%20tub%C3%A9rculo%20es%20altamente%20nutritivo,calcio%20C%20hierro%20y%20vitamina%20A.

Pupo Argumedo, M. (2020). Modificación enzimática de harinas y almidones de ñame (criollo, espino, y diamante) cultivado en el departamento de Sucre (Tesis de maestría). Universidad de Córdoba.

<https://repositorio.unicordoba.edu.co/entities/publication/efb49f52-776d-4e40-9b81-11b4d7b89bd5>

Pupo Argumedo, M. A. (2020). *Modificación enzimática de harinas y almidones de ñame (criollo, espino, y diamante) cultivado en el departamento de Sucre*. Universidad de Córdoba.

<https://repositorio.unicordoba.edu.co/server/api/core/bitstreams/c5094c5e-fa4f-4cbd-8f36-4b851c39c393/content>

Reina Aranza, Y. C. (2012). *El cultivo de ñame en el Caribe Colombiano*. Documentos de trabajo sobre economía regional. Banco de la República, Centro de Estudios Económicos Regionales (CEER). Recuperado de

https://www.banrep.gov.co/sites/default/files/publicaciones/archivos/dtser_168.pdf

Reina-Aranza, Y. (2012). El cultivo de ñame en el Caribe colombiano. *Documentos de Trabajo Sobre Economía Regional y Urbana; No. 168*.

- Rosell, C. M., Rojas, J. A., & Benedito de Barber, C. (2001). Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. *Food Hydrocolloids*, 15(1), 75-81.
[https://doi.org/10.1016/S0268-005X\(00\)00054-0](https://doi.org/10.1016/S0268-005X(00)00054-0)
- Rowayshed, G., Sharaf, A. M., El-Faham, S. Y., Ashour, M., & Zaky, A. A. (2015). Utilization of potato peels extract as source of phytochemicals in biscuits. *Journal of Basic and Applied Research International*, 8(3), 190-201.
- Sabbagh, A. M. P., Ahumada, J. C. M., DE LOS NEGOCIOS, M. D. I., y Comercio, y. análisis de las condiciones de factibilidad para la creación de una empresa productora y comercializadora de harina de ñame.
- Salcedo-Mendoza, J., García-Mogollón, C., y Salcedo-Hernández, D. (2024). Propiedades funcionales de almidones de ñame (*Dioscorea alata*). *Boletín de la Sociedad de Agricultores de Antioquia*, 16(2), 99-116.
<http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v16n2/1692-3561-bsaa-16-02-00099.pdf>
- Salgado-Ordosgoitia, R. D., Paternina-Contreras, A. L., Cohen-Manrique, C. S., y Rodríguez-Manrique, J. A. (2019). Análisis de las curvas de gelatinización de almidones nativos de tres especies de ñame: criollo (*Dioscorea alata*), espino (*Dioscorea rotundata*) y Diamante 22. *Información tecnológica*, 30(4), 93-102.
- Sánchez, D. H., Peña, A. P., & Giselle, A. (2015). Utilización de harinas compuestas de maíz y garbanzo adicionadas con fibra de cáscara de piña para sustitución de harina de trigo en productos de panificación.
- Sánchez-López, D. B., Luna-Castellano, L. L., Regino-Hernández, S. M., y Cadena-Torres, J. (2021). Inducción de la brotación en tubérculos de ñame (*Dioscorea*

rotundata Poir) con la aplicación de reguladores de crecimiento. Terra

Latinoamericana, 39.

Santos, S. D. J. L., Canto, H. K. F., da Silva, L. H. M., y 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.

Santos, S. D. J. L., Pires, M. B., Amante, E. R., da Cruz Rodrigues, A. M., y da Silva, L.

H. M. (2021). Isolation and characterization of starch from purple yam (*Dioscorea trifida*). *Journal of Food Science and Technology*, 1-9.

Sari, A. E., Salsabillah, S., Ahadiyati, T. M., y Pujianti, R. (2022). Acceptance of cookies

products substitute of purple sweet flour, bit as a food contains iron. *Jurnal Gizi Prima (Prime Nutrition Journal)*, 7(1), 8-14.

Seña-Rambauth, K. M., Hernández-Ruydiaz, J. E., Figueroa-Flórez, J. A., Salcedo-

Mendoza, J. G., y Ortega-Quintana, F. A. (2024). Evaluación de las propiedades proximales, estructurales, morfológicas fisicoquímicas y de digestibilidad in vitro en mezclas de harinas de ñame y batata. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 25(2).

https://doi.org/10.21930/rcta.vol25_num2_art:3478

Shrivastava, A., Gupta, R. K., y Srivastav, P. P. (2024). Exploring novel frontiers of

advancements in purple yam (*Dioscorea alata* L.) starch extraction, modification, characterization, applications in food and other industries. *Measurement: Food*, 100196.

Singh, U. (2001). Functional properties of grain legume flours. *Journal of Food Science and Technology*, 38(3), 191-199

Susiloningsih, E. K. B., Rosida, R., y Febrianita, A. (2018, December). Proportion Study of Wheat Flour and Purple Yam Flour and Addition of Egg on Making of Dry

Noodle. In *International Conference on Science and Technology (ICST 2018)* (pp. 134-137). Atlantis Press.

Tarazona, V. A., y Flores, J. F. (2021). Harina de Sachapapa Morada (*Dioscorea Trífida L.*) como sustituto en la Elaboración de Pan Comercial. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(2), 2049-2066.

Techeira, N. (2014). Formulación y evaluación de productos alimenticios dirigidos al adulto mayor a base de almidones modificados y harina de ñame (*Dioscorea alata*). *Revista de Ciencias Alimentarias y Nutricionales*, 21(1), 45-59.
<http://saber.ucv.ve/handle/10872/5520>

Torrenegra Alarcón, M. E., León Méndez, G., Matiz Melo, G. E., y Sastoque Gomez, J. D. (2015). Lipofilización del almidón de *Dioscorea rotundata P.* y su posible uso como agente emulsificante. *Revista Cubana de Farmacia*, 49(4), 0-0.

Universidad de Sonora. (n.d.). *Materias y métodos*. Recuperado de
<http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/21213/Capitulo7.pdf>

Yalindua, A., Manampiring, N., Waworuntu, F., y Yalindua, F. Y. (2021, July). Physico-chemical exploration of Yam Flour (*Dioscorea alata L.*) as a raw material for processed cookies. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1968, No. 1, p. 012004). IOP Publishing.

Yousf, N., Nazir, F., Salim, R., Ahsan, H., & Sirwal, A. (2017). Water solubility index and water absorption index of extruded product from rice and carrot blend. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 6(6), 2165-2168

Zhou, Y., Li, F., Sanders, C., Samain, S., y Salman, A. (2023). Online monitoring of dry powder mixing in a bin mixer. *Powder Technology*, 415, 118081.

