

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**EVALUACIÓN FITOQUÍMICA, NUTRICIONAL Y SENSORIAL DE MAÍZ
MORADO, BLANCO Y AMARILLO NATIVO**

ELABORADO POR:
KENNETH MIGUEL DEHAIS ÁLVAREZ

TESIS



MAYO, 2025

CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS C.A.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**EVALUACIÓN FITOQUÍMICA, NUTRICIONAL Y SENSORIAL DE MAÍZ
MORADO, BLANCO Y AMARILLO NATIVO**

**ELABORADO POR:
KENNETH MIGUEL DEHAIS ÁLVAREZ**

**JHUNIOR ABRAHÁN MARCIA FUENTES
Asesor Principal**

TESIS

**PRESENTADO A UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A OBTENCIÓN DE TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO**

MAYO, 2025

CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS C.A.

DEDICATORIA

A Dios Todo Poderoso, por ser el autor principal de esta investigación, al brindarme la sabiduría necesaria para culminarla con éxito, a Él sea la honra.

A mis padres, por su esfuerzo reflejado en la fortaleza que me ayudó a seguir adelante en cada proceso.

A mi familia, por sentirse orgullosos y decirles que cada miembro es ahora un Ingeniero Agrónomo.

AGRADECIMIENTOS

A Dios Todo Poderoso, por darme la fortaleza necesaria en cada proceso y no dejarme de lado en ningún momento.

A mis padres y a mis abuelos por ser el pilar fundamental, ver potencial en mí y hacerme sentir capaz de que sin importar qué, puedo lograr lo que me proponga.

A mis hermanas, por ver un ejemplo a seguir en mí, sabiendo que no soy perfecto.

A mis tíos, por cada palabra de aliento en todo este proceso.

A Aybi Daniela Mendoza Matute, por ser una pieza clave en la realización de este trabajo y en mi vida.

A mis amigos, por crearme capaz de realizar esta investigación y siempre alentarme.

A mis asesores, MSc. Jhunion Marcia, MSc. Carlos Amador y MSc. Israel Rodas, por todo el apoyo brindado para que esta investigación fuese culminada con éxito.

A la Universidad Nacional de Agricultura, mi Alma Máter, por cada experiencia vivida, por cada persona conocida y por darme el título de Ingeniero Agrónomo.

A la Universidad Nacional de Huancavelica, a sus profesores, por su hospitalidad y todo el apoyo brindado en mi estadía allá.

ÍNDICE

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE ANEXOS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
RESUMEN	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	9
II. OBJETIVOS	11
2.1. Objetivo general	11
2.2. Objetivos específicos	11
III. REVISIÓN DE LITERATURA.....	12
3.1 Antecedentes del maíz	12
3.2 Origen del maíz	12
3.3 Antecedentes de uso del maíz.....	13
3.4 Maíz nativo y endémico	13
3.5 Maíz Morado	13
3.6 Importancia de Consumo global del maíz morado.....	14
3.7 Importancia del consumo de maíz morado en Latinoamérica	14
3.8 Importancia del consumo de maíz morado en Honduras	14
3.9 Taxonomía del maíz morado	15
3.10 Composición química del maíz morado	16
3.11 Análisis sensorial.....	17
3.12 Análisis instrumental	17
3.13 Espectrofotometría de Masas	17
3.14 Contenido Nutricional del maíz morado	18
IV. MATERIALES Y MÉTODO.....	19
4.1. Lugar de investigación	19
4.2. Materiales y equipo	20
4.3 Reactivos.....	22
4.4. Método	23
4.4.1. Metodología.....	23

4.4.2. Procedimientos	23
4.5 Diseño experimental	34
4.5.1. Variables independientes	34
4.5.2. Variables dependientes	34
4.5.3. Análisis de resultados	35
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
5.1. Análisis funcional	36
5.2. Análisis Fisicoquímico	37
5.3. Análisis químico proximal	39
5.4. Análisis sensorial	42
VI. CONCLUSIONES	44
VII. RECOMENDACIONES	45
VIII. BIBLIOGRAFÍA	46
ANEXOS	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Taxonomía del maíz morado.....	15
Tabla 2.	Composición química del maíz morado (100g)	16
Tabla 3.	Composición química del maíz blanco y amarillo (100g)	16
Tabla 4.	Materiales, equipo y descripción.....	20
Tabla 5.	Reactivos y descripción.....	22
Tabla 6.	Ficha para análisis sensorial	33
Tabla 7.	Medición de polifenoles y antioxidantes.....	36
Tabla 8.	Análisis fisicoquímico.....	38
Tabla 9.	Análisis químico proximal	40
Tabla 10.	Análisis sensorial	42

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Formato de prueba sensorial.....	47
Anexo 2. Desarrollo de prueba sensorial.....	47
Anexo 3. Molido de muestras.....	52
Anexo 4. Muestras molidas y tamizadas.....	47
Anexo 5. Agitación de muestras para dilución.....	47
Anexo 6. Muestras diluidas para análisis.....	47
Anexo 7. Toma de potencial de hidrógeno.....	53
Anexo 8. Determinación de densidad.....	48
Anexo 9. Determinación de polifenoles	53
Anexo 10. Determinación de antioxidantes.....	48
Anexo 11. Análisis de compuestos bioactivos	53
Anexo 12. Muestras para espectrofotómetro.....	48
Anexo 13. Determinación de cenizas	54
Anexo 14. Determinación de humedad.....	49
Anexo 15. Determinación de proteína.....	54
Anexo 16. Determinación de fibra.....	49
Anexo 17. Determinación de grasa	54
Anexo 18. Lab. de composición de productos.....	49
Anexo 19. Determinación de viscosidad.....	50
Anexo 20. Determinación de grados brix.....	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Análisis funcional	37
Figura 2.	Análisis fisicoquímicos	39
Figura 3.	Análisis químico proximal.....	41
Figura 4.	Análisis sensorial.....	43

Dehais Alvarez, K. M. (2025). Evaluación fitoquímica, nutricional y sensorial de maíz morado (*Zea mays* L.). Tesis de grado, Carrera de Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Agricultura. Catacamas, Olancho, Honduras. 55 pp.

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la composición fitoquímica, el contenido nutricional y las propiedades sensoriales del maíz morado (*Zea mays* L.), en comparación con las variedades blanca y amarilla, mediante análisis instrumentales y sensoriales. Se realizaron evaluaciones funcionales, fisicoquímicas, químico-proximales y sensoriales. En el análisis funcional, la harina de maíz morado presentó la mayor capacidad antioxidante ($269.04 \pm 2.37 \mu\text{mol/g}$) y contenido de polifenoles totales ($4.22 \pm 0.01 \text{ mg GAE/g}$), superando significativamente a las otras muestras ($p \leq 0.05$). En el análisis fisicoquímico, esta variedad mostró mayor valor en grados Brix (5.0 ± 0.01) y un pH ligeramente ácido (6.83 ± 0.02), mientras que el maíz blanco obtuvo la mayor viscosidad ($33.58 \pm 0.53 \text{ mPa.s}$). En cuanto al análisis proximal, el maíz morado destacó por su alto contenido de fibra cruda ($1.89 \pm 0.04\%$) y un perfil proteico competitivo ($7.55 \pm 0.04\%$), aunque con menor contenido de grasa ($3.65 \pm 0.04\%$). Sensorialmente, el maíz blanco fue el más aceptado (7.53 ± 1.67), seguido por el amarillo (7.23 ± 1.31). El maíz morado obtuvo una aceptabilidad moderada (6.66 ± 1.59), probablemente debido a su coloración intensa, más que a sus características organolépticas. Se concluye que el maíz morado representa una excelente alternativa funcional y nutricional en el desarrollo de productos alimenticios orientados a la salud. No obstante, su incorporación en la dieta requiere estrategias de transformación, educación alimentaria y mejora sensorial para favorecer su aceptación en el consumidor final, especialmente en entornos donde predomina el consumo de variedades convencionales.

Palabras clave: Antioxidantes, análisis sensorial, composición fitoquímica, alimento funcional, compuestos bioactivos.

I. INTRODUCCIÓN

La investigación de granos nativos ha aumentado, debido a la inseguridad alimentaria que se está viviendo en la actualidad, al juntar los diferentes análisis, se proporciona a la población interesada en la investigación una descripción más precisa de las diferentes características del maíz morado, que contribuirá al desarrollo de los alimentos funcionales haciendo uso de especies nativas (Pérez *et al*, 2023).

El análisis fitoquímico de los granos y cereales, en este caso del maíz morado, es de suma importancia para conocer el potencial que este posee en la seguridad alimentaria, ya que al hacer uso de equipos como el espectrofotómetro, se permite la identificación y cuantificación de compuestos bioactivos con gran precisión que, además proporciona información sobre propiedades antioxidantes, compuestos fenólicos y otros beneficios para la salud de alimentos derivados del maíz morado (Bonnin, 2019).

El contenido nutricional del maíz morado, así como su composición fitoquímica, han demostrado que este muestra alto contenido de antocianinas y otros metabolitos secundarios que contribuyen a su valor funcional gracias a sus propiedades antioxidantes que según estudios, el maíz morado juega un papel importante en la prevención de enfermedades crónicas, por lo cual la importancia de una profunda investigación fitoquímica y nutricional es crucial para su incorporación en la dieta de la población (Cerro & Espillico, 2021).

Es crucial, realizar un análisis sensorial del maíz morado, puesto que es una variedad casi desconocida para la población hondureña, y es que las pruebas sensoriales descriptivas en consumidores, tienen la capacidad de detectar las debilidades y fortalezas de un producto que desea ser introducido al consumo, es de suma importancia conocer que le gusta y disgusta al consumidor para tomar medidas y que la aceptación del maíz morado por parte de la población, sea una realidad (Ramírez, 2012).

Por lo anterior este estudio, tiene como objetivo, evaluar la composición fitoquímica, el contenido nutricional y las propiedades sensoriales del maíz morado, mediante análisis instrumental, para su aprovechamiento como ingrediente funcional en la dieta de la población estudiantil de la Universidad Nacional De Agricultura.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Evaluar la composición fitoquímica, el contenido nutricional y las propiedades sensoriales del maíz morado, blanco y amarillo nativo, mediante análisis instrumental y pruebas descriptivas para su aprovechamiento como ingrediente funcional.

2.2. Objetivos específicos

- Determinar la composición fitoquímica, a partir del contenido de fenoles totales y actividad antioxidante del maíz morado, blanco y amarillo, a partir de análisis instrumental
- Caracterizar las propiedades nutricionales y fisicoquímicas del maíz morado, blanco y amarillo, a partir de análisis proximal e instrumental a escala de laboratorio.
- Evaluar las propiedades sensoriales del maíz morado, blanco y amarillo, a través de pruebas descriptivas en consumidores.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Antecedentes del maíz

El maíz es uno de los cereales más consumidos a nivel mundial, siendo el Teocinte, el ancestro salvaje del maíz, una herbácea incomedible proveniente del Sur de México que posee ramificaciones, caso contrario a la planta del maíz, el teocinte también posee mazorcas más pequeñas y con menos granos (Rodríguez Barba, 2021). Según múltiples deducciones mediante investigación científica, el maíz es producto del cruce del teocinte anual mexicano con un tipo de maíz silvestre, aunque también se puede considerar el maíz actual (Kato Yamakake, 2023).

3.2 Origen del maíz

El maíz es un cultivo que tiene su origen en México, que, mediante selección natural, los individuos más fuertes pudieron emigrar hacia otros países de Mesoamérica, se considera a México como el progenitor del maíz dando lugar también a la Zona Andina para convertirse en el lugar secundario de origen (Acosta, 2009).

El maíz fue de suma importancia en las sociedades nómadas, que posteriormente se reconocieron como sedentarios, lo que dio lugar al nacimiento de pueblos mayas e indígenas, quienes utilizaban el maíz como elemento fundamental en su dieta, ingrediente que está y se deduce que estará presente en la dieta del ser humano mientras subsista (Dorantes, 2023). Es prudente, reconocer que, gracias a la migración del maíz, este logró establecerse en territorio hondureño.

3.3 Antecedentes de uso del maíz

Si se le realiza la pregunta a cualquier ser humano de lo que consume a diario, seguramente incluirá el maíz aún de manera inconsciente en muchos de los alimentos, y es que el maíz, históricamente ha estado presente en la alimentación del ser humano y de los animales. El maíz ha sido un elemento fundamental y ha estado presente en el desayuno, almuerzo, cena, meriendas e incluso en las fiestas culturales de los Latinoamericanos, y es que el maíz presenta una diversidad de sabores, olores y colores lo que lo convierte en un ingrediente fundamental de múltiples platillos (Cuevas Mejía, 2014).

3.4 Maíz nativo y endémico

Para identificar si una especie es nativa, basta con ver su procedencia, si es resultado de la selección por parte de un agricultor, seguro es nativa, se dividen en razas y sus lugares de procedencia son variables; se nombran a partir de sus características o lugares de procedencia, en América Latina se han descrito alrededor de 220 razas (Gómez, 2019). Asimismo, se comprende por definición de endémico a una especie que es natural de determinada área y no puede existir fuera de este (Chaparro-Herrera, 2024).

3.5 Maíz Morado

El maíz morado del Perú, tiene su origen en la mayoría de los países de América, sin embargo estudios revelan que es proveniente de Los Andes de Perú , donde es sembrado a más de 3000 msnm y pertenece a la raza de maíz Kculli (Medina, 2020). El maíz morado, tiene la característica especial de poseer los granos y tusa de color morado, dicha característica, es indicador de la alta presencia de antocianinas que le aporta características benéficas y de interés a la salud humana y a la soberanía alimentaria (Guillén, 2014).

3.6 Importancia de Consumo global del maíz morado

Las enfermedades degenerativas como la diabetes, cáncer, enfermedades cardiovasculares y desnutrición, juegan un papel importante en el número de muertes a nivel mundial, lo que genera alerta a muchos países (Gomez, 2010). Además, el maíz morado posee dicho color debido a su alto contenido de antocianinas, las cuales poseen propiedades antioxidantes las cuales actúan como protectores ante las enfermedades crónicas (Prado, 2024). Es por eso que el maíz morado puede ser un actor importante para la prevención de enfermedades y la contribución a la soberanía alimentaria.

3.7 Importancia del consumo de maíz morado en Latinoamérica

El maíz morado ha sido cultural e históricamente utilizado como alimento desde el Perú prehispánico, es la cultura que más ha preservado dicha semilla y han aprovechado los beneficios que este posee utilizándolo en bebidas y fabricación de harinas, de igual forma ha sido utilizado por la cultura mexicana donde es utilizado más en fiestas o como platos exóticos (González, 2016). En el pasado se encontraba el cultivo de maíz morado en Honduras, sin embargo, se comenzó a utilizar en su mayoría los híbridos y transgénicos y se perdió el interés por lo cultural.

3.8 Importancia del consumo de maíz morado en Honduras

Según García (2024); aproximadamente 1.8 millones de personas en Honduras, se encuentran en niveles críticos de pobreza extrema, lo que los obliga a reducir el número de comidas, limitando los nutrientes que deben ingresar a sus cuerpos, creando esto condiciones de desnutrición e inseguridad alimentaria. El análisis nutricional del maíz morado, arroja datos importantes que promueven a nivel nacional el uso del maíz morado como un elemento

funcional para la dieta del hondureño (Prado, 2024). De igual forma será una fuente de ingresos económicos para productores y comercializadores de este.

3.9 Taxonomía del maíz morado

El maíz morado es originario de América, perteneciente a la familia de las Poáceas, tribu Maydeas, su nombre en inglés es “*Andean Purple Corn*” conocido comúnmente como maíz azul o maíz morado (Chávez, 2000). A continuación, se presenta la composición taxonómica en tabla.

Tabla 1. Taxonomía del maíz morado.

Taxonomía	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Tribu	Andropogoneae
Especie	<i>Zea</i>
Nombre científico	<i>Zea mays</i>
Nombre común	Maíz morado

Fuente: (Urquizo, 2019).

3.10 Composición química del maíz morado

Químicamente la coloración morada del maíz es gracias al contenido de antocianinas que este posee, la coloración se encuentra en el marlo y pericarpio de los granos, esta es la principal utilidad y es debida a su capacidad de coloración (Mooner, 2013). La (Tabla 2) presenta la composición química del maíz morado.

Tabla 2. Composición química del maíz morado (100g)

Tipo de prueba	Porcentaje
Almidón	77%
Azúcares	10%
Proteínas	11%
Minerales y Vitaminas	2%

Fuente: (Guillén, 2014).

El maíz blanco y amarillo, son similares en cuanto a composición química, manteniéndose en los mismos rangos y defiriendo según la variedad (Mooner, 2013). En la (Tabla 3), se presenta la composición química promedio de las variedades de maíz blanco y amarillo.

Tabla 3. Composición química del maíz blanco y amarillo (100g)

Tipo de prueba	Porcentaje
Almidón	82%
Azúcares	3%
Proteínas	13%
Minerales y Vitaminas	2%

Fuente: (Mooner, 2013).

3.11 Análisis sensorial

Las pruebas descriptivas, son un método que determina las cualidades organolépticas de los alimentos, haciendo uso del sentido olfativo y gustativo del ser humano, mediante este método, se pueden tomar decisiones sobre qué hacer con alimentos, clasificarlos y conocer diferentes opiniones de los consumidores, como su nivel de aceptación, agrado y criterios de los mismos (Manfugás, 2020).

Las pruebas sensoriales orientadas al consumidor, dan un efecto positivo en la introducción de un nuevo producto a un grupo específico, mediante el análisis sensorial se pueden dar beneficios a productores, distribuidores y consumidores, para determinar si es necesario hacer algún ajuste en la manera de suministrar el nuevo producto. Mediante estas pruebas se determina lo que agrada y desagrada al consumidor (Ramírez, 2012).

3.12 Análisis instrumental

Los métodos instrumentales de análisis, son técnicas que emplean mayor grado de sofisticación para la determinación y separación de compuestos químicos presentes en la materia de estudio, la determinación de estos compuestos suele ser compleja y con el análisis instrumental se vuelve sencilla y precisa (Fernández, 2021). Es de suma importancia el análisis instrumental de manera adecuada para obtener resultados confiables.

3.13 Espectrofotometría de Masas

La espectrofotometría de masas es un método o un principio que puede ser de gran utilidad a la industria alimentaria, ya que “permite separar, aislar, identificar y cuantificar los diferentes componentes de una muestra” (Bonnin, 2019). Al utilizar el espectrofotómetro, se está dando a conocer una forma precisa para la identificación de compuestos bioactivos que indican la composición química de los granos de maíz morado, que puede ayudar a la

identificación de antioxidantes y polifenoles que indiquen nuevas propiedades funcionales del maíz morado, ya que como se conoce, el maíz morado tiene alto contenido de antocianinas y otros compuestos benéficos (Fuentes *et al.*, 2021).

3.14 Contenido Nutricional del maíz morado

El maíz morado ha sido investigado y precisamente distinguido por su pigmentación morada en sus granos, tusa y mazorca. Los maíces con granos pigmentados, poseen la característica de poseer alto contenido en compuestos fenólicos y su capacidad antioxidante, estos indicadores son señal de que el maíz morado puede llegar a ser un elemento importante en la nutrición y puede contribuir a la salud humana, pueden llegar a ser utilizados en la creación de suplementos alimenticios, así como alimentos comunes que posean estas características complementarias (Quintanilla *et al.*, 2017).

IV. MATERIALES Y MÉTODO

4.1. Lugar de investigación

La investigación se desarrolló en el Laboratorio de Análisis Sensorial de la Universidad Nacional de Agricultura. Este campus se ubica en el departamento de Olancho en la carretera hacia Dulce Nombre de Culmí, kilómetro 215, Barrió El Espino ciudad de Catacamas, Honduras. La extensión de Catacamas es de 7,228.5 km², asimismo, esta ciudad está situada entre los (14°; 54', 04"), latitud Norte y (85°; 55',31"), del Meridiano de Greenwich. El municipio limita al norte con Gualaco, San Esteban y Dulce Nombre del Culmí; al sur con Patuca y Trojes, El Paraíso; al este, Dulce Nombre de Culmí y el departamento de Jinotega, Nicaragua; y al oeste con Santa María de El Real, San Francisco de Becerra y Juticalpa. Asimismo, se desarrollará los análisis físico-químicos, fitoquímicos y moleculares en la Universidad Nacional de Huancavelica, ubicada en el Municipio de Huancavelica, en Perú.

La Universidad Nacional de Huancavelica es una comunidad académica orientada a la investigación y docencia que brinda formación científica, tecnológica y profesional en múltiples carreras, entre ellas la Agronomía la cual maneja el slogan "Cultivando la innovación y sostenibilidad para alimentar al mundo". Esta carrera tiene el enfoque de innovar para volver la Agronomía sostenible y apoyar a la soberanía alimentaria de Perú, siendo un ejemplo para este trabajo que tiene dentro de sus objetivos contribuir a la soberanía alimentaria de Honduras (Fernández, 2024).

Los análisis fitoquímico y nutricional, serán realizados en el Laboratorio de Composición de Alimentos, ubicado en la filial de la ciudad de Acobamba, que Limita por el norte con la provincia de Churcampá, por el este con el departamento de Ayacucho, por el sur con la provincia de Angaraes y por el oeste con la provincia de Huancavelica.

4.2. Materiales y equipo

Para el desarrollo de la investigación se utilizará diferentes materiales y equipo, descrito a continuación en (**Tabla 4**).

Tabla 4. Materiales, equipo y descripción.

Materiales y equipo	Descripción
Harina de maíz morado, amarillo y blanco	<i>Zea mays</i> L. proveniente del banco de semillas de la Universidad de los Pueblos Indígenas posteriormente molido en un molino tipo dentado de 3 kg de fuerza.
Molino	Tipo dentado de 3 kg de fuerza
Tamices	De malla, tipo comercial
Beaker	Marca USA LAB, capacidad de 500 ml
Probeta	Marca USA LAB con capacidad de 100 ml
Matraz Erlenmeyer	Marca USA LAB con capacidad de 250 ml.
Filtros de papel	Marca Whatman
Balanza Analítica	Mettler Toledo con capacidad de 220 g, legibilidad de 0.1 mg.
Estufa de secado	Marca Binder, modelo ED 53
Bolsas conservadoras	Marca Ziploc con capacidad para 2 kg
Micro pipeta	Marca Dragon Lab, con capacidad de 10 a 1000 micro litros
Espectrofotómetro	Marca Shimadzu, modelo UV-1900
Cucharas	Stanley 50 g de capacidad
pH metro digital	LAQUA HORIBA con escala de 0 a 15
Agitador magnético	Marca Ika-Werke, capacidad de 1500rpm
Refractómetro	HANNA HI96801, de 0 a 85% Brix

Guantes	Raisen
Gabacha, mascarilla y redecilla	Tela, desechable
Mesas	Pórtico
Pipeta graduada	Marca USA LAB, capacidad de 5 ml
Mufla	Thermo scientific
Placas de Petri	Marca ANORMAX
Crisoles	Marca Yequim, capacidad para 3 gramos
Picnómetros	Marca LBT Germany, capacidad de 5 ml
Agitador de tubos	Marca MYLAB UT-01
Tubos Eppendorf	Capacidad de 2 ml
Cubetas Eppendorf	De 220 a 1600 nm
Pinzas de laboratorio	Acero inoxidable
Aspirador manual para pipetas	Marca HANNA
Campana secadora	De Biobase
Buretas	50 ml, graduada a 0.1 ml
Probetas	50 y 100 ml, graduadas a 0.1 ml
Digestor de proteína	Marca Kjeldahl Balones de 800 ml
Extractor de grasa	Marca Gerhardt, modelo SOX-412
Analizador de fibra	Marca Gerhardt, modelo IP20
Viscosímetro rotacional digital	Marca NDJ, 60 rpm
Refractómetro ocular	Marca ISOLAB

4.3 Reactivos

Para el desarrollo de la investigación, se hará uso de los reactivos descritos en la **Tabla 5**.

Tabla 5. Reactivos y descripción.

Reactivo	Cantidad
Agua destilada	3000 ml
Fenolftaleína	50 ml
Hidróxido de sodio	15 g
Folin-Ciocalteu	50 ml
Carbonato de sodio al 80%	20 g en 100 ml de agua destilada
DPPH	2.96 mg en 50 ml de metanol al 80%
Muestras de maíz blanco, morado y amarillo diluidas	20 g de muestra en 200 ml de agua destilada de cada una.
Metanol al 80%	100 ml
Reguladores de pH	pH7, pH4, pH10, KCl, marca HORIBA
Solución indicadora de rojo de metilo	10 g
Agentes antiespumantes (perlas de vidrio)	30 g
Sulfato de sodio	10 g
Sulfato de cobre	10 g
Alcohol etílico	200 ml al 95%
Ácido clorhídrico 0.1 N	1900 ml
Hidróxido de sodio 0.1 N	20 g
Éter de petróleo	2200 g

4.4. Método

Esta investigación es de tipo descriptivo-cuantitativo de orden transversal a escala de laboratorio, siguiendo el modelo utilizado por Valdez, (2019), quién hizo los mismos análisis. Para el cumplimiento de los objetivos, consta de cuatro fases experimentales, descritas en la metodología.

4.4.1. Metodología

Para el logro de los resultados, se emplearán cuatro fases experimentales descritas a continuación:

4.4.2. Procedimientos

Fase 1. Evaluación funcional de las variedades de maíz

La evaluación funcional, se divide en la cuantificación de polifenoles y antioxidantes, a partir de 1 kg patrón de las variedades de maíz, cuyos procedimientos se describen a continuación.

4.4.2.1. Obtención de Polifenoles

Para la obtención de polifenoles, se empleará el método propuesto por (Muñoz *et al*, 2017) con ligeras modificaciones. El cual se desglosa de la siguiente forma:

- Depositar 1000 micro litros de muestra diluida en un tubo Eppendorf
- Depositar 250 micro litros de Folin-Ciocalteu
- Agregar 750 micro litros de Carbonato de Sodio al 80%
- Agitar cada muestra en un agitador de tubos por 15 segundos
- Dejar reposar las muestras por 30 minutos sin luz directa
- Ingresar cada muestra al espectrofotómetro
- Para determinar los polifenoles totales se utiliza la siguiente formula

$$Y = 0.1051 X + 0.0452$$

- Donde:
 (Y) representa la absorbancia reflejada en el espectrofotómetro,
 (X) la concentración de polifenoles totales
 (0.1051) indica cuanto cambia la absorbancia Y cuando X aumenta.
 (0.0452) indica el valor de absorbancia a una concentración de polifenoles cero.

La cantidad de polifenoles, será expresada en (mg/mL) de polifenoles en la muestra.

4.4.2.2. Obtención de Antioxidantes

Posteriormente, se realizará la identificación y cuantificación de las moléculas antioxidantes del maíz, siguiendo la metodología propuesta por (Ushie, 2019) con ligeras modificaciones. La cual sigue la siguiente cronología.

- Depositar 100 micro litros de muestra diluida en cada tubo Eppendorf.
- Depositar 1000 microlitros de DPPH (2.96 mg DPPH en 50 ml Metanol 80%).
- Llevar cada muestra al agitador de tubos por 15 segundos
- Dejar reposar las muestras fuera del alcance de la luz por 30 minutos.
- Calibrar el espectrofotómetro con una solución de 100 micro litros de DPPH y 1000 micro litros de metanol al 80%.
- Realizar la lectura en el espectrofotómetro
- Para determinar los antioxidantes se utiliza la siguiente formula

$$Y = 0.078 X + 3.4646$$

- Donde:
 (Y) representa la absorbancia medida en el espectrofotómetro.
 (X) representa la concentración antioxidante.
 (0.0718) indica cuanto cambia la absorbancia Y cuando X aumenta.
 (3.4646) representa la absorbancia a concentración cero de antioxidantes.

La cantidad de moléculas antioxidantes será expresada en (µmoles/g) presentes en cada muestra.

Fase 2. Caracterización fisicoquímica de las variedades de maíz

Los análisis fisicoquímicos, se realizaron a partir de pruebas de potencial de hidrogeno, grados brix, densidad y viscosidad, a continuación se describe cada uno de los procedimientos según la metodología empleada por Silva, (2024).

4.4.2.3. Potencial de Hidrógeno

Para determinar el pH de las variedades de maíz, se hizo uso de un pH metro digital marca LAQUA HORIBA con escala de 0 a 15 siguiendo los siguientes pasos:

- Calibrar el pH metro con reguladores de pH, pH7, pH4, pH10, KCl, marca HORIBA.
- Lavar y secar bien el pH metro
- Ingresar el pH metro a la muestra diluida
- La lectura del pH fue reflejada en la pantalla

4.4.2.4. Grados Brix

Para la determinación de los grados brix, se hizo uso de un refractómetro ocular, siguiendo el procedimiento utilizado por Orrabalis, (2013), el cuál se describe a continuación:

- Diluir las muestras en una relación 2:1, dos partes de agua y una de agua.
- Agitar por 30 minutos en un agitador magnético.
- Colocar una gota de la muestra en un refractómetro ocular.
- Observar el dato reflejado apuntando el refractómetro a un lugar con luz.

Los grados brix serán expresados en porcentaje de grados brix.

4.4.2.5. Obtención de la Densidad

- Para determinar la densidad se siguió el siguiente procedimiento:
- Pesar un picnómetro con capacidad para 5 ml vacío
- Pesar el mismo picnómetro con agua destilada
- Pesar el mismo picnómetro con muestra diluida
- Calcular la densidad utilizando la siguiente fórmula:

$$Densidad = \frac{PM - PV}{PA - PV}$$

- Donde:
PM es el peso del picnómetro con muestra
PA es el peso del picnómetro con agua
PV es el peso del picnómetro vacío

La densidad de cada muestra, será expresada en (g/mL) presentes en la muestra.

4.4.2.6. Viscosidad

Para determinar la viscosidad se hizo uso de un viscosímetro rotacional, siguiendo el procedimiento aplicado por Contreras, (2014), con ligeras modificaciones, siguiendo los siguientes pasos:

- Calibrar el viscosímetro
- Diluir las muestras en una relación 2:1, dos partes de agua y una de agua.
- Agitar por 30 minutos en un agitador magnético.
- Colocar el rotor 3 del viscosímetro.
- Ajustar el viscosímetro a 12 rpm
- Colocar la dilución de la muestra procurando que el rotor no toque el fondo para que realice las lecturas eficientemente.

- Para calcular la viscosidad se realiza la siguiente operación.

$$n^{\circ} = Data \times \left(\frac{\%}{100} \right)$$

- Donde:

n° es la viscosidad

Data: es la viscosidad en mPa.s

% es el porcentaje de error del viscosímetro

La viscosidad será expresada en el dato del viscosímetro $\pm$ el porcentaje de error del viscosímetro

Fase 3. Análisis químico proximal

El análisis químico proximal, se divide en la cuantificación del porcentaje de humedad, el contenido de cenizas, el porcentaje de proteína, grasa y fibra de las muestras de maíz. Cada uno de los procedimientos está descrito a continuación, cada uno con las respectivas metodologías tomadas como referencia.

4.4.2.7. Obtención de porcentaje de Humedad

Para determinar el porcentaje de humedad se siguió el procedimiento empleado por (Silva, 2024), el cual está descrito a continuación.

- Ingresar las placas de Petri a utilizar, por 15 minutos a 130° C en una estufa de secado.
- Dejar enfriar en una campana secadora por 15-20 minutos.
- En una balanza analítica, pesar las placas de Petri vacías.
- Tarar la balanza y agregarle a cada placa 5 gramos de muestra.
- Pesar la placa de Petri ya con los 5 gramos de muestra
- Ingresar las placas con la muestra a la estufa de secado por 1 hora a 130° C.
- Pasado este tiempo, dejar enfriar las placas con muestra en la campana secadora.

- Realizar lectura del peso final.
- Calcular la humedad mediante la siguiente formula:

$$\%Humedad = \frac{(PI - PF) \times 100}{M}$$

- Donde:

PI es el peso de la placa con la muestra antes de secar

PF es el peso luego de secar en la estufa

M es el peso de la muestra en la placa

La humedad será expresada en porcentaje del peso de la muestra analizada.

4.4.2.8. Obtención de porcentaje de Cenizas

Para la determinación de cenizas se siguió la metodología empleada por Pantoja, (2020), la cual está descrita a continuación:

- Pesar un crisol vacío.
- Ingresar 3 gramos de muestra y pesar de nuevo.
- Calentar a 105° C por 10 minutos en la estufa de secado.
- Ingresar las muestras a una mufla, previamente ajustada a 550° C.
- Monitorear hasta que se torne de un color grisáceo a blanco.
- Cuando se torne de ese color, sacar de la mufla y dejar enfriar en campana secadora.
- Tomar la lectura del peso final.
- Calcular el % de cenizas mediante la siguiente fórmula:

$$\%Cenizas = 100 \times \frac{PF - PV}{M} \frac{85}{100 - \%H}$$

- Donde:

PF es el peso final

PV es el peso del crisol vacío

M es el peso de la muestra en gramos

%H es el porcentaje de humedad de cada tipo de maíz previamente encontrado

La cantidad de cenizas, será expresada en porcentaje de la misma presente en cada muestra

4.4.2.9. Obtención de Proteínas

Para la obtención de proteínas, se utilizó el método de Kjeldahl, descrito en la (Norma Técnica Peruana, 2020), siguiendo en totalidad sus pasos descritos a continuación:

- Correr un blanco, utilizando 10 g de mezcla catalizadora, (sulfato de sodio y 0.5 g de sulfato de cobre (proporción 20 a 1)), y 30 ml de ácido sulfúrico concentrado.
- Determinar la masa de 1,0 g de la muestra molida, con precisión de 0,1 mg y colocarla en el balón Kjeldahl.
- Agregar 10 g de la mezcla catalizadora y 30 ml de ácido sulfúrico concentrado.
- Colocar el balón en posición inclinada y calentar suavemente hasta la desaparición de la espuma.
- Llevar la mezcla a ebullición vigorosa, hasta que la solución se aclare tomando un color verde esmeralda, y mantener el calentamiento durante 30 minutos.
- Enfriar la muestra digestada hasta una temperatura aproximada de 40 °C , agregar cuidadosamente 200 mL de agua destilada y agitar por rotación. Dejar enfriar a temperatura ambiente.
- Colocar un matraz Erlenmeyer de 500 mL en el sistema de destilación, conteniendo un exceso conocido de solución valorada de ácido sulfúrico 0,1 N y sumergir el extremo del tubo colector en la solución.
- Agregar las perlas de vidrio antiespumantes y añadir 70 mL de solución de hidróxido al 50% en masa, teniendo cuidado de hacerla resbalar por las paredes del balón.
- Inmediatamente, conectar el balón con el refrigerante y la trampa. Rotar el balón para mezclar el contenido y sumergir el pico del refrigerante en un matraz Erlenmeyer de 500 ml, conteniendo un exceso conocido de solución de ácido clorhídrico 0.1 N
- Calentar hasta que haya destilado todo el amoníaco.
- Titular el exceso de la solución de ácido, con la solución alcalina valorada de hidróxido de sodio, usando dos gotas de rojo de metilo como indicador. Corregir el resultado efectuando un ensayo en blanco.

- Los resultados serán expresados en porciento de masa de muestra y serán determinados mediante la siguiente formula:

$$P = \left[\frac{(V_{bk} - V_m) \times N_{NaOH} \times f_{NaOH} \times 0,014 \times F \times 100}{m} \times 100 \right] \times \frac{100}{(100 - H)}$$

- Donde:

P = g de proteínas por 100 g de muestra seca.

V BK = Volumen, en mL, de la solución estándar de hidróxido de sodio 0,1 N necesarios para titular el ensayo en blanco.

V m = Volumen, en mL, de la solución estándar de hidróxido de sodio 0,1 N necesarios para la titulación de la muestra.

N NaOH = Normalidad del hidróxido de sodio.

f NaOH = Factor de corrección de la solución valorada de NaOH 0,1 N .

0,014 = Miliequivalente de nitrógeno.

m = Masa de la muestra en gramos.

H = Contenido de humedad de la muestra en g/100 g .

F = Factor de conversión de porcentaje de nitrógeno a porcentaje de proteínas, cuyo valor es 6,25 para el maíz.

El contenido de proteínas será expresado en porcentaje de la misma presente en cada muestra.

4.4.2.10. Obtención de porcentaje de Grasa

Para la determinación de grasa se empleó la metodología utilizada por Areche, (2021), descrita a continuación:

- Se toman de 1 a 2 g de muestra y se colocan en un dedal de atracción, tapándolo con un pedazo de algodón en una cápsula de porcelana con tapadera. Se anota la masa.
- Se calcula la masa del matraz del aparato de Soxhlet previamente desecado, con aproximación a la cuarta cifra decimal y se anota la masa (P1).
- La muestra se seca en estufa a 100 °C hasta masa constante.

- Se saca de la estufa y se pone en el desecador a temperatura ambiente por 20 minutos.
- La muestra seca se coloca dentro del aparato de Soxhlet envuelta en papel filtro antes de colocarla
- Se extrae la grasa reflujo por lo menos durante 5 horas
- Se destila para recuperar el solvente hasta casi sequedad y se eliminan las trazas del solvente colocando el matraz en baño maría y luego en estufa a 105 °C durante 1 hora.
- Se seca y enfría en desecador hasta temperatura ambiente.
- Después de enfriarse, se determina la masa del matraz más la grasa obtenida (P2) y se determina el porcentaje de grasa utilizando la siguiente fórmula:

$$G = \frac{(P2 - P1) \times 100}{m}$$

- Donde:
 G= porcentaje de grasa
 P1= peso del matraz desecado
 P2= peso del matraz más la masa obtenida
 m= masa de la muestra

La grasa obtenida será expresada en porcentaje de la misma:

4.4.2.11. Porcentaje de fibra cruda

Para la determinación del contenido de fibra, se utilizó el procedimiento utilizado por Areche, (2021), descrito a continuación:

- Se determina una masa de 2 a 5 g de muestra.
- Se extrae la grasa de la muestra con éter de petróleo hasta que el solvente quede incoloro.
- Se seca la muestra hasta evaporar el solvente y se transfiere a un vaso de 600 ml
- Se añaden 200 ml de ácido sulfúrico caliente y se hierve durante 30 minutos, contando desde el momento de ebullición.

- Se filtra en caliente, utilizando papel filtro y se lava el residuo con agua caliente hasta neutralidad del líquido del lavado con ayuda de un chorro fino de agua destilada. Se pasa todo el residuo del vaso al filtrado.
- Se sigue lavando el vaso y el filtro hasta que el líquido cristalino no de reacción alcalina.
- Se lava con 2 porciones de alcohol etílico de 95%.
- Se seca en estufa a 130 °C. Se deja enfriar en desecador y se determina la masa. Se repite hasta obtener una masa constante. La cifra obtenida al tarar la muestra representa la masa de la fibra bruta.
- Se calcina en mufla hasta cenizas blancas, se enfría en desecador y se determina la masa. La cifra obtenida representa la masa de las cenizas de la fibra.
- Se determina el porcentaje de fibra cruda utilizando la siguiente fórmula:

$$FC = \frac{FB - C}{M} \times 100$$

- Donde:
Fc= % de fibra cruda.
Fb= % de fibra bruta en gramos.
C= Masa de cenizas de la fibra en gramos.
M= Masa de la muestra en gramos

El contenido de fibra cruda, será expresado en porcentaje de la misma presente en la muestra.

Fase 4. Caracterización sensorial clásica y avanzada de las variedades de maíz.

Para la determinación del análisis sensorial se empleará una prueba descriptiva de atributos de 9 puntos (**Tabla 6.**), siendo 1 el (Me disgusta extremadamente) y 9 (Me gusta extremadamente) en 100 consumidores, mediante diseño de bloques sensoriales complementemente balanceados, tomando como criterio de inclusión personas mayores de 18 años, previo consentimiento informado y orden de servido (Mendoza *et al*, 2023).

Tabla 6. Ficha para análisis sensorial

	Características	Color	Sabor	Olor	Aceptabilidad general
1	Me disgusta extremadamente				
2	Me disgusta mucho				
3	Me disgusta moderadamente				
4	Me disgusta ligeramente				
5	No me gusta ni disgusta				
6	Me gusta ligeramente				
7	Me gusta moderadamente				
8	Me gusta mucho				
9	Me gusta extremadamente				

(Mendoza *et al*, 2023)

4.5 Diseño experimental

Para el análisis de resultados, se utilizará un diseño completamente aleatorizado (DCA) propuesto por Camani, (2017), donde el factor de estudio son las variedades nativas de maíz, en este caso maíz Blanco, morado y amarillo, realizando tres repeticiones.

4.5.1. Variables independientes

- Semilla de maíz morado
- Semilla de maíz amarillo
- Semilla de maíz blanco

4.5.2. Variables dependientes

- Contenido de antioxidantes
- Contenido de polifenoles
- Potencial de hidrógeno
- Grados brix
- Viscosidad
- Densidad
- Porcentaje de humedad
- Porcentaje de cenizas
- Porcentaje de proteínas
- Porcentaje de grasa
- Porcentaje de fibra cruda

4.5.3. Análisis de resultados

Para la optimización del resultado se emplearon pruebas paramétricas en análisis químico proximal, físico-químico y funcional, y pruebas no paramétricas en análisis sensorial. Se determinaron estadísticos de Levene para evaluar normalidad y ANOVA para evaluar homocedasticidad con un p valor ≤ 0.05 para ambas y una confianza del 95%. De igual manera, se utilizaron pruebas de comparaciones múltiples de Tukey b (con un p valor ≤ 0.05) para determinar diferencias estadísticas en análisis fisicoquímico, fitoquímico y proximal. En el caso del análisis sensorial, se aplicaron pruebas de Games-Howell ya que no existe homogeneidad en las varianzas del análisis sensorial. El programa a utilizar será el SPSS versión 27, siguiendo la metodología planteada por Fuentes, y otros, (2021), con ligeras modificaciones.

V.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Análisis funcional

La Tabla 7, presenta el análisis funcional de las harinas evaluadas y revela que la harina elaborada a partir de maíz morado (T1) presenta una capacidad antioxidante significativamente superior ($269.04 \pm 2.37 \mu\text{mol/g}$) y el mayor contenido de polifenoles totales ($4.22 \pm 0.01 \text{ mg GAE/g}$) en comparación con las harinas de maíz blanco (T2), y maíz amarillo (T3) cuyas diferencias fueron estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$) según la prueba de Tukey b.

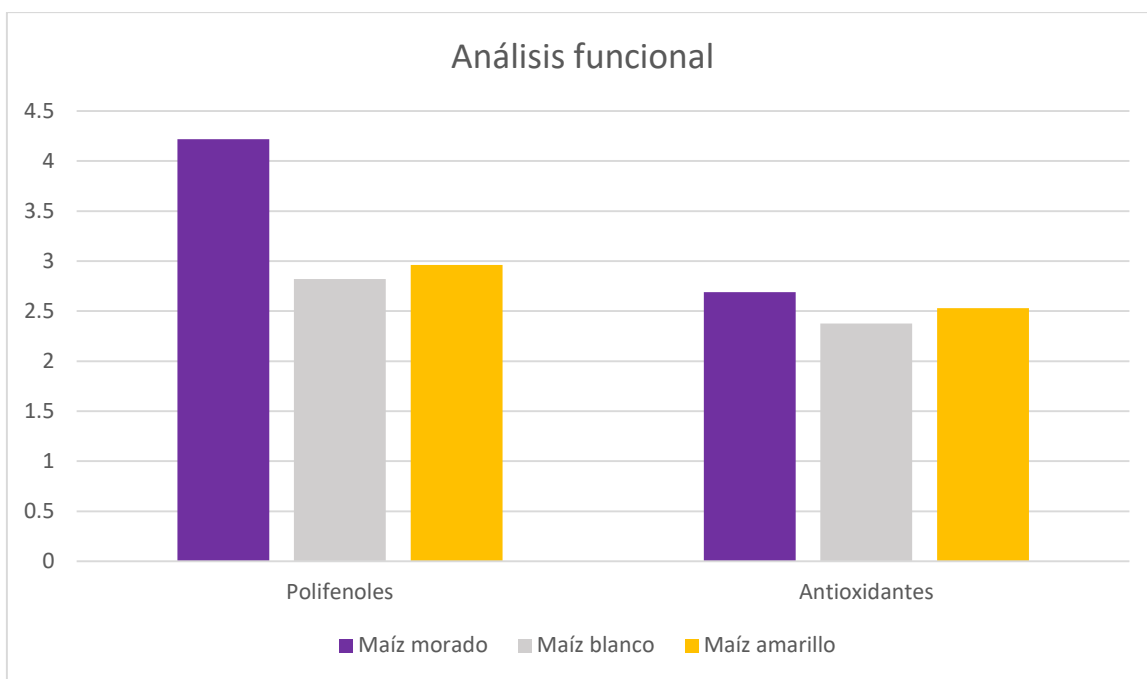
Tabla 7. Medición de polifenoles y antioxidantes

Descriptor	T1 (maíz morado)	T2 (maíz blanco)	T3 (maíz amarillo)
Antioxidantes	$269.04 \pm 2.37 \text{ a}$	$237.65 \pm 2.37 \text{ c}$	$252.85 \pm 2.53 \text{ b}$
Polifenoles	$4.22 \pm 0.01 \text{ a}$	$2.82 \pm 0.01 \text{ c}$	$2.96 \pm 0.01 \text{ b}$

Letras diferentes en la misma fila representan diferencias estadísticas a partir de las pruebas de Tukey b con $p\text{-valor} \leq 0.05$.

Los resultados en la Tabla 7, evidencian que el maíz morado posee una mayor concentración de compuestos bioactivos, lo que lo convierte en una materia prima con mayor valor funcional para el desarrollo de productos alimenticios con potencial antioxidante y fenólica, así como se reflejó en la investigación realizada por Reyna, (2023), el maíz morado puede llegar a jugar un papel importante en la formulación de alimentos funcionales destinados a promover la salud y prevenir enfermedades relacionadas con el estrés oxidativo en Honduras. Los resultados están expresados gráficamente en la Figura 1.

Figura 1. Análisis funcional



5.2. Análisis Fisicoquímico

El análisis fisicoquímico indicó diferencias entre los tratamientos en las diferentes pruebas, excluyendo la densidad, en la cual no se muestra significancia entre los tratamientos.

En la Tabla 8 se exponen los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico y se establece que en cuanto al pH, el T2 presentó el pH más neutro (7.00 ± 0.01), seguido del T1, con un pH ligeramente ácido, (6.83 ± 0.02), dejando el T3 con el valor más ácido, (6.58 ± 0.01). La densidad fue similar entre las muestras, con valores de $1001.57 \pm 0.08 \text{ kg/m}^3$ para el (T2), 1002.46 para el (T1) y $1002.85 \pm 1.26 \text{ kg/m}^3$ para el (T3), sin diferencias notables. El T1 presentó el mayor porcentaje de grados brix, (5 ± 0.01), siendo superior al T2 y T3, los cuales obtuvieron ambos (4 ± 0.01). En viscosidad, el T2 presentó los niveles de viscosidad más altos, (33.58 ± 0.53) defiriendo significativamente del T1 y T3, los cuáles obtuvieron ambos la misma viscosidad, (24.38 ± 0.29), siendo el T2 notablemente superior.

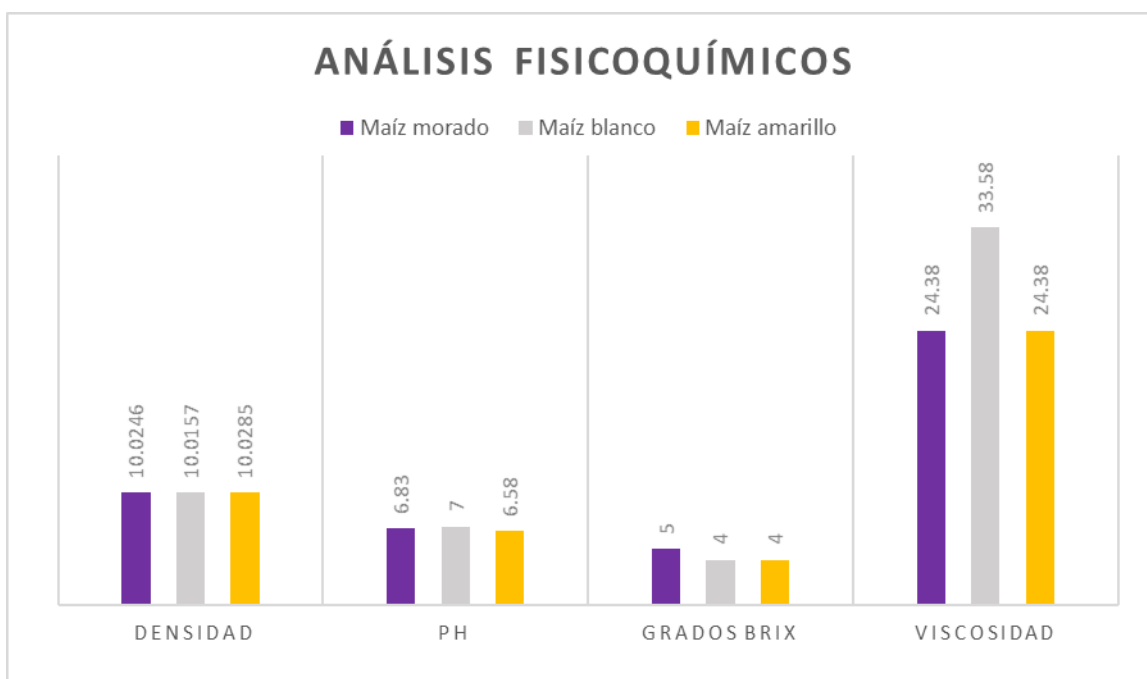
Tabla 8. Análisis fisicoquímico

Descriptor	T1 (maíz morado)	T2 (maíz blanco)	T3 (maíz amarillo)
Densidad	1002.46±1.23 ab	1001.57±0.08 b	1002.85±1.26 a
pH	6.83±0.02 b	7.00±0.01 a	6.58±0.01 c
Grados brix	5 ± 0.01 a	4 ± 0.01 b	4 ± 0.01 b
Viscosidad	24.38 ± 0.29 b	33.58 ± 0.53 a	24.38 ± 0.29 b

Letras diferentes en la misma fila representan diferencias estadísticas a partir de las pruebas de Tukey b con p-valor ≤ 0.05 .

La Tabla 8 describe el análisis fisicoquímico en el cual se puede observar que los resultados del pH, coinciden con lo expresado por Arhuire, (2016) en donde se presenta un pH similar del maíz nativo, que oscila desde 6.52 hasta 7.02, siguiendo una tendencia similar y manteniéndose en el rango. El porcentaje de grados brix del maíz morado, es superior, reforzando esto en base a lo dicho por Guillén, (2014), que indica que el maíz morado puede llegar a contener hasta 10 % de azúcares, es por esto que puede ser notoria la superioridad de este en relación al maíz blanco y amarillo. La densidad entre tratamientos fue sin diferencias significativas, esto indica que la molienda fue uniforme y que en los granos no hubo diferencias de tamaño sin importar las variedades, estos resultados son similares a los expuestos por Ríos, (2001), quien obtuvo densidades similares. La mayor viscosidad fue presentada por el maíz blanco, coincidiendo con lo expuesto por Martínez, (2013), quien determinó que el maíz blanco posee una mayor cantidad de almidón, por lo que se puede atribuir la mayor viscosidad sobre el morado y el amarillo. Lo dicho anteriormente se puede observar en la Figura 1.

Figura 2. Análisis fisicoquímicos



5.3. Análisis químico proximal

La Tabla 9 presenta el análisis proximal de los diferentes tratamientos, siendo las variables analizadas la humedad, el porcentaje de cenizas, proteína, grasa y de fibra. El análisis proximal de las harinas mostró diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos. La harina de maíz blanco (T2) presentó el mayor contenido de humedad ($15.70 \pm 0.03\%$), mientras que la de maíz morado (T1) tuvo el menor ($14.63 \pm 0.08\%$). En cuanto a proteínas, el maíz amarillo (T3) destacó con el valor más alto ($7.88 \pm 0.04\%$), seguido de T1 ($7.55 \pm 0.04\%$), siendo T2 el más bajo ($6.21 \pm 0.04\%$). En contenido de grasa, T3 también presentó el valor más elevado ($5.02 \pm 0.04\%$), superando a T2 ($4.11 \pm 0.04\%$) y T1 ($3.65 \pm 0.04\%$). Para la fibra, T1 ($1.89 \pm 0.04\%$) obtuvo el mayor contenido, y T2 ($1.55 \pm 0.04\%$) el menor. No se observaron diferencias significativas en el contenido de cenizas entre tratamientos. Las diferencias fueron determinadas mediante las pruebas de Tukey-b, aplicadas con p valor ≤ 0.05 .

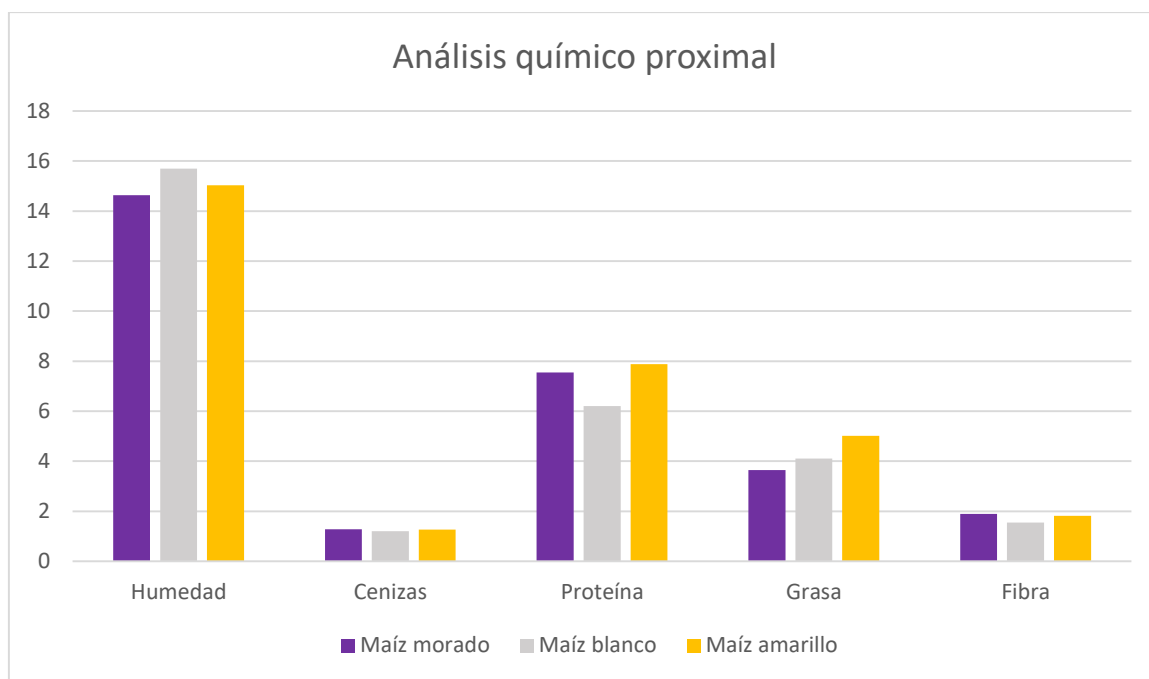
Tabla 9. Análisis químico proximal

Descriptor	T1 maíz morado	T2 maíz blanco	T3 maíz amarillo
Humedad	14.63±0.08 c	15.70±0.03 a	15.03±0.04 b
Cenizas	1.28±0.01 a	1.20±0.04 a	1.26±0.14 a
Proteína	7.55±0.04 c	6.21±0.04 d	7.88±0.04 b
Grasa	3.65±0.04 d	4.11±0.04 b	5.02±0.04 a
Fibra	1.89±0.04 b	1.55±0.04 d	1.82±0.04 c

Letras diferentes en la misma fila representan diferencias estadísticas a partir de las pruebas de Tukey b con p-valor ≤ 0.05 .

Los resultados obtenidos coinciden parcialmente con investigaciones previas. Por ejemplo, Álvarez, (2016), reportó que el maíz morado presentó el menor contenido de grasa ante variedades de maíz blanco y amarillo. Una investigación realizada por Blanco (2016), indicó que el almacenamiento juega un papel muy importante en la humedad del maíz, por lo tanto puede variar dependiendo de las condiciones en las cuales este sea manejado. En relación a el contenido de cenizas, los cuales no presentaron diferencias significativas, al igual que en la investigación realizada por Basilio, (2019), indica que las tres variedades de maíz nativo pueden poseer un contenido de minerales similar. Los resultados de la fibra y proteína, son similares a los expuestos por Pérez *et al*, (2023), en donde se sigue la misma tendencia en donde el T3 posee la mayor cantidad de proteína, seguido del T1 y por último el T2, de igual forma se presenta el T1 con mayor cantidad de fibra, seguido del T3 y en último lugar el T2. Indicando esto un aporte balanceado de proteína por parte del maíz morado y una cantidad de fibra mayor a las demás lo que la vuelve más digestible como lo indica Ochoa, (2024). Las diferencias entre los datos del análisis proximal se observan en la Figura 2.

Figura 3. Análisis químico proximal



5.4. Análisis sensorial

El análisis sensorial presente en la Tabla 10, mostró diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre las harinas evaluadas en cuanto a color, sabor, olor, textura y aceptabilidad general. La harina elaborada con maíz blanco (T2) obtuvo los puntajes más altos en casi todos los atributos, destacando en aceptabilidad (7.53 ± 1.67) y sabor (7.48 ± 1.41), lo que sugiere una mayor preferencia por parte de los evaluadores. El maíz amarillo (T3) presentó valores similares a T2 en la mayoría de las categorías, sin diferencias significativas en aceptabilidad. Por su parte, la harina de maíz morado (T1), aunque recibió calificaciones más bajas, especialmente en color (5.56 ± 2.00) y aceptabilidad (6.66 ± 1.59), se mantuvo dentro de rangos aceptables, indicando que su menor puntuación podría deberse más a la diferencia cromática perceptible que a defectos sensoriales.

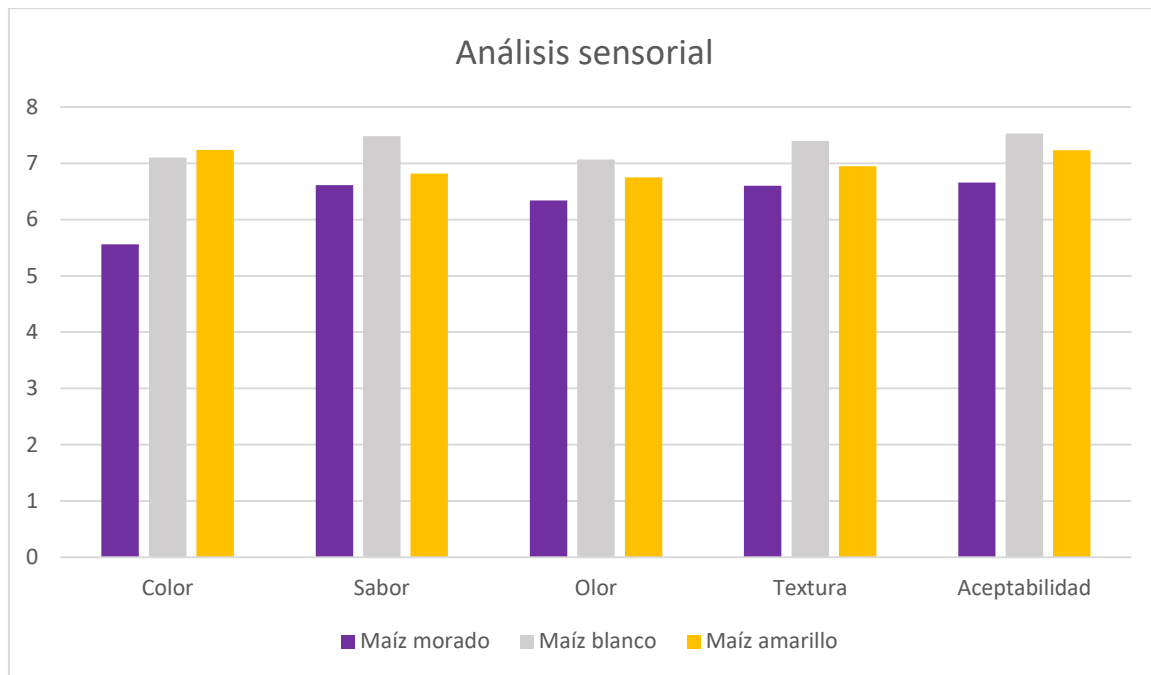
Tabla 10. Análisis sensorial

Descriptor sensorial	T1 Maíz morado	T2 Maíz blanco	T3 Maíz amarillo
Color	5.56 ± 2.00 b	7.10 ± 1.61 a	7.24 ± 1.76 a
Sabor	6.61 ± 1.74 b	7.48 ± 1.41 a	6.82 ± 1.70 b
Olor	6.34 ± 1.81 b	7.07 ± 1.50 a	6.75 ± 1.64 ab
Textura	6.60 ± 1.82 b	7.40 ± 1.48 a	6.95 ± 1.72 ab
Aceptabilidad	6.66 ± 1.59 b	7.53 ± 1.67 a	7.23 ± 1.31 a

Letras diferentes en la misma fila representan diferencias estadísticas a partir de las pruebas de Tukey b y Games-Howell con p -valor ≤ 0.05 .

Estos resultados coinciden con los expuestos por Vázquez *et al*, (2011), quien también presentó una mayor aceptación del maíz blanco ante otras variedades incluido el morado, indicando que aunque el maíz morado presente cualidades funcionales como lo indica Guillén, (2014), es necesario acudir a estrategias de educación al consumidor o elaboración de productos más atractivos a la población. Las diferencias de la evaluación sensorial están reflejadas gráficamente en la Figura 3.

Figura 4. Análisis sensorial



VI. CONCLUSIONES

El análisis de compuestos bioactivos, permitió identificar que el maíz morado presenta una elevada concentración de polifenoles y antioxidantes en comparación con las variedades de maíz blanco y amarillo. Esto refuerza su valor como ingrediente funcional para prevenir enfermedades relacionadas con el estrés oxidativo.

La caracterización nutricional evidenció que el maíz morado posee un perfil equilibrado, destacando en contenido proteico y de fibra, además de un bajo nivel de grasa, su alto contenido de sólidos solubles y pH ligeramente ácido lo hacen adecuado para la elaboración de productos funcionales. Estas cualidades lo convierten en una alternativa nutricionalmente valiosa frente a otras variedades comunes de maíz, posicionándolo como un alimento funcional con beneficios para la salud pública.

Aunque el maíz morado obtuvo puntuaciones aceptables en las pruebas sensoriales, su aceptación fue inferior a la del maíz blanco y amarillo, principalmente debido a su coloración distinta. Esto sugiere la necesidad de aplicar estrategias tecnológicas y de educación alimentaria para mejorar su aceptación, sin comprometer sus propiedades funcionales y nutricionales.

VII.RECOMENDACIONES

Realizar una identificación y cuantificación de las proteínas presentes en las tres variedades de maíz nativo, para así determinar el potencial proteico y fortalecer la información a cerca de dichas variedades.

Realizar una prueba sensorial más objetiva y menos sesgada, un ejemplo sería eliminar la visión del producto a los consumidores, de igual forma presentar el producto en un alimento diferente, que no genere opinión al momento de visualizarlo, para así obtener una opinión más certera de los consumidores.

Realizar una caracterización molecular y determinar el estadio filogenético del material de estudio, para conocer la variedad que está siendo evaluada y si las características fitoquímicas, nutricionales y sensoriales, podrían cambiar dependiendo de las variedades que existen de los tres tipos de pigmentación que fueron objeto de estudio.

VIII.BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, R. (2009). El cultivo del maíz, su origen y clasificación. El maíz en Cuba. *Cultivos tropicales*, 00-00.
- Alvarado, K. S. (2021). Valoración nutricional y sensorial de galletas a base de harina de guamúchil (*Pithecellobium dulce*). *Foro de estudios sobre Guerrero*, 64-70.
- Álvarez, R. (2016). Análisis proximal y fitoquímico de cinco variedades de maíz del Estado de Campeche, México. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 74-80.
- Areche, D. Y. (2021). Determinación de la capacidad antioxidante y la concentración de polifenoles totales del fruto de *Monnina-salicifolia* (totahuiña). Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica.
- Arhuire, J. &. (2016). *Aceptabilidad y calidad nutricional de la mezcla de harina de Maíz Morado (Zea mays L.) enriquecida con harina de Spirulina (Arthrospira platensis) para la elaboración del API, Arequipa, 2016*. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín.
- Basilio, A. R. (2019). Osmoacondicionamiento de seis poblaciones de maíz sometidas a envejecimiento acelerado. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1-6.
- Blanco, Y. D. (2016). Efecto de la temperatura y la humedad en la conservación de granos de maíz en silos metálicos refrigerados. *Cultivos Tropicales*, 105-114.
- Bonnin, R. (2019). Cromatografía líquida de alta resolución y espectrometría de masas. *SEQC ML*, Barcelona, España.
- Burgos, J. J. (2015). Harina de maíz morado: Composición nutricional. Elaboración de galletitas. Determinación de calidad galletera y Evaluación sensorial. Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba.
- Camani, C. (2017). Diseño completamente al azar. Universidad José Carlos Mariategui.
- Cascos, G., Lozano, J., Montero-Fernández, I., Marcía-Fuentes, J. A., Aleman, R. S., Ruiz-Canales, A., & Martín-Vertedor, D. (2023). Electronic Nose and Gas Chromatograph Devices for the Evaluation of the Sensory Quality of Green Coffee Beans. *Foods*, 13(1); 87.

- Cascos, G., Montero-Fernández, I., Marcía-Fuentes, J. A., Aleman, R. S., Ruiz-Canales, A., & Martín-Vertedor, D. (2024). Cascos, G., Montero-Fernández, I., Marcía-Fuentes, J. A., Aleman, R. S., Ruiz-Electronic Prediction of Chemical Contaminants in Aroma of Brewed Roasted Coffee and Quantification of Acrylamide Levels. *Foods*, 13(5), 768.
- Cerro, S., & Espillico, L. (2021). Antocianinas en corontas y extractos de maíz morado (*Zea Mays* L) “INIA 615” conservados en anaquel. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 87(3), 217-227.
- Chaparro-Herrera, S. L.-G. (2024). Listado de las aves endémicas y casi-endémicas de colombia: Evaluación 2013-2023. *Ornitología Colombiana*, 34-45.
- Chávez, A. (2000). Maíz Morado Peruano. *Instituto Nacional de Investigación Agraria*.
- Contreras-Jiménez, B. M.-S.-V.-M. (2014). Propiedades funcionales de harinas de maíz nixtamalizado obtenidas por extrusión a baja temperatura. *CyTA-Journal of Food*, 263-270.
- Cuevas Mejía, J. D. (2014). Maíz: Alimento fundamental en las tradiciones y costumbres mexicanas. *Revista de Turismo y Patrimonio Cultural*, 425-432.
- de Melo, A. R. (2015). Análises físicas, composição centesimal e nutricional de minimilho, *Zea mays*, L., orgânico de diferentes variedades. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 10(5); 23.
- Dieter, H. W. (2009). Food Chemistry. *Chemical Education*, 670-745.
- Dorantes, R. A. (2023). Hombre y maíz . En G. A. Ramiro Alfonso Gómez Arzapalo Dorantes, *Complejo ideológico cultural del maíz: Una aproximación interdisciplinar* (pág. 37). Ciudad de México: Universidad Intercontinental.
- Fernández, H. (2021). *Análisis instrumental de los alimentos*. La Habana: Editorial Universitaria.
- Fernández, R. (2024). Estatuto Unh Actualizado 2022 Aprobado Con Resolucion #0024-2021-Au-Unh. *Estatuto UNH*.
- Fión, M. E. (2018). Incidencia de micotoxinas en maíz (*Zea mayz* L.) en los departamentos de Santa Bárbara y Copán, Honduras. *Doctoral dissertation*, Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, 1.

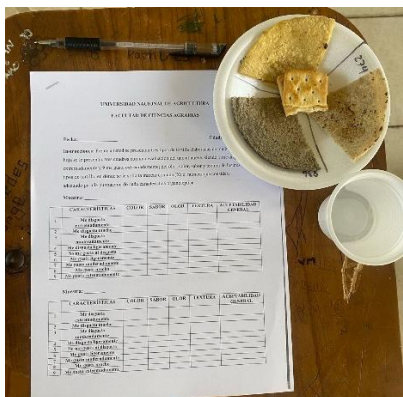
- Fuentes, J. A., Alemán, R. S., Navarro-Alarcon, M., & ...Maldonado, S. A. (2020). Quantification of bioactive molecules, minerals and bromatological analysis in ficarao (*Cassia grandis*). *J. Agric. Sci*, 12, 88.
- Fuentes, J. A., López-Salas, L., Borrás-Linares, I., Navarro-Alarcón, M., Segura-Carretero, A., & Lozano-Sánchez, J. (2021). Development of an innovative pressurized liquid extraction procedure by response surface methodology to recover bioactive compounds from carao Tree Seeds. *Foods*, 10(2), 398.
- Ganal, M., Durstewitz, G., Polley, A., Bérard, A., Buckler, E., Charcosset, A., & al., e. (2011). A Large Maize (*Zea mays* L.) SNP Genotyping Array: Development and Germplasm Genotyping, and Genetic Mapping to Compare with the B73 Reference Genome. *PLoS ONE*, 6(12): e28334.
- García, M. (20 de Junio de 2024). La crisis de inseguridad alimentaria en Honduras: un panorama alarmante. Obsan UNAH. Obtenido de La crisis de inseguridad alimentaria en Honduras: un panorama alarmante: <https://blogs.unah.edu.hn/obsan/la-crisis-de-inseguridad-alimentaria-en-honduras-un-panorama-alarmanete/>
- Gómez, E. (2019). Mejoramiento del maíz nativo para autoconsumo. *Guías técnicas para el desarrollo agropecuario*, 48-50.
- Gomez, R. (2010). El ejercicio físico y su prescripción en pacientes con enfermedades crónicas degenerativas. *Revista peruana de medicina experimental y salud pública*, 379-386.
- González, I. (2006). Diseños experimentales de bloques incompletos y aplicaciones en la industria. *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*, 39-40.
- González, S. L. (2016). *Zea mays* L.“maíz morado”(Poaceae), un cereal utilizado como alimento en el Perú prehispánico. *Arnaldoa*, 295-316.
- Guillén, J. M. (2014). Características y propiedades funcionales del maíz morado (*Zea mays* L.) var. subnigroviolaceo. *Scientia Agropecuaria*, 211-217.
- Guillén, J. M. (2014). Características y propiedades funcionales del maíz morado (*Zea mays* L.) var. subnigroviolaceo. *Scientia Agropecuaria*, 211-217.
- Hernández, E. M. (2020). Evaluación de la calidad física y fisiológica de semilla de maíz nativo. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 569-581.

- Honduras Tips. (2019). Honduras Tips. Obtenido de Honduras Tips: <https://www.hondurastips.hn/2020/02/21/san-marcos-de-caiquin-lempira-cuenta-con-su-propia-universidad-indigena/>
- Kato Yamakake, T. Á. (2023). Caracterización y origen genético de tres razas de maíz a partir de datos de nudos cromosómicos. *Revista fitotecnia mexicana*, 219-227.
- Maldonado, S. A., Fernandez, I. M., Linhares, B. M., Fuentes, J. A., Aleman, R. S., & Ferraz, V. P. (2020). Characterization of Bioactive Molecules in Palm Oil Pulp (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Chemical Engineering Transactions*, 79, 139-144.
- Manfugás, J. E. (2020). Evaluación sensorial de los alimentos. La Habana: Editorial Universitaria .
- Marcía-Fuentes, J., Santos-Aleman, R., Borrás-Linares, I., & Sánchez, J. (2021). The Carao (*Cassia grandis* L.): Its Potential Usage in Pharmacological, Nutritional, and Medicinal Applications. In: Maddela, N.R., García, L.C. (eds) *Innovations in Biotechnology for a Sustainable Future* , Springer, Cham.
- Martínez, F. F. (2013). Propiedades funcionales de harinas de maíz nixtamalizado obtenidas por extrusión a baja temperatura. *International Journal of Food Properties*, 1475–1485.
- Medina-Hoyos, A. N.-L.-C. (2020). Cultivo de maíz morado (*Zea mays* L.) en zona altoandina de Perú: Adaptación e identificación de cultivares de alto rendimiento y contenido de antocianina. *Scientia Agropecuaria*, 291-299.
- Mendoza, E., Marcía, J., Chuquilín-Goicochea, R., López, J., & Areche, F. (2023). Obtención de un colorante natural a partir *Tropaeolum tuberosum* Ruíz & Pavón para su aplicación en yogur. *Revis Bionatura*, 8 (2) 38. Curr Opin Food Sci.
- Mooner, A. (2013). El maíz morado como materia prima industrial. *Industrial Data*, 85-91.
- Moreno, I., Caballero, R., Galán, R., Matía, F., & Jiménez, A. (2014). La nariz electrónica: Estado del arte. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial RIAI*, 6(3), 76-91.
- Muñoz-Bernal, Ó. A.-A.-G.-G.-Z.-P. (2017). Nuevo acercamiento a la interacción del reactivo de Folin-Ciocalteu con azúcares durante la cuantificación de polifenoles totales. *Science Direct*, 23-28.

- Norma Técnica Peruana. (2020). Cereales y Menestras. Cereales. Determinación de proteínas totales (método de Kjeldahl). *INACAL*, 4-6.
- Ochoa, R. (2024). Desarrollo de una botana a base de maíz con alto contenido de proteínas y fibra dietética. Querétaro: Universidad Autónoma de Querétaro.
- Orrabalís, C. J. (2013). Parámetros funcionales y contenido de glucosa en harinas obtenidas de fruto maduro de " chañar" (*Geoffroea decorticans*) de la zona semiárida y árida de la provincia de Formosa. *Multequina*, 15-22.
- Pantoja-Tirado, L. P.-R.-T.-R. (2020). Pantoja-Tirado, L., Prieto-Rosales, G., & Vargas, E. A. (2020). Caracterización de la harina de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y la harina de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) para su industrialización. *Tayacaja*, 1.
- Pérez, G. R. (2023). Composición fisicoquímica en granos de maíz morado mejorado (*Zea Mays* L.) en el sur de Sonora, como alternativa funcional a la salud humana. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 4327-4340.
- Pérez, G. R. (2023). Composición fisicoquímica en granos de maíz morado mejorado (*Zea Mays* L.) en el sur de Sonora, como alternativa funcional a la salud humana . *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 4327-4340.
- Prado, E. E. (2024). Efecto nutracéutico de compuestos bioactivos del maíz morado (*Zea mays* L.) Utilizados en prevención y tratamiento de enfermedades crónicas degenerativas. *Biotech and Engineering*, 1.
- Quintanilla, V. L., Galindo-Luna, K., Zavala-García, F., Pedroza-Flores, J. A., Heredia, J. B., Urías-Orona, V., & ... Niño-Medina, G. (2017). Fenólicos solubles de tipo flavonoide y capacidad antioxidante en genotipos criollos pigmentados de maíz. *ITEA-Inf. Tec. Econ*, 113(4), 325-334.
- Ramírez, J. (2012). Análisis sensorial: pruebas orientadas al consumidor. *Revista ReCiTeIA*, 86-87.
- Reyna, P. (2023). Caracterización Física, Química, Nutracéutica y Propiedades Tecnofuncionales de Tres Variedades de Maíz (*Zea mays*) criollo pigmentado (blanco, amarillo y negro). Querétaro: Universidad Autónoma de Querétaro.
- Ríos, A. F. (2001). Evaluación de las características físicas y funcionales de harinas industriales de maíz. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 293–298.

- Rodríguez Barba, L. (2021). Proyecto divulgativo: genética y evolución (domesticación) del maíz. La Coruña: Universidade da Coruña.
- Rodríguez, I. F. (2015). Dinámica de conservación en el lugar de las variedades criollas de maíz en la aldea El Trapiche, Choluteca, Honduras. *Revista Ciencia y Tecnología*, 79-93.
- Silva, J. A. (2024). Efecto de la temperatura y velocidad de aire de secado de láminas de pituca (*Colocasia esculenta*) en la calidad de la harina. *Revista Científica Pakamuros*, 39-51.
- Silva, J. A. (2024). Efecto de la temperatura y velocidad de aire de secado de láminas de pituca (*Colocasia esculenta*) en la calidad de la harina. *Revista Científica Pakamuros*, 39-51.
- Urquizo, E. &. (2019). Extracto del maíz morado como indicador químico. *Revista Chakiñan de Ciencias Sociales y Humanidades*, 92-104.
- Ushie, O. A. (2019). Antioxidant Activity of Hexane, Chloroform, Acetone and Methanol Extract of *Swietenia Macrophylla*. *International Journal of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine*, 6-10.
- Valdez, J. (2019). Caracterización Fisicoquímica, Funcional, Tecnológica y Sensorial de Tres Variedades de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Lima: UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA.
- Vázquez Carrillo, M. G. (2011). Evaluación sensorial de tortillas de maíz recién elaboradas y empacadas. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 161-167.

ANEXOS



Anexo 1. Formato de prueba sensorial



Anexo 2. Desarrollo de prueba sensorial



Anexo 3. Molido de muestras



Anexo 4. Muestras molidas y tamizadas



Anexo 5. Agitación de muestras para dilución



Anexo 6. Muestras diluidas para análisis



Anexo 7. Toma de potencial de hidrógeno



Anexo 8. Determinación de densidad



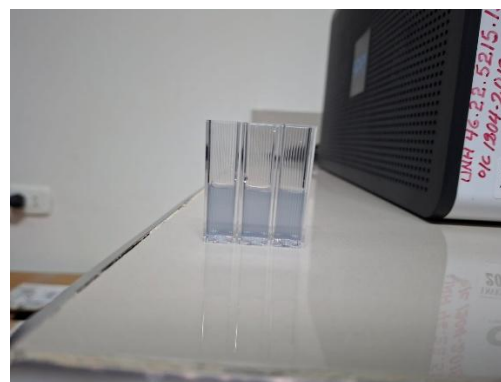
Anexo 9. Determinación de polifenoles



Anexo 10. Determinación de antioxidantes



Anexo 11. Análisis de compuestos bioactivos



Anexo 12. Muestras para espectrofotómetro



Anexo 13. Determinación de cenizas



Anexo 14. Determinación de humedad



Anexo 15. Determinación de proteína



Anexo 16. Determinación de fibra



Anexo 17. Determinación de grasa



Anexo 18. Lab. de Composición de productos.



Anexo 19. Determinación de viscosidad.



Anexo 20. Determinación de grados brix.