

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA**

(Creada por Ley N° 25265)

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
AGROINDUSTRIAL**

**TESIS**



**“Efecto del germinado en la capacidad antioxidante y  
compuestos fenólicos del grano del maíz morado (*Zea  
mayz L.*)”**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

**CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

**PRESENTADO POR:**

Bach. Betsy APACE DAVILA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**HUANCAVELICA, PERÚ**

**2022**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA  
(Creada por Ley N° 25265)



FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad universitaria de “Común Era” de la Facultad de Ciencias Agrarias, a los 27 días del mes de diciembre, a horas 3:00 pm del año dos mil veintidos, se reunieron los miembros del Jurado Evaluador, designado con Resolución N° 326-2022-D-FCA-UNH, de fecha 05 de diciembre del 2022, conformado de la siguiente manera:

- Presidente** : Mg. TICSIHUA HUAMAN, Jovencio  
<https://orcid.org/0000-0001-5287-4461>  
DNI N° 43996681
- Secretario** : Mtro. LLIMPE PEREZ, Peter  
<https://orcid.org/0000-0003-2422-6250>  
DNI N° 44393870
- Vocal** : Mtro. ORE ARECHE, Franklin  
<https://orcid.org/0000-0002-7168-1742>  
DNI N° 43115963

Con finalidad de llevar a cabo el acto académico de sustentación de tesis virtual cuyo enlace: <https://meet.google.com/ekx-nwvv-wmb>, titulada “EFECTO DEL GERMINADO EN LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y COMPUESTOS FENÓLICOS DEL GRANO DEL MAIZ MORADO (*Zea mays* L.)”, aprobada mediante Resolución N° 350-2022-D-FCA-UNH; donde fija la fecha y hora para el mencionado acto.

**Sustentante:**

Bach. APACE DAVILA, Betsy  
DNI N° 72239774

**Asesor:**

Mtro. ORE ARECHE, Franklin  
<https://orcid.org/0000-0002-7168-1742>  
DNI N° 43115963

Luego de haber absuelto las preguntas formuladas por los miembros del jurado, se procede a la deliberación con el resultado:

APROBADO  DESAPROBADO  POR UNANIMIDAD

Para mayor conformidad se expide la presente Acta, en la ciudad de Acobamba a los 27 días del mes de diciembre del 2022.

  
PRESIDENTE

  
SECRETARIO

  
VOCAL

## **Titulo**

**“Efecto del germinado en la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos del grano del maíz morado (*Zea mays* L.)”**

**Autor**  
**Bach. Betsy Apace Davila**

**Asesor**

**Mtro. Franklin Ore Areche**

<https://orcid.org/0000-0002-7168-1742>

DNI N° 43115963

## **Dedicatoria**

*A mi hija que es motivo de mis días, a mis padres, por brindarme su apoyo incondicional y económico, quienes me impulsan a conseguir mi objetivo.*

## **Agradecimiento**

Al culminar la presente investigación, expreso mi agradecimiento:

A mis padres quienes me brindaron su confianza y apoyo honorable para lograr mi objetivo propuesto.

A mi Asesor de tesis, el Mtro. Franklin Ore Areche, por haberme apoyado y guiado durante la ejecución de mi tesis y por darse tiempo y paciencia en el desarrollo para culminar satisfactoriamente.

A todos los docentes de la Universidad Nacional de Huancavelica, Facultad de Ciencias Agrarias, de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, quienes me brindaron sus conocimientos.

## Tabla de contenido

Acta de sustentación.....	ii
Título.....	iii
Autor .....	iv
Asesor.....	v
Dedicatoria .....	vi
Agradecimiento.....	vii
<b>Resumen</b> .....	xiii
<b>Abstract</b> .....	xiv
<b>Introducción</b> .....	xv
<b>CAPÍTULO I</b> .....	18
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	18
1.1. Descripción del problema .....	18
1.2. Formulación del Problema.....	18
1.2.1. Problema general.....	18
1.2.2. Problemas específicos .....	19
1.3. Objetivos .....	19
1.3.1. Objetivo general .....	19
1.3.2. Objetivo específico.....	19
1.4. Justificación .....	19
1.5. Limitaciones.....	20
<b>CAPÍTULO II</b> .....	21
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	21
2.1. Antecedentes .....	21
2.1.1. Antecedentes nacionales .....	21
2.1.2. Antecedentes internacionales .....	22
2.2. Bases teóricas.....	26
2.2.1. Maíz morado .....	26
2.2.1.1. <i>Taxonomía</i> .....	27
2.2.1.2. <i>Razas y variedades del maíz morado en el Perú</i> .....	27
2.2.1.3. <i>Componentes benéficos del maíz morado</i> .....	30

2.2.1.4. Valor nutricional del maíz .....	31
2.2.2. Germinación de granos.....	33
2.2.3. Antioxidante .....	34
2.2.3.1. Endógenos.....	35
2.2.3.2. Exógenos .....	35
2.2.4. Los compuestos fenólicos .....	36
2.2.5. Actividad antioxidante de los compuestos fenólicos .....	38
2.2.5.1. Como antiradicalarios .....	39
2.2.5.2. Como quelantes de metales.....	39
2.2.6. Métodos para evaluar la actividad antioxidante .....	40
2.2.6.1. Método DPPH.....	40
2.2.6.2. Método ABTS .....	41
2.2.6.3. Método DMPD.....	41
2.2.7. Radicales libres .....	42
2.2.7.1. Consecuencias nocivas de los radicales libres .....	43
2.3. Marco conceptual.....	44
2.4. Definición de términos.....	44
2.5. Hipótesis .....	45
<b>CAPÍTULO III</b> .....	<b>46</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>46</b>
3.1. Ámbito temporal y espacial del estudio.....	46
3.1.1. Ámbito temporal .....	46
3.1.2. Ámbito espacial.....	46
3.1.2.1. Ubicación política.....	46
3.1.2.2. Ubicación geográfica.....	46
3.2. Tipo de investigación.....	46
3.3. Nivel de investigación.....	47
3.4. Método de investigación .....	47
3.5. Diseño de investigación .....	47
3.5.1. Determinación de la capacidad antioxidante.....	47
3.5.1.1. Método del DDPH .....	47
3.5.2. Determinación de los polifenoles totales .....	47

3.5.2.1. Método Folin-Ciocalteu.....	47
3.6. Población, muestra y muestreo .....	48
3.6.1. Población.....	48
3.6.2. Muestra.....	48
3.6.3. Muestreo.....	48
3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	48
3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos .....	49
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>50</b>
<b>DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>50</b>
4.1. Resultados.....	50
4.1.1. Composición químico proximal antes y posterior al germinado.....	50
4.1.2. Antocianinas del maíz morado antes y posterior al germinado .....	50
4.1.3. Polifenoles totales del maíz morado antes y posterior al germinado .....	50
4.2. Discusión.....	51
4.2.1. Composición químico proximal antes y posterior al germinado.....	51
4.2.2. Antocianinas del maíz morado antes y posterior al germinado .....	52
4.2.3. Polifenoles totales del maíz morado antes y posterior al germinado .....	52
<b>Conclusiones .....</b>	<b>54</b>
<b>Recomendaciones .....</b>	<b>55</b>
<b>Referencia bibliográfica.....</b>	<b>56</b>
<b>Apéndice.....</b>	<b>75</b>

## Tabla de contenido de tablas

<b>Tabla 1</b> <i>Composición por 100 g de porción comestible de maíz</i> .....	32
<b>Tabla 2</b> <i>Estructura química de los diferentes tipos de compuestos fenólicos</i> .....	36
<b>Tabla 3</b> <i>Instrumentos y técnicas de recolección de datos</i> .....	48
<b>Tabla 4</b> <i>Composición químico proximal del maíz morado antes y posterior al germinado</i> .....	50
<b>Tabla 5</b> <i>Concentración de antocianinas en el maíz morado antes y posterior al germinado</i> .....	50
<b>Tabla 6</b> <i>Concentración de polifenoles totales del maíz morado antes y posterior al germinado</i> .....	51

## Tabla de contenidos de figuras

<b>Figura 1</b> <i>Antioxidante como donante de electrón al radical libre.</i> .....	39
<b>Figura 2</b> <i>Estructura química del DPPH.</i> .....	40
<b>Figura 3</b> <i>Estructura química del ABTS.</i> .....	41
<b>Figura 4</b> <i>Estructura química del DMPD.</i> .....	42

## Resumen

Actualmente, el maíz morado (*Zea mays* L.) es conocido mundialmente como un cereal rico en compuestos fenólicos, principalmente antocianinas, además de poseer amplias propiedades promotoras de la salud por ser fuente rica en compuestos bioactivos; en la agroindustria también se optó como una alternativa a los colorantes sintéticos. El objetivo es evaluar el efecto del germinado en las propiedades fisicoquímicas del grano del maíz morado. El maíz morado se obtuvo del distrito de Pomacocha de la provincia de Acobamba – Huancavelica. El germinado se realizó en el laboratorio de Procesos Agroindustriales a temperatura de 20 °C por 120 horas, el análisis químico proximal se realizó mediante la metodología de FAO – Food and Nutrition Paper Vol. 14/7-1986, para la capacidad antioxidante se utilizó el método DPPH\*, para la concentración de polifenoles totales se utilizó el método de Folin-Ciocalteu (FC). Al realizar el análisis químico proximal a las muestras de maíz morado antes de germinar y posterior al germinado se determinó que el germinado tiene efecto en la composición químico proximal del grano del maíz morado, donde se demuestra que en el porcentaje de humedad, proteína, ceniza y grasa se incrementó durante la geminación, mientras que en el porcentaje de carbohidratos disminuyo, del mismo modo la energía total (kcal/100 g) también se redujo. Del mismo modo el germinado ha influido en la capacidad antioxidante y en la cuantificación de los polifenoles totales, los cuales se incrementaron luego del germinado. Se concluye que el germinado si influye en las propiedades fisicoquímicas del maíz morado al incrementar valor biológico que bien podría ser aprovechado para la preparación de alimentos funcionales y nutraceuticos.

**Palabras clave:** Germinado, maíz morado, antocianinas, polifenoles.

## Abstract

Currently, purple corn (*Zea mays* L.) is known worldwide as a cereal rich in phenolic compounds, mainly anthocyanins, in addition to having extensive health-promoting properties as it is a rich source of bioactive compounds; in the agro-industry it was also chosen as an alternative to synthetic dyes. The objective is to evaluate the effect of germination on the physicochemical properties of the purple corn grain. The purple corn was obtained from the district of Pomacocha in the province of Acobamba - Huancavelica. The sprouting was carried out in the Agroindustrial Processes laboratory at a temperature of 20 °C for 120 hours, the proximal chemical analysis was carried out using the methodology of FAO - Food and Nutrition Paper Vol. 14/7-1986, for the antioxidant capacity the DPPH\* method, for the concentration of total polyphenols the Folin-Ciocalteu (FC) method was used. When carrying out the proximal chemical analysis of the purple corn samples before germinating and after germination, it was determined that the germination has an effect on the proximal chemical composition of the purple corn grain, where it is shown that in the percentage of moisture, protein, ash and fat increased during germination, while the percentage of carbohydrates decreased, in the same way the total energy (kcal/100 g) also decreased. In the same way, sprouting has influenced the antioxidant capacity and the quantification of total polyphenols, which increased after sprouting. It is concluded that the germination does influence the physicochemical properties of purple corn by increasing biological value that could well be used for the preparation of functional foods and nutraceuticals.

**Keywords:** Germinated, purple corn, anthocyanins, polyphenols.

## Introducción

En los últimos años, la alimentación saludable ha ocupado un lugar importante en la aceptabilidad y preferencias de los consumidores que padecen alguna enfermedad, por lo que hoy en día las personas tienden a centrarse en el consumo de alimentos naturales y cada vez más en el consumo de alimentos funcionales, ya que su actividad ha sido científicamente probada en la salud.

El maíz morado (*Zea mays* L.) es un cultivar genético de maíz peruano; una mazorca (mazorca y grano), compuesta por 85% grano y 15% corona (tusa), este fruto contiene un pigmento llamado antocianina, que se encuentra más en la corona y menos en el pericarpio (cáscara) de los granos, el cual es un alimento básico de la dieta peruana, muy utilizado en bebidas como la chicha morada y postres como la mazamorra morada (Guillén-Sánchez et al., 2014). El maíz morado es un cereal de reconocida actividad antioxidante, hipolipemiente, antiinflamatoria e hipotensora, es uno de los alimentos muy beneficiosos (Bonilla et al., 2015), los granos del maíz morado contienen vitaminas y minerales importantes para la dieta (Vilcacundo et al., 2020).

El maíz morado se recomienda por su efecto antiinflamatorio (Zhang et al., 2019) y promueve la regeneración de tejidos y la formación de colágeno, lo cual es beneficioso para la salud de la piel. Ayuda a controlar y disminuir los niveles de colesterol en la sangre y mantener la presión arterial baja. Ayuda al organismo a sintetizar los ácidos grasos, lo cual es muy beneficioso para las personas con diabetes (Zhang et al., 2019; Ferron et al., 2020) y para las personas obesas. Se está explorando la posibilidad de que el maíz morado también sea altamente beneficioso para prevenir enfermedades como el cáncer de colon (Lao et al., 2017; Sheng et al., 2018). Con el consumo de maíz morado es mayor la posibilidad de obtener ciertas ventajas en su acción diurética e hipotensora, esta última acción parece deberse a que contiene sustancias aún no identificadas (probablemente polifenoles), que en muchos casos actúan disminuyendo la presión arterial, además de la actividad hipotensora de los diuréticos (Arroyo et al., 2008; Jing et al., 2007; He & Giusti, 2010; Lao et al., 2017); y por ser visto como base para la producción de alimentos funcionales (Mansilla & Nazar, 2020).

Las antocianinas son pigmentos naturales solubles en el agua del grupo de los flavonoides -glucósidos de las antocianidinas- que se encuentran en las vacuolas de las células vegetales, dando color rojo, púrpura o azul a las hojas, flores y frutos de arándanos, cerezas, frambuesas, col morada, berenjena y maíz (Guillén-Sánchez et al., 2014). En el caso del maíz, la cantidad de antocianinas depende de la especie de maíz (genotipo), del órgano de la planta y condiciones ambientales en las que crece la planta (Duangpapeng et al., 2019). Estos pigmentos presentan el potencial para reemplazar competitivamente a los tintes sintéticos en productos alimenticios, farmacéuticos y cosméticos y para proporcionar productos de valor agregado para el consumo humano. (Gullón et al., 2020). Los antioxidantes son sustancias que pueden prevenir diversas enfermedades cardíacas, vasculares, cerebrales e incluso el cáncer; esta actividad esta atribuida a los diferentes compuestos bioactivos presentes en ellas, como la vitamina C, la vitamina E y el betacaroteno, los flavonoides (flavonas, isoflavonas, catequinas) (Coronado et al., 2015).

Los pigmentos de antocianina en el maíz morado tienen diferentes colores y son el resultado de un complejo de genes ubicados en diferentes cromosomas (Valle et al., 2019). Estos fitoquímicos presentes en el maíz morado tienen efectos beneficiosos como la capacidad antioxidante o captación de radicales libres (Tian et al., 2018; Tian et al., 2019; Monroy et al., 2020) y actúan como antimutágenos (Jing & Giusti, 2007; Guillén-Sánchez et al., 2014; Simla et al., 2016). En el cuerpo humano, los factores vitamínicos que contiene se utilizan como protectores capilares y venosos (Moreno-Loaiza & Paz-Aliaga, 2010; Heras et al., 2013) y previenen problemas de aterosclerosis.

La germinación de granos es una técnica que está ganando cada vez más interés para potenciar de forma natural los componentes nutricionales y nutraceuticos de los granos (Paucar-Menacho et al., 2017). La germinación de semillas de maíz morado aumenta los valores de compuestos fenólicos totales (TPC) cuando se exponen a 35 °C durante aproximadamente 168 horas (Vilcacundo et al., 2020).

Los granos de cereales germinados tienen una mayor palatabilidad y una mayor calidad nutricional que los granos no germinados (Lemmens, et al., 2019). La germinación

activa la hidrólisis de los principales nutrientes (almidón, proteína, fibra y lípidos) al tiempo que induce la biosíntesis *de novo* de metabolitos que promueven la salud, como los compuestos fenólicos y el ácido  $\gamma$ -aminobutírico (GABA) (Lemmens, et al., 2019; Ohanenye et al., 2020). Estas modificaciones a menudo están vinculadas a una mejor calidad nutricional de los extruidos hechos de granos de cereales germinados por su mayor digestibilidad, mayor cantidad de vitaminas y aminoácidos esenciales, niveles más bajos de antinutrientes y una mayor cantidad de compuestos bioactivos (Mushtaq et al., 2021).

El objetivo de esta investigación es evaluar el efecto del germinado en la propiedad químico proximal, la capacidad antioxidante y la concentración de polifenoles totales en el grano del maíz morado.

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1. Descripción del problema

La gran diversidad que forma la flora nacional es sin duda una de las bases para el desarrollo nacional, ya que genera alternativas que nos permiten aprovechar los recursos vegetales que integran la flora. En los Andes centrales del Perú, existen productos cultivados que, en la mayoría de los casos, se consumen solo como materia prima, entre ellos podemos encontrar: frutas, raíces, tubérculos, gramíneas entre otros, que son tan llamativos por sus propiedades nutricionales, terapéuticas y/o propiedades funcionales.

El Perú, al tener una amplia gama de climas y una geografía diversa nos ofrece una gran diversidad y variabilidad de productos agrícolas y es la cuna de muchos alimentos que se consumen actualmente en el mundo. Al mencionar una gran biodiversidad, uno de los productos nativos es el maíz morado (*Zea mays* L.), un producto consumido desde tiempos preincaicos y que hoy es una alternativa en el campo de la alimentación.

El maíz morado es uno de los productos que en su valor nutricional radica su contenido de carbohidratos y su valor funcional en el contenido de fitoquímicos como compuestos fenólicos y glucosinolatos. Por lo cual se plantea determinar la capacidad antioxidante y determinar los polifenoles totales en el maíz morado germinado. Este tipo de estudios son escasos, por lo cual al realizar esta investigación se estará dando a conocer sus valores nutricionales, como también los resultados obtenidos servirán como antecedente para los trabajos posteriores.

### 1.2. Formulación del Problema

#### 1.2.1. Problema general

¿Cuál será el efecto del germinado en las propiedades fisicoquímicas en el grano del maíz morado (*Zea mayz* L.)?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- ✓ ¿Cuál será la composición químico proximal en el grano del maíz morado antes y posterior al germinado?
- ✓ ¿Cuál será la capacidad antioxidante en el grano del maíz morado antes y posterior al germinado?
- ✓ ¿Cuál será la concentración de polifenoles totales en el grano del maíz morado antes y posterior al germinado?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

Evaluar el efecto del germinado en las propiedades fisicoquímicas en el grano del maíz morado (*Zea mays* L.).

### **1.3.2. Objetivo específico**

- ✓ Determinar la composición químico proximal en el grano del maíz morado antes y posterior al germinado.
- ✓ Determinar la capacidad antioxidante en el grano del maíz morado antes y posterior al germinado.
- ✓ Determinar la concentración de polifenoles totales en el grano del maíz morado antes y posterior al germinado.

## **1.4. Justificación**

Hoy en día, existen muchos productos alimenticios consumidos por el hombre que contienen antioxidantes sintéticos, pero al mismo tiempo, hay muchas especies en la naturaleza que nos pueden proporcionar antioxidantes naturales, como la vitamina C y los compuestos polifenólicos, que se están estudiando en gran medida. por su gran efecto para contrarrestar algunas enfermedades degenerativas.

Los antioxidantes son sustancias que inhiben o retrasan el proceso oxidativo, cuya actividad puede deberse a sus componentes polifenólicos. Los polifenoles son uno de los principales compuestos con actividad antioxidante presente en plantas y alimentos. Los flavonoides son un tipo de polifenoles ampliamente

distribuidos en las plantas y son sustancias que manifiestan una potente actividad antioxidante. Las plantas contienen diferentes sustancias antioxidantes, por lo que es relativamente difícil determinar la cantidad de cada una de ellas en la planta.

La medición precisa de la actividad antioxidante es esencial para informar al público, a los expertos, médicos y nutricionales y a los investigadores sobre las actividades antioxidantes de los alimentos. Muchos alimentos contienen una variedad de constituyentes con potencial para interacciones sinérgicas entre compuestos antioxidantes; sin embargo, la separación e identificación individual de cada compuesto antioxidante es costosa e ineficiente, por lo tanto, muchos estudios analizan la actividad antioxidante total (Bae et al., 2020; Huangd et al., 2005).

El estudio sobre la capacidad antioxidante y los compuestos fenólicos del maíz morado germinado abre nuevas vías para futuras investigaciones sobre los posibles beneficios que estarían contribuyendo a la salud humana.

## **1.5. Limitaciones**

Durante el desarrollo de la investigación se presentaron algunas limitaciones, los cuales se detallan a continuación:

- ✓ El maíz morado es de poca producción en el distrito y provincia de Acobamba – Huancavelica, lo cual dificultó obtener la muestra para realizar los experimentos del germinado.

# CAPÍTULO II

## MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

#### 2.1.1. Antecedentes nacionales

Vásquez et al. (2020), en su investigación “Contenido de antocianinas en coronta y brácteas de seis cultivares de maíz morado (*Zea mays* L.) del Perú”, desarrollado en el distrito de Ichocan, Provincia de San Marcos, departamento de Cajamarca - Perú, tuvieron como objetivo evaluar el contenido de antocianinas en la copa y brácteas de seis cultivares (*Zea mays* L.): INIA 601, INIA 615, PM-581, UNC 47, Canteño y Morado mejorado en seis localidades. El diseño experimental fue en bloques al azar con cuatro repeticiones por cultivo. Las muestras consistieron en 0,30 g de corona y 0,40 g de sustrato endurecido. La cuantificación de antocianinas se realizó según el método de Fuleki y Francis (1968). Se realizó un ANOVA y las medias de tratamiento se compararon utilizando la prueba de Duncan. Se observó significancia estadística ( $p < 0.05$ ) para seis cultivares en el contenido de antocianinas en el dosel y las brácteas. Mejoraron INIA 601, UNC 47 y morado mejorado con valores de 6,10% a 6,38% para la corona y de 2,01% a 2,92% para las brácteas.

Ccaccya et al. (2019), en su investigación “Estudio comparativo del contenido de compuestos bioactivos y cianidina-3- glucósido del maíz morado (*Zea mays* L.) de tres regiones del Perú”, desarrollado en Lima – Perú, tuvieron como objetivo evaluar el contenido de compuestos bioactivos en la corona de maíz morado (*Zea mays* L.) de tres regiones diferentes del Perú. Se tomaron muestras en Lima, Abancay y Cajamarca y se determinó el contenido total de polifenoles, flavonoides, antocianinas y cianidin-3-glucósido. Los extractos se prepararon con etanol al 20%, pH 2, corona:disolvente 1:100 (p/v) a 70 °C durante 30 minutos. Los resultados para las antocianinas totales variaron de 24,4 a 42,6 mg/g, los polifenoles totales variaron de 67,9 a 94,1 µg/mg

expresados como equivalente de ácido gálico (GAE) y los flavonoides de 3 a 0,1 a 4,4  $\mu\text{g}/\text{mg}$  expresados como equivalente de quercetina. (ecualizador). El contenido de cianidina-3-glucósido osciló entre 9,5 y 18,5  $\text{mg}/\text{g}$  se determinó mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC). Existen diferencias significativas en el contenido de compuestos bioactivos según el origen de la muestra, siendo Lima la que presenta los valores más altos de polifenoles (94,1  $\mu\text{g}$  EAG/ $\text{mg}$ ), flavonoides (4,4  $\mu\text{g}$  EQ/ $\text{mg}$ ), antocianinas totales (42  $\mu\text{g}$  EAG/ $\text{mg}$ ). 6  $\text{mg}/\text{g}$ ) y cianidin-3-glucósido (18,5  $\text{mg}/\text{g}$ ).

### **2.1.2. Antecedentes internacionales**

Ranilla et al. (2021), en su investigación “Análisis de metabolitos primarios y fenólicos, bioactividad in vitro relevante para la salud y características físicas del maíz morado (*Zea mays* L.) cultivado en dos localidades andinas”, realizado en Arequipa – Perú, tuvieron como objetivo evaluar la composición de los metabolitos fenólicos y polares primarios del maíz morado (grano y mazorca) cultivado en dos regiones andinas peruanas (zona alta y zona baja) utilizando UHPLC (cromatografía líquida de rendimiento ultraalto) dirigida y GC-MS no dirigida (cromatografía de gases, espectrometría de masas) plataformas metabolómicas respectivamente. También se determinaron los cambios en las propiedades físicas y la bioactividad in vitro. El maíz morado de la zona alta mostró mayor contenido de ceniza, fibra cruda, contenido de fenoles totales, capacidad antioxidante DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo) y actividad inhibidora de la  $\alpha$ -amilasa en los granos, mientras que los niveles más altos de flavonoides (antocianinas y derivados de la quercetina) y la capacidad antioxidante de ABTS [2,20-azino-bis (3-ethylbenzothiazolin-6-sulfónico)] se observó en las mazorcas en comparación con muestras de zonas bajas. No hubo efecto de la ubicación andina sobre la actividad inhibitoria de la  $\alpha$ -glucosidasa relevante para el control de la hiperglucemia, mientras que las características físicas relacionadas con el rendimiento fueron altas en el

maíz morado cultivado en la zona baja. Los metabolitos polares primarios relacionados con los carbohidratos (monosacáridos, sacarosa y D-sorbitol), los aminoácidos (valina y alanina) y el ciclo de los ácidos tricarboxílicos (succínico, fumárico y aconítico) fueron mayores en el maíz morado (mazorcas y granos) de la zona alta, probablemente debido a factores de estrés abiótico en el ambiente de la zona alta.

Vilcacundo et al. (2020), en su investigación “Concentrado de proteína antioxidante de maíz morado a partir de semillas germinadas de maíz morado andino”, desarrollado en Guaranda, Bolívar – Ecuador. Su objetivo fue determinar las condiciones de germinación de semillas de maíz morado andino para producir concentrado de proteína de maíz morado (PCPC) y evaluar su actividad antioxidante utilizando el ácido 2,2-azinobis, 3-etil-benzotiazolina-6-sulfónico, (ABTS) y métodos de poder antioxidante reductor férrico (FRAP). La germinación se sometió a 15-40 °C durante 24-168 horas de incubación. Los concentrados de proteína de maíz morado (PCPCs) se obtuvieron por extracción alcalina a pH 8,0 y pH 10,0, seguido de un proceso de precipitación isoelectrónica a pH 4,0, pH 5,0 y pH 6,0. Se calculó el contenido de proteínas y fenoles de los PCPC. Las propiedades antioxidantes del PCPC se determinaron mediante el método in vitro del poder antioxidante reductor férrico (FRAP) y mediante el método in vitro del ácido 2,2-azinobis, 3-etil-benzotiazolina-6-sulfónico (ABTS). Las semillas de maíz morado andino pudieron germinar bajo las condiciones de germinación probadas en este estudio. El mayor porcentaje de germinación fue de 63,33% a las 168 h/25 °C. El perfil proteico de las PCPC se caracterizó por la presencia de seis bandas con pesos moleculares de 14,50 kDa, 20,12 kDa, 25,18 kDa, 41,85 kDa, 59,59 kDa y 65,87 kDa. El PCPC germinado presentó un alto contenido de TPC con rangos de 605.71–1820.00 mg equivalentes de ácido gálico (GAE)/g PCPC peso seco (PS), el PCPC germinado/72 h/25 °C presentó un valor mayor de 1820.00 mg GAE/g PCPC, DW. Todas las muestras de PCPC germinadas analizadas presentaron una fuerte

actividad antioxidante cuando se midieron mediante los métodos ABTS y FRAP. El PCPC germinado/144 h/35 °C presentó alta actividad antioxidante por ABTS con 804,35  $\mu\text{mol}$  Trolox equivalentes (TE)/g PCPC DW y el PCPC germinado/144 h/30 °C presentó un valor alto por el método FRAP, 987,83  $\mu\text{mol}$  TE/ g PCPC DW. Todas las muestras de PCPC germinadas analizadas presentaron una fuerte actividad antioxidante cuando se midieron mediante los métodos ABTS y FRAP. El PCPC germinado/144 h/35 °C presentó alta actividad antioxidante por ABTS con 804,35  $\mu\text{mol}$  Trolox equivalentes (TE)/g PCPC DW y el PCPC germinado/144 h/30 °C presentó un valor alto por el método FRAP, 987,83  $\mu\text{mol}$  TE/ g PCPC DW. Todas las muestras de PCPC germinadas analizadas presentaron una fuerte actividad antioxidante cuando se midieron mediante los métodos ABTS y FRAP. El PCPC germinado/144 h/35 °C presentó alta actividad antioxidante por ABTS con 804,35  $\mu\text{mol}$  Trolox equivalentes (TE)/g PCPC DW y el PCPC germinado/144 h/30 °C presentó un valor alto por el método FRAP, 987,83  $\mu\text{mol}$  TE/ g PCPC DW.

Kim et al. (2022), en su investigación “Comparación de ensayos de actividad antioxidante en maíz ceroso morado fresco (*Zea mays* L.) durante el llenado del grano”, desarrollado en la Universidad Nacional de Chungnam, Daejoen - República de Corea, tuvieron como objetivo de estudio verificar la compatibilidad de los ensayos de actividad antioxidante mediante la comparación de cinco pruebas diferentes en muestras diarias de granos frescos de maíz ceroso durante el llenado de granos. Los niveles de antioxidantes medidos por 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo, poder antioxidante reductor férrico y la quimioluminiscencia mostraron correlaciones positivas significativas con los niveles medidos por otros ensayos ( $r = 0,761-0,893$ ;  $p < 0,01$ ) y con el contenido de antocianinas ( $r = 0,798-0,924$ ,  $p < 0,01$ ). La capacidad reductora del 2,2'-azinobis (ácido 3-etilbenzotiazolin-6-sulfónico) y el contenido total de compuestos fenólicos también muestran correlaciones

significativas ( $r = 0.764$ ;  $p < 0.01$ ). Sin embargo, durante el llenado tardío del grano, el nivel de antioxidantes medido por todos los métodos muestra fuertes correlaciones entre sí ( $r > 0.699$ ;  $p < 0.05$ ). Las discrepancias entre las medidas dependieron en gran medida de la etapa de desarrollo del grano de maíz.

Quintanilla-Rosales et al. (2017), en su investigación “Fenólicos solubles de tipo flavonoide y capacidad antioxidante en genotipos criollos pigmentados de maíz (*Zea mays*)”, desarrollado en Nuevo León - México, tuvieron como objetivo evaluar el contenido de compuestos fenólicos solubles de tipo flavonoides solubles en relación con los flavonoides totales ( $\text{AlCl}_3\text{-NaNO}_2\text{-NaOH}$ ), taninos condensados (vainillina- $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) y antocianinas totales (absorbancia del extracto a 535 nm,  $\text{pH} = 1$ ). Además, evaluaron la capacidad antioxidante basada en la reducción de los radicales DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo) y ABTS (ácido-2,2-azinobis-(3-etilbenzotiazolina)-6-sulfónico) en cinco genotipos de maíces criollos pigmentados: Ejido La Soledad Arramberri (ELSA), Ejido Refugio Zaragoza (ERZ), La Siberia Zaragoza (LSZ), Morado Oaxaca (MO) y Tepozanes II (TZII). El contenido de flavonoides totales, taninos condensados y antocianinas totales varió de 5709 a 7418 miligramos de equivalentes de catequina por kilogramo ( $\text{mgECat/kg}$ ), de 798 a 1322  $\text{mgECat/kg}$  y de 338 a 513 miligramos equivalentes cianidina-3-glucósido por kilogramo ( $\text{mgEC3G/kg}$ ), respectivamente. En cuanto a la capacidad antioxidante, en términos de equivalentes de Trolox, los niveles variaron de 23,00 a 27,88 milimoles equivalentes de Trolox por kilogramo ( $\text{mmolTE/kg}$ ) y de 14,97 a 18,12  $\text{mmolTE/kg}$  en DPPH y ABTS, respectivamente mientras que en base al porcentaje de inhibición los niveles fueron 17,44 a 21,31% de inhibición (% Inh) y 22,97 a 27,22% Inh en DPPH y ABTS, respectivamente. El genotipo TZII presentó el mayor nivel de flavonoides totales y la capacidad antioxidante de DPPH y ABTS, mientras que los genotipos

ELSA y MO presentaron los mayores niveles de taninos condensados y antocianinas totales, respectivamente.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Maíz morado**

El maíz morado (*Zea mays* L.) es un maíz amiláceo y de pigmentación morada que pertenece a la raza peruana Kculli, que significa “negro” en lengua nativa “quechua” (Grobman et al., 2012). Esta raza se derivó de la raza proto- Kculli precolombina de las tierras altas, que apareció en el período precerámico final en Perú (4000 años antes del presente) y se ha convertido en un importante alimento básico de cereales entre las comunidades indígenas de la región andina en el sur. América, incluidos Perú, Ecuador, Bolivia y Argentina (Grobman et al., 2012; Lao, 2017).

En contraste con muchas variedades de maíz azul y púrpura pigmentado del norte y Mesoamérica, las variedades locales de maíz morado andino acumulan concentraciones más altas de antocianinas no solo en el pericarpio del grano sino también en la mazorca y la cáscara (Ranilla et al., 2019; Lao et al., 2018; Medina-Hoyos et al., 2020). Estudios previos han demostrado que el maíz morado fresco entero tiene un contenido total de antocianinas de 4 a 11 veces mayor que el de los arándanos y que dichos compuestos fenólicos relevantes para la salud están más concentrados en la mazorca que en el grano (Cevallos-Casals et al., 2003). Además, se han confirmado otros metabolitos fenólicos no antocianínicos como diferentes flavonoides y ácidos fenólicos en el maíz morado andino (Cuevas-Montilla et al., 2011; Ramos-Escudero et al., 2012; Ranilla et al., 2017). Debido a esta alta composición de metabolitos fenólicos, el maíz morado se ha relacionado con propiedades bioactivas relevantes para la salud. Recientes estudios in vitro e in vivo han informado el potencial antioxidante, antihiperglucémico, antiobesidad, antiinflamatorio y anticancerígeno de los extractos de maíz morado

(Ranilla et al., 2019; magaña-Cerino et al., 2020; Tomay et al., 2019; Zhang et al., 2019; Mazewski et al., 2017).

#### **2.2.1.1. Taxonomía**

Perez (2018), describe la clasificación taxonómica del maíz morado de la siguiente manera:

Reino	: Plantae
División	: Magnoliophyta
Clase	: Liliopsida
Subclase	: Commelinidae
Orden	: Poales
Familia	: Poaceae
Subfamilia	: Panicoideae
Tribu	: Andropogoneae
Género	: Zea
Especie	: Z. mays
Nombre binomial	: Zea mays L.
Nombre común	: Maíz morado

#### **2.2.1.2. Razas y variedades del maíz morado en el Perú**

Existen varias variedades de maíz morado en el Perú, descendientes de una raza ancestral llamada “Kkulli”, que todavía se cultiva en el Perú. Esta línea es muy antigua, hace unos 4000 años, y se han encontrado restos arqueológicos con mazorcas típicas en Ica, Paracas, Nazca y otros lugares de la costa central (Quispe & Chura, 2018). Existen muchas razas y variedades mejoradas de maíz morado en el Perú, a continuación, se describen las principales:

##### **a. Cusco**

Relacionado a la raza Cusco gigante, esta tiene una característica de maduración tardía, con granos grandes recogidos en mazorcas con hileras bien definidas. Se cultiva

en diferentes lugares a altitud intermedia en los departamentos de Cusco y Apurímac (Quevedo, 2013).

**b. Canteño**

Raza de características similares a la raza Cusco, pero de menor tamaño, es más precoz y se cultiva en la sierra del Perú, especialmente en las partes altas del Valle del Chillón, en el departamento de Lima, a una altura de 1800 a 2500 msnm (Manrique, 1997).

**c. Caraz**

Esta es una raza derivada de las razas Ancashino y Alazán. Se caracteriza por su precocidad intermedia, el grano es más pequeño que el de la raza Cuco y también se puede adaptar a la costa. Es una raza de alto rendimiento con la mazorca siendo el más pigmentado (Manrique, 1997).

**d. Arequipeño**

La raza se cultiva principalmente en el departamento de Arequipa, que tiene la mazorca similar a la raza Cusco, pero más pequeña. El color de la mazorca es menos intenso en comparación con otras razas (Manrique, 1997).

**e. Negro de Junín**

Esta es una raza precoz, cuyos granos son grandes, negros y están dispuestos de manera desigual en una mazorca corta y redonda. Se encuentra en las regiones montañosas del centro y sur de Ayacucho, Apurímac y Arequipa. Sus características morfológicas son similares a la raza Huancavelicano (Manrique, 1997).

**f. Huancavelicano**

El cultivo de esta raza se lleva a cabo en la sierra, el Centro y Sur hasta Arequipa, se caracteriza por desarrollarse a mayor altura que otras razas (Manrique, 1997).

**g. UNC-47**

Esta es una variedad mejorada denominada “Grone” obtenida por la Universidad Nacional de Cajamarca en Cajamarca. Es una variedad que presenta un color púrpura intenso a los 190 días de la siembra, siendo las mejores épocas de siembra los meses de octubre y noviembre (Pedraza et al., 2017).

**h. PM-581**

Esta es una variedad mejorada por la Universidad Nacional Agraria de La Molina, a partir de maíz de Caraz. Se siembra en la costa central y en la sierra media, a una altitud de 1200 a 1400 msnm, el tamaño de las mazorcas es de 15 a 20 cm (Pinedo et al., 2017).

**i. PM-582**

Esta es otra variedad mejorada por la Universidad Nacional Agraria de La Molina, adaptada a la sierra alta. Las plantas son de tamaño intermedio, mazorcas de tamaño mediano con alto rendimiento en el contenido de antocianinas (Manrique, 1997).

**j. INIA-615 Negro Canaán**

Esta variedad mejorada fue desarrollada por el INIA en la Estación Experimental Agrícola (EEA) de Canaán en Ayacucho. Esta variedad tiene como progenitores femeninos a las razas locales Black Kculli y Morado, y como los progenitores masculinos son una mezcla de las tres razas Black, Kculli y Morado (Pinedo et al., 2017).

**k. INIA-601**

Esta variedad mejorada también fue desarrollada por el INIA en el EEA de Cajabamba en Cajamarca, se formó con 256 progenies, de los cuales 108 corresponden a la raza Caraz y

148 a la raza Negro de Parubamba, cuya área de distribución se da en la sierra norte (Pedraza et al., 2017).

#### **l. Majeño**

Es un ecotipo no certificado, que se produce en la zona del mismo nombre, a 1410 msnm (MINAM, 2018).

#### **m. Tambeño**

No existe información bibliográfica a la fecha de elaboración del presente documento (MINAM, 2018).

#### **2.2.1.3. Componentes benéficos del maíz morado**

Los componentes químicos en el maíz morado son: ácido salicílico, grasas, resinas, saponinas, sales de potasio y sodio, azufre y fósforo, y sus compuestos fenólicos (Arroyo et al., 2010).

Los compuestos fenólicos contenidos en el maíz morado, actúan como antioxidantes, secuestrando especies reactivas de oxígeno e inhibiendo las enzimas productoras de radicales libres (Atmani et al., 2011).

Dentro de los compuestos fenólicos, tenemos a las antocianinas; concretamente, pigmentos hidrosolubles ampliamente distribuidos en el reino vegetal (Aguilera *et al.*, 2011). Estas representan los principales pigmentos hidrosolubles visibles al ojo humano, debido al color púrpura que presentan. El color de las antocianinas depende de varios factores intrínsecos, como son los sustituyentes glicosídicos en las posiciones 3 y/o 5 con mono, di o trisacáridos y de acilación incrementando su solubilidad; demostrando que producen efectos en el tono de las antocianinas hacia las tonalidades púrpura y la posición de los mismos en el grupo flavilio; por ejemplo, si se aumentan los hidroxilos del anillo fenólico se intensifica el color azul,

mientras que la introducción de metoxilos provoca la formación del color rojo (Aguilera et al., 2011).

En la planta de maíz, las antocianinas están presentes en diferentes estructuras, como tallo, vaina, hojas e inflorescencias; en la mazorca se pueden encontrar en cáscara y grano. En el grano se ha reportado la presencia de antocianinas principalmente en el pericarpio (Salinas et al., 2012).

Guillén-Sánchez et al. (2014) reporta que la cáscara del maíz morado contiene aproximadamente 10 veces más antocianinas que otras plantas, siendo más frecuentes encontrarlas en flores y frutos, estas estructuras son las que contribuyen a los brillantes colores rojos, azules y morados de estos tejidos vegetales. Podemos anticipar la producción industrial de antocianina, porque la cáscara de maíz morado contiene 10% de antocianinas. Recientes investigaciones informan sobre la existencia de cianidina 3 - glucósido en el grano del maíz morado, como la principal antocianina (flavonoide) contenida en este fruto. Otras antocianinas identificadas fueron cianidina 3-(6''-malonil glucósido) y peonidina 3-glucósido (Guillén-Sánchez *et al.*, 2014). La cianidina 3-glucósido, una importante antocianina presente en el maíz morado, suprime el 7,12-dimethylbenzo antraceno, el cual induce a la carcinogénesis mamaria, lo que indica que el color de maíz morado puede ser un agente quimioterapéutico prometedor (Fukamachi et al., 2008).

#### **2.2.1.4. Valor nutricional del maíz**

El grano de maíz es una parte comestible y nutritiva de la planta. La composición del grano de maíz se presenta en la Tabla 1. También contiene vitamina C, vitamina E, vitamina K, vitamina B<sub>1</sub> (tiamina), vitamina B<sub>2</sub> (niacina), vitamina B<sub>3</sub> (riboflavina),

vitamina B<sub>5</sub> (ácido pantoténico), vitamina B<sub>6</sub> (piridoxina), ácido fólico, selenio, Np-cumaril triptamina y N-ferrulil triptamina. El potasio es un nutriente importante presente que tiene una buena importancia porque una dieta humana promedio es deficiente en él (Kumar & Jhariya, 2013). Los granos de maíz tostados también se utilizan como sustituto del café (Breadley, 1992).

**Tabla 1**

*Composición por 100 g de porción comestible de maíz*

<b>Componente</b>	<b>Cantidad</b>
Carbohidrato	71,88 g
Proteína	8,84 g
Grasa	4,57 g
Fibra	2,15 g
Ceniza	2,33 g
Humedad	10,23 g
Fósforo	348 mg
Sodio	15,9 mg
azufre	114 mg
Riboflavina	0,10 mg
Aminoácidos	1,78 mg
Minerales	1,5 g
Calcio	10 mg
Hierro	2,3 mg
Potasio	286 mg
tiamina	0,42 mg
Vitamina C	0,12 mg
Magnesio	139 mg
Cobre	0,14 mg

**Fuente:** Shah, Prasad y Kumar (2015); Gopalan, Rama Sastri y Balasubramanian (2007).

El germen de maíz contiene alrededor del 45-50% de aceite que se utiliza en la cocina, ensaladas y se obtiene del proceso de molienda húmeda (Orthofer, Eastman & List, 2003). El aceite contiene 14% de ácidos grasos saturados, 30% de ácidos grasos monoinsaturados y 56% de ácidos grasos poliinsaturados. El aceite de maíz refinado contiene ácido linoleico 54-60%, ácido oleico 25-31%, ácido palmítico 11-13%, ácido esteárico 2-3% y ácido linolénico 1% (CRA, 2006). Las dos formas principales de vitamina E presentes en nuestra dieta son los tocoferoles alfa ( $\alpha$ ) y gamma ( $\gamma$ ). El aceite de maíz se encuentra entre las fuentes ricas de estos tocoferoles, especialmente  $\gamma$ -tocoferol y su concentración reportada fue de 21,3 y 94,1 mg/100 g, respectivamente (Sen, Khanna, & Roy, 2006). La seda de maíz contiene varios componentes esenciales para nuestra dieta, como ácido maicénico, aceites fijos, resina, azúcar, mucílago, sal y fibras (Kumar & Jhariya, 2013).

### **2.2.2. Germinación de granos**

La germinación es un proceso biológico que permite a las plantas utilizar semillas para conservar especies. Con este proceso se ponen en marcha una serie de mecanismos biológicos que permiten el crecimiento de un embrión. Los embriones inician la germinación con la entrada de agua y finalizan con la elongación del eje embrionario-terminal. Durante este complejo proceso, diferentes compuestos biológicos de las semillas sufren procesos de catabolismo y síntesis (Wang et al., 2005; López-Martínez et al., 2017; Han et al., 2020). En las primeras etapas, muchos de los fitocompuestos se utilizan para el crecimiento del embrión. Se activa la síntesis de nuevos fitocompuestos utilizados para diferentes propósitos incluyendo mecanismos de protección. Además, durante la germinación, las semillas reducen algunos componentes que se consideran antinutrientes (ácido fítico y lectinas) (Sokrab et al., 2012; Aguilera et al., 2013; Benítez et al., 2013).

A nivel biotecnológico, los germinados se utilizan para generar bancos de germoplasma. Durante muchos años, los germinados han atraído el interés de la industria alimentaria por el valor nutricional de sus componentes y sus propiedades biológicas como la actividad antioxidante (Carrillo et al., 2016). Los compuestos antioxidantes se utilizan en la industria alimentaria para preservar los alimentos procesados contra la oxidación de lípidos (Piñuel et al., 2019; Vilcacundo et al., 2017; Saito et al., 2003). Estudios recientes han demostrado sus efectos inhibidores contra ciertas enfermedades como el cáncer (Nieva-Echevarría et al., 2015; Gawlik-Dziki et al., 2013). Por lo tanto, existe un interés considerable en la búsqueda de compuestos naturales con propiedades antioxidantes (Vilcacundo et al., 2018a; Vilcacundo et al., 2018b; Das & Singh, 2015). Muchos extractos naturales obtenidos de plantas que contienen principalmente polifenoles, flavonoides, carotenos y antocianinas han sido descritos en la literatura científica por su alta actividad antioxidante (Lao et al., 2017; Zhang et al., 2017).

Los germinados pueden ser una alternativa natural para obtener compuestos con capacidad antioxidante (polifenoles y proteínas). Se han descrito diferentes germinados con actividades biológicas, lentejas (*Lens culinaris*), soya (*Glycine max*), amaranto (*Amaranthus caudatus*), quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) y frijol (*Phaseolus vulgaris*) (Dueñas et al., 2015; González-Montoya et al., 2018; De Souza Rocha et al., 2015; Mamilla et al., 2017; López-Amorós et al., 2006; Cornejo et al., 2019).

### **2.2.3. Antioxidante**

El término antioxidante hace referencia a cualquier sustancia que, estando presente a una concentración baja, comparada con la de un sustrato oxidable, es capaz de retrasar o prevenir la oxidación de dicho sustrato (Domínguez, 2010).

Son compuestos de sustancias moleculares capaces de retardar y prevenir la oxidación y cede electrones (agente reductor). Los seres humanos y los

seres vivos en general estamos compuestos de células, que con el tiempo y otros factores (luz solar, problemas de alimentación, etc.) causan efectos secundarios como el estrés oxidativo a causa de la liberación de radicales libres y se componen de la siguiente forma:

#### **2.2.3.1. Endógenos**

Son biosintetizados por el organismo: catalasa, superóxido dismutasa y glutatión peroxidasa, glutatión S-transferasa, tiorredoxina reductasa y sulfóxido metionina reductasa (Haytowitz et al., 2010).

#### **2.2.3.2. Exógenos**

Forman la parte activa del núcleo de enzimas antioxidantes a través de la dieta no enzimática como las vitaminas E y C, flavonoides, licopeno, betacaroteno, fitoestrógenos, polifenoles, glutatión, ácido úrico y melatonina, vitaminas, oligoelementos como cobre, zinc, manganeso, el selenio y el hierro deben ingerirse con alimentos (Haytowitz et al., 2010).

Cheftel et al. (1988), citado por Coavoy (2015), mencionan que los antioxidantes son sustancias capaces de:

- ✓ Interrumpir la cadena de radicales cediendo un radical hidrógeno a un radical libre.
- ✓ Actuar impidiendo o disminuyendo la formación de radicales libres.
- ✓ Establecer condiciones físicas, principalmente de contenido de oxígeno, humedad relativa y temperatura, convenientemente elegidas.

Este tipo de compuestos antioxidantes incluyen compuestos fenólicos que están asociados con el color, características sensoriales (sabor, astringencia, firmeza), características nutricionales de los alimentos de origen vegetal. La

característica antioxidante de los fenoles se debe a la reactividad del grupo fenol (Paladino, 2008).

#### 2.2.4. Los compuestos fenólicos

Los frutos y vegetales sintetizan una gran cantidad de moléculas orgánicas, como consecuencia de su metabolismo secundario. Los fenoles son metabolitos secundarios cuya concentración es variable a lo largo del ciclo vegetativo. Éstos participan de diversas funciones, tales como la asimilación de nutrientes, la síntesis proteica, la actividad enzimática, la fotosíntesis, la formación de componentes estructurales, la alelopatía y la defensa ante los factores adversos del ambiente (Robbins, 2003).

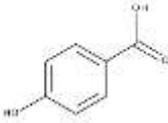
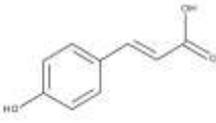
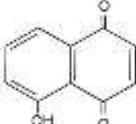
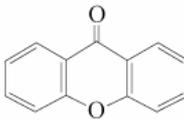
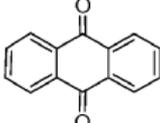
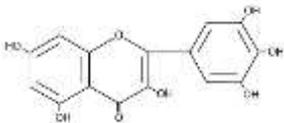
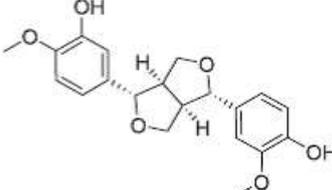
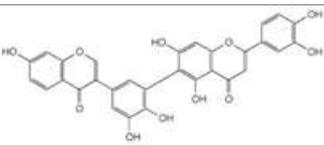
Los CF son un grupo de sustancias químicas encontradas en frutos y vegetales, caracterizadas por la presencia de más de un grupo fenol por molécula. En un inicio fueron conocidos como vitamina P. Sin embargo, mediante estudios se encontró que éstos no eran esenciales y fueron reclasificados (Álvarez & Cárdenas, 2010).

Estructuralmente están constituidos por un anillo aromático, bencénico, con uno o más grupos hidroxilos incluyendo derivados funcionales (Domínguez, 2010). Éstos se pueden dividir según su estructura química (Häkkinen, 2000). Los compuestos fenólicos forman parte de un grupo muy heterogéneo; comprenden desde simples moléculas, como los ácidos fenólicos, hasta compuestos altamente polimerizados, como los taninos (Gil, 2010).

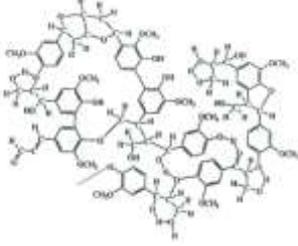
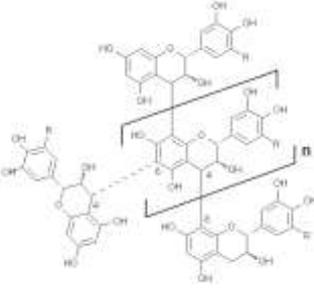
**Tabla 2**

*Estructura química de los diferentes tipos de compuestos fenólicos*

Compuestos fenólicos	Fórmula	Estructura
Fenoles simples, benzoquinonas	C <sub>6</sub>	

Ácidos hidroxibenzoicos	C <sub>6</sub> -C <sub>1</sub>	
Acetofenonas, Ácidos fenilacéticos	C <sub>6</sub> -C <sub>2</sub>	
Ácidos hidroxicinámicos, Fenilpropanoides	C <sub>6</sub> -C <sub>3</sub>	
Naftoquinonas	C <sub>6</sub> -C <sub>4</sub>	
Xantonas	C <sub>6</sub> -C <sub>1</sub> -C <sub>6</sub>	
Antraquinonas	C <sub>6</sub> -C <sub>2</sub> -C <sub>6</sub>	
Flavonoides, Isoflavonoides	C <sub>6</sub> -C <sub>3</sub> -C <sub>6</sub>	
Lignanós, neolignanós	(C <sub>6</sub> -C <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	
Biflavonoides	(C <sub>6</sub> -C <sub>3</sub> -C <sub>6</sub> ) <sub>2</sub>	

---

Lignino	$(C_6-C_3)_n$	
Taninos condensados	$(C_6-C_3-C_6)_n$	

---

**Nota:** Tomado de Coavoy (2015).

Sin embargo, el contenido de compuestos fenólicos es también de gran interés científico por su potencial uso farmacológico como antialérgicos, antiinflamatorios y antioxidantes. Los estudios reportan continuamente nuevas propiedades beneficiosas de los compuestos fenólicos para el ser humano, cuando son incorporados en la dieta (Seo & Morr, 1984; Määttä-Riihinen et al., 2004; Ayaz et al., 2005; De La Torre-Carbot et al., 2005; De Beer et al., 2006; Slimestad et al., 2009).

### 2.2.5. Actividad antioxidante de los compuestos fenólicos

La actividad antioxidante está determinada por su estructura química, por lo que existen grandes diferencias en la eficacia de los antioxidantes entre distintos grupos de compuestos (Domínguez, 2010). Los compuestos fenólicos son aquellos que proporcionan bases hidrogenadas para inactivar los radicales libres que inician la reacción en cadena de autooxidación (Cubero et al., 2002).

Cubero et al. (2002), cita que los antioxidantes fenólicos (HA) se utilizan para suministrar bases de hidrógeno y así inactivar el radical libre que inicia la reacción en cadena de autooxidación. Normalmente actúan como inhibidores de radicales peróxidos (RO<sub>2</sub>-), alcoxi (RO-) y alquilo (R-) debido a su acción reductora (ecuaciones 1, 2 y 3).



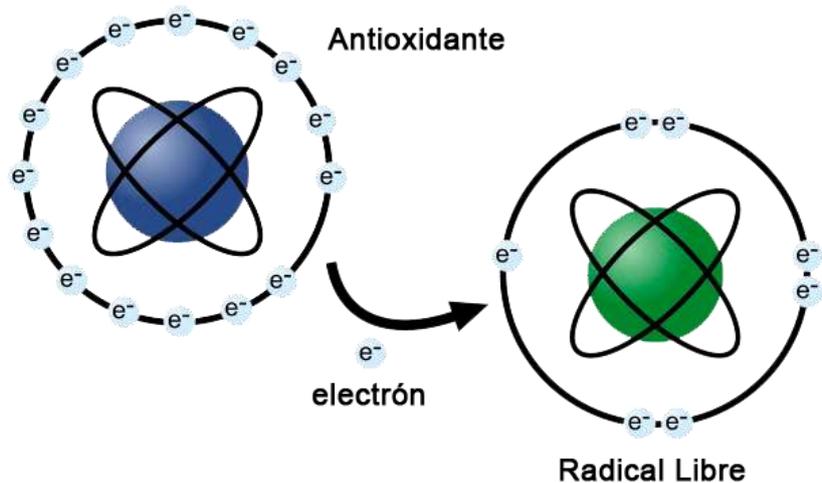
Los compuestos fenólicos pueden actuar como antioxidantes a través de dos mecanismos principales (Domínguez, 2010):

**2.2.5.1. Como antiradicalarios**

Los compuestos fenólicos pueden actuar como donantes de átomos de hidrógeno o electrones en reacciones que rompen el ciclo de generación de nuevos radicales libres, anticipando las reacciones de terminación (Figura 2) (Domínguez, 2010).

**Figura 1**

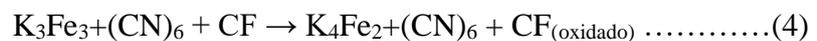
*Antioxidante como donante de electrón al radical libre.*



**Fuente:** Adaptado de Domínguez (2011).

**2.2.5.2. Como quelantes de metales**

Los compuestos fenólicos son secuestradores efectivos de iones metálicos e inhiben la formación de radicales libres a partir de la reacción de Fenton (Ecuación 4) (Decker et al., 2005; Adjimani & Asare, 2015).



## 2.2.6. Métodos para evaluar la actividad antioxidante

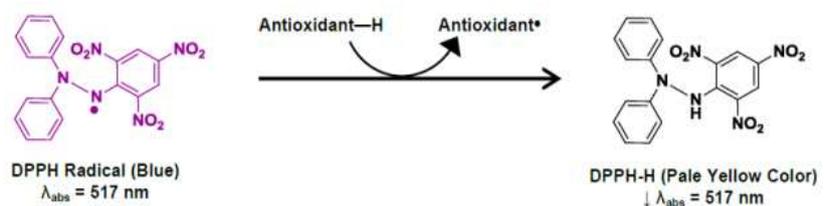
Existen varios métodos para evaluar la actividad antioxidante en fuentes vegetales como plantas medicinales y alimentos, siendo los más utilizados el método DPPH, ABTS y DMPD.

### 2.2.6.1. Método DPPH

El método DPPH es un método de neutralización de radicales libres para 2,2-difenildipicrilhidrazilo (Figura 2). El radical libre estable DPPH es una sustancia que mide la capacidad secuestrante de cualquier compuesto con actividad antioxidante (Mensor et al., 2001).

**Figura 2**

*Estructura química del DPPH.*



**Fuente:** Mensor et al. (2001).

La solución del reactivo DPPH tiene un color violeta con una densidad óptica de 515 nm. La reacción consiste en la sustracción de un átomo de hidrógeno del donante (antioxidante) por el radical libre DPPH, lo que da como resultado un cambio de color de violeta a amarillo. El grado de esta decoloración indica la capacidad del antioxidante para eliminar los radicales libres; lo que se lee en un espectrofotómetro después de veinte a treinta minutos de reacción (Fukumoto & Mazza, 2000; Nenadis & Tsimidov, 2002; Cunha, 2011; Brand-Williams et al., 1995). Reacción entre analito (AH) y DPPH\* (ecuación 5):

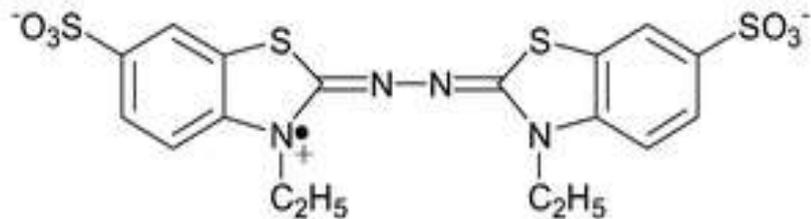


### 2.2.6.2. Método ABTS

La capacidad antioxidante de una sustancia se puede medir como la habilidad de capturar el radical sintético ABTS\* (ácido 2,2'azinobis (3-etilbenzotiazolin-6-sulfónico)) (Figura 7), compuesto cromóforo y soluble en agua y con un máximo de absorción de 340 nm. Este radical es de color verde-azulado que al reaccionar se vuelve incoloro (Re et al., 1999; De Oliveira, 2011).

**Figura 3**

*Estructura química del ABTS.*



**Fuente:** Re et al. (1999).

La reacción entre la sustancia a evaluar (AH) y el ABTS\* se muestra en la ecuación 6:

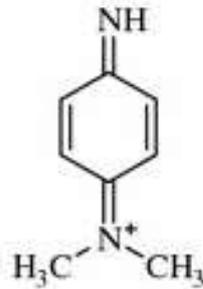


### 2.2.6.3. Método DMPD

Según Fogliano et al. (1999) es un método con un mecanismo de transferencia de electrones parecido al del método ABTS pero que emplea la 4-amino-N, N-dimetil-p-fenilendiamina (DMPD) (Figura 8). Este reactivo asegura la sensibilidad y reproducibilidad en la cuantificación de la actividad antioxidante de compuestos hidrofílicos y liposolubles.

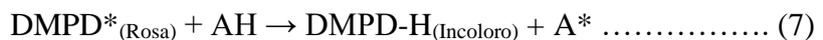
**Figura 4**

*Estructura química del DMPD.*



**Fuente:** Fogliano et al. (1999).

El radical rosa DMPD\*, se decolora a la forma DMPD conforme se verifica la actividad antioxidante por la transferencia de un átomo de hidrógeno del antioxidante al radical (Fogliano et al., 1999). La solución alcanza valores estables de absorbancia a 505 nm después de 18 a 21 horas, manteniéndolo en oscuridad y refrigeración (4-5 °C). Los resultados se expresan en equivalentes de Trolox. La reacción entre la sustancia a evaluar (AH) y el DMPD\* se observa en la ecuación 7:



### 2.2.7. Radicales libres

Átomos que tienen un electrón desapareado que ocasiona alta inestabilidad química confiriéndole reactividad oxidante para otras especies químicas que se encuentren cercanas las cuales reaccionan rápidamente (García et al., 2015).

Son muy reactivas y tienen una vida breve, por lo que actúan en el lugar donde se forman y son difíciles de dosificar, son pequeñas moléculas difusibles producidas por diferentes mecanismos, a nivel microsomal y en los cloroplastos, al interactuar con las biomoléculas del organismo producen daño celular (oxidativo) (Barragán, 2017).

### **2.2.7.1. Consecuencias nocivas de los radicales libres**

Diferentes macromoléculas se ven afectadas por sustancias que reaccionan con el oxígeno y por lo tanto dañan las células.

#### **a. Lípidos**

Los lípidos afectan la estructura de los ácidos grasos poliinsaturados, cambiando la permeabilidad de la membrana celular, provocando la muerte celular. Los ácidos grasos insaturados son fácilmente oxidados por los radicales libres de oxígeno (Gutiérrez, 2006).

La peroxidación lipídica está influenciada por los siguientes factores:

- ✓ Disponibilidad de membranas de ácidos grasos poliinsaturados.
- ✓ Presencia de hierro.
- ✓ Carácter cualitativo y cuantitativo del iniciador.
- ✓ La tensión de oxígeno.
- ✓ Betacaroteno, alfa-tocoferoles, glutatión.
- ✓ Activación de las enzimas glutatión peroxidasa

#### **b. Proteínas**

La oxidación de los aminoácidos como la fenilalanina, tirosina, histidina y metionina; forman entrecruzamientos de cadenas peptídicas y grupos carbonilo (Gutiérrez, 2006).

#### **c. Ácido desoxirribonucleico (ADN)**

Las modificaciones oxidativas de las bases, la fragmentación de las citocinas del ADN que activan los genes, se deben a la pérdida de proteínas como resultado del daño que provoca la inactivación y la pérdida de los genes supresores de tumores que provocan el inicio y la progresión de la carcinogénesis (Reilly et al., 1990).

#### **d. Estrés oxidativo**

Se produce por el impacto sobre la materia viva de fuentes que alteran el equilibrio, y por un aumento excesivo de especies reactivas de oxígeno. Causar cambios en un organismo, sistema o grupo de células, conocido como mecanismo general de daño celular, se asocia con un aumento en el número de síndromes y anomalías médicas involucradas en la génesis (Ames et al., 1993).

### **2.3. Marco conceptual**

La capacidad antioxidante de los carotenoides es reconocida por sus características promotoras de la salud en plantas y frutas (Graßmann, 2005). La ingesta de carotenoides se ha asociado con menores riesgos de enfermedades degenerativas, incluidos los cánceres del tracto gastrointestinal, pulmón, piel, mama y próstata (Giovannucci, 1995; Hu et al., 2012; Pérez-Gálvez et al., 2020; Mărgăoan et al., 2016). Las antocianinas son pigmentos solubles en agua que tienen una amplia variedad de colores, como naranja, rosa, rojo, azul y púrpura, según el pH ambiental (Tarone et al., 2020) su biosíntesis se ve fuertemente afectada por condiciones de estrés (es decir, fotoprotección) y eliminan directamente las especies reactivas al oxígeno (ROS) para reducir el daño oxidativo de las hojas (Neill et al., 2002).

### **2.4. Definición de términos**

- ✓ **Acidez:** Una sensación de ardor en el estómago o la garganta causada por demasiado ácido en el estómago (Gabriel, 2019).
- ✓ **Ácido oleico:** Este ácido es del tipo de grasa monoinsaturada, omega 9, que se encuentra principalmente en aceites vegetales como el cártamo, el aguacate y el aceite de oliva (Gabriel, 2019).
- ✓ **Agentes pro oxidantes:** La presencia de trazas de metales de transición, como el cobre y el hierro, producen un efecto de catálisis sobre el proceso

de oxidaciones lipídica favoreciendo la formación de radicales libres (Frankel, 2005).

- ✓ **Energía radiante:** Tanto la radiación visible, ultravioleta como gamma son promotoras de la oxidación lipídica (Frankel, 2005).
- ✓ **Extracción:** Es un proceso de separación de una sustancia que puede disolverse en dos solventes inmiscibles con diferente grado de solubilidad y está en contacto a través de una interfase.
- ✓ **Humedad:** En alimentos con actividad de agua muy baja ( $a_w < 0,1$ ), la oxidación se produce a un ritmo elevado. A medida que la  $a_w$  aumenta hasta alrededor de 0,3; la velocidad disminuye y alcanza un mínimo, solo para volver a aumentar con valores de  $a_w$  más altos (Labuza, & McNally, 1972).

## 2.5. Hipótesis

El presente trabajo es de este tipo y nivel de investigación implícita (Hernández et al., 2015); por fines del reglamento del grados y títulos, se planteó la hipótesis que no está sujeta a la contrastación estadística.

**Hp:** El germinado si tendrá efecto en las características fisicoquímicas de maíz morado.

# CAPÍTULO III

## MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1. **Ámbito temporal y espacial del estudio**

#### 3.1.1. **Ámbito temporal**

La investigación se realizó durante el 2022, el maíz morado se obtuvo del distrito de Pomacocha de la provincia de Acobamba – Huancavelica, el germinado se realizó en Laboratorio de Procesos Agroindustriales 01 de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial - UNH, Los análisis de laboratorio se realizaron en la ciudad de Huancayo - Junín, en el Laboratorio de Certificaciones Nacionales de Alimentos SAC - CENASAC.

#### 3.1.2. **Ámbito espacial**

##### 3.1.2.1. *Ubicación política*

País	: Perú
Región	: Huancavelica
Provincia	: Acobamba
Distrito	: Acobamba

##### 3.1.2.2. *Ubicación geográfica*

Latitud Sur	: 12°50' 30"
Longitud Oeste	: 74° 33' 42,2"
Altitud	: 3417 msnm.

### 3.2. **Tipo de investigación**

El tipo de investigación es experimental, ya que un conjunto de variables se mantienen constantes, mientras que el otro conjunto de variables se miden como sujeto del experimento (Hernández et al., 2015).

### **3.3. Nivel de investigación**

El nivel de investigación es descriptivo (Hernández et al., 2015), porque busca explicar las características fisicoquímicas del maíz morado antes y posterior al germinado.

### **3.4. Método de investigación**

En el presente estudio se utilizó un método general: el método científico-experimental (Hernández et al., 2015).

### **3.5. Diseño de investigación**

#### **3.5.1. Determinación de la capacidad antioxidante**

##### ***3.5.1.1. Método del DPPH***

En la evaluación de la capacidad antioxidante se manejó volúmenes de prueba en el rango de 0,02 y 0,15 mL después se le añadió metanol, tampón acetato 0,1 M, pH 6,0 y 0,5 mL de solución del radical libre estable DPPH\*, terminando un total de 3 mL en cada tubo de ensayo. Luego, se dejó a permanecer en la oscuridad durante 30 minutos, al final de los cuales se examinó en el espectrofotómetro a 517 nm. Los resultados se expresaron con IC50 (mg/mL).

#### **3.5.2. Determinación de los polifenoles totales**

##### ***3.5.2.1. Método Folin-Ciocalteu***

Los polifenoles se determinaron mediante el método de Singleton et al. (1999). Se colocó la muestra en un tubo de ensayo de 1,0 mL de reactivo Folin-Ciocalteu, 0,05 mL de prueba y se dejó que la muestra este en reposo por un tiempo de 5 minutos, después de lo cual se agregaron 0,95 mL de disolución de carbonato de sodio al 7,5% y se colocó en baño maría a 45 °C por un tiempo de 15 minutos. De esta manera fue determinado en el espectrofotómetro a 725 nm.

### 3.6. Población, muestra y muestreo

#### 3.6.1. Población

La población estuvo conformada por 15 kg de granos de maíz morado provenientes del distrito de Pomacocha de la provincia de Acobamba – Huancavelica.

#### 3.6.2. Muestra

La muestra estuvo compuesta por 500 g para el análisis y 1 kg para el germinado.

#### 3.6.3. Muestreo

La técnica utilizada para la obtención de la muestra fue el muestreo al azar.

### 3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Tabla 3

*Instrumentos y técnicas de recolección de datos*

<b>Técnicas</b>	<b>Instrumentos</b>	<b>Recolección de datos</b>
Observación directa	Ficha de observación, libretas de campo.	Calidad de los granos de maíz.
Mediciones	Balanza, refractómetro.	Cantidad de granos de maíz
Recolección de información	Revisión bibliográfica de libros, formatos impresos y virtuales.	Referencias bibliográficas de determinación de antocianinas.
Evaluación de la concentración de antocianinas	Método pH diferencial	Determinación de concentración de antocianinas del maíz anterior y posterior al germinado

---

Características fisicoquímicas del grano de maíz	Métodos de determinación.	Grasa, Fibra, Carbohidrato, Proteína y cenizas.
--	------------------------------	--

---

### **3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

En el estudio de los resultados no se realizó ningún procesamiento de datos.

# CAPÍTULO IV

## DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 4.1. Resultados

#### 4.1.1. Composición químico proximal antes y posterior al germinado

Los resultados del análisis químico proximal del maíz morado antes y posterior al germinado se muestran en la Tabla 4.

**Tabla 4**

*Composición químico proximal del maíz morado antes y posterior al germinado*

Análisis	Maíz morado sin germinar	Maíz morado germinado
Humedad (%)	11,69	19,37
Proteína (%)	7,32	7,87
Ceniza (%)	1,02	1,63
Grasa (%)	3,59	3,79
Carbohidratos (%)	75,87	67,36
Energía total (kcal/100 g)	365,05	334,95

#### 4.1.2. Antocianinas del maíz morado antes y posterior al germinado

Los resultados de la concentración de antocianinas en el maíz morado antes y posterior al germinado se muestran en la Tabla 5.

**Tabla 5**

*Concentración de antocianinas en el maíz morado antes y posterior al germinado*

Análisis	Maíz morado sin germinar	Maíz morado germinado
Antocianinas (mg/g)	15,11	19,24

#### 4.1.3. Polifenoles totales del maíz morado antes y posterior al germinado

Los resultados de la concentración de polifenoles totales del maíz morado antes y posterior al germinado se muestran en la Tabla 6.

**Tabla 6***Concentración de polifenoles totales del maíz morado antes y posterior al germinado*

<b>Análisis</b>	<b>Maíz morado sin germinar</b>	<b>Maíz morado germinado</b>
Polifenoles totales (mg ácido gálico/100 g)	39,01	40,96

## 4.2. Discusión

### 4.2.1. Composición químico proximal antes y posterior al germinado

Se observa que el porcentaje de humedad del maíz morado germinado (19,37%) es significativamente mayor al maíz morado antes de germinar (11,69%), García-Campos et al. (2020) reportaron valores de humedad 13,94% en maíz azul y 12,98% en maíz rojo, lo cual demuestra que la humedad del grano depende del tipo y condiciones de cultivo además de las condiciones de almacenamiento. En cuanto al porcentaje de proteínas hubo un ligero incremento durante la germinación de 7,32 a 7,87; por su parte García-Campos et al. (2020) reportaron 10,67% de proteína en maíz rojo y 8,81% de proteína en maíz azul, valores superiores al nuestro reporte. En cuanto a ceniza se observa un ligero incremento durante la germinación de 1,02% a 1,63%, mientras que Mex-Álvarez et al. (2016), reporto 1,39% de ceniza para maíz rojo, valor ligeramente superior al maíz morado antes de germinar e inferior al valor obtenido luego de la germinación. Para la grasa se obtuvo valores de 3,59% antes de la germinación y 3,79% después de la germinación, valores inferiores al reportado por García-Campos et al. (2020), quien reporto 6,13% para maíz rojo y 5,15% para maíz azul. En cuanto a los carbohidratos antes de la germinación se obtuvo 75,87% y después de la germinación se obtuvo 67,36%, lo cual demuestra que los carbohidratos se sintetizan durante la germinación, esto también está directamente relacionado con energía total, donde se demuestra que en el maíz morado antes del germinado está en 365,05 kcal/100 g y luego de la germinación se observa una ligera disminución a 334,95 kcal/100 g.

#### **4.2.2. Antocianinas del maíz morado antes y posterior al germinado**

La presencia de antocianinas en diferentes plantas puede variar dependiendo de la materia prima, su variedad, relación soluto a solvente, solventes utilizados, procesos y parámetros de extracción, tiempo y condiciones de almacenamiento (Alarcón, 2015). En la presente investigación el maíz morado antes del germinado presentó 15,11 (mg/g) de antocianinas, mientras que el maíz morado germinado presentó 19,24 (mg/g), como se observa hay incremento de antocianinas al geminar los granos de maíz. Por su parte Rafael (2017) y Gorriti et al (2009), bajo condiciones de extracción similares a las desarrolladas en la presente investigación muestran valores de antocianinas de 8,7 mg/g y 25,9 mg/g, respectivamente, quienes manifiestan que la proporción relativa de las antocianinas puede modificarse por el efecto del genotipo y del ambiente.

Por su parte Ramos-Escudero et al. (2012) determinaron antocianinas en granos de maíz morado procedente de Cajamarca, para su extracción emplearon soluciones metanólicas ácidas a diferentes concentraciones reportando valores de 0,9 a 2,9 mg/g, que son significativamente menores a los obtenidos en esta investigación. Mientras que Ccaccya et al. (2019) determino antocianinas en la coronta de maíz morado de tres lugares de procedencia: Cañete (Lima), San Marcos (Cajamarca) y Abancay (Apurímac), reportando 42,6 mg/g, 34,1 mg/g y 24,4 mg/g respectivamente; lo cual demuestra que la mayor concentración de antocianinas se encuentra en la coronta y brácteas.

#### **4.2.3. Polifenoles totales del maíz morado antes y posterior al germinado**

La concentración de polifenoles totales se incrementó en la germinación, afirmando que, durante la germinación, las semillas reducen algunos componentes que se consideran antinutrientes (ácido fítico y lectinas) (Sokrab et al., 2012; Aguilera et al., 2013; Benítez et al., 2013).

Gorriti et al. (2009) y Quispe et al. (2011), encontraron valores de 77,0 µg EAG/mg y 40,6 µg EAG/mg, respectivamente. En el primer caso, la

fecha de recolección fue entre febrero y abril, muy cercana a la fecha de nuestra muestra (entre febrero y marzo), lo que explicaría los valores cercanos. En el segundo caso, la cosecha se realizó en noviembre y su resultado es completamente diferente a nuestras tres muestras ensayadas. En ambos casos, los factores que podrían haber influido en el contenido de polifenoles serían la altitud, el clima, el suelo y las condiciones agronómicas.

Mientras que Ccaccya et al. (2019) cuantificaron polifenoles en coronta de maíz morado de tres lugares de procedencia: Cañete (Lima), San Marcos (Cajamarca) y Abancay (Apurímac), reportando 94,1 mg/g, 75,4 mg/g y 67,9 mg/g respectivamente; lo cual demuestra que la mayor concentración de polifenoles se encuentra en la coronta y brácteas.

## Conclusiones

Al culminar con la investigación se llegó a las siguientes conclusiones:

- ✓ El germinado tiene efecto en la composición químico proximal del grano del maíz morado, donde se demuestra que en el porcentaje de humedad, proteína, ceniza y grasa se incrementó durante la geminación, mientras que en el porcentaje de carbohidratos disminuyó durante la germinación, lo cual está directamente relacionado con la energía total (kcal/100 g) que también ha disminuido.
- ✓ De la misma manera el germinado tuvo efecto en la capacidad antioxidante del maíz morado, donde se demuestra que durante el germinado de incremento de 15,11 mg/g hasta 19,24 mg/g, del mismo modo en la cuantificación de polifenoles también se incrementó de 39,01 mg ácido gálico/100 g hasta 40,96 mg ácido gálico/100 g.

## **Recomendaciones**

Al culminar la presente investigación se recomienda:

- ✓ Determinar la actividad antioxidante y la concentración de polifenoles totales en maíz de diferentes lugares de procedencia.
- ✓ Evaluar la actividad antioxidante y la concentración de polifenoles totales en corontas y brácteas de maíz morado de diferentes lugares de procedencia.
- ✓ Evaluar la actividad antioxidante y la concentración de polifenoles totales en maíz morado de diferentes tiempos de almacenamiento.

## Referencia bibliográfica

- Adjimani, J. P. & Asare, P. (2015). Antioxidant and free radical scavenging activity of iron chelators. *Toxicology reports*, 2, 721–728. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2015.04.00>
- Aguilera, Y., Díaz, M. F., Jiménez, T., Benítez, V., Herrera, T., Cuadrado, C., Martín-Pedrosa, M., & Martín-Cabrejas, M. A. (2013). Changes in nonnutritional factors and antioxidant activity during germination of nonconventional legumes. *Journal of agricultural and food chemistry*, 61(34), 8120–8125. <https://doi.org/10.1021/jf4022652>
- Aguilera-Otíz, M., Reza-Vargas, M. del C., Chew-Madinaveita, R. G., & Meza-Velázquez, J. A. (2011). Propiedades funcionales de las antocianinas. *Biotecnia*, 13(2), 16–22. <https://doi.org/10.18633/bt.v13i2.81>
- Alarcón C. (2015). Optimización de parámetros de extracción de antocianinas del maíz morado (*Zea mays* L.) por el método de superficie de respuesta y verificación experimental. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho-Perú]. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/1279>
- Alvarez Pico, D. F., & Cárdenas Villacres, J. R. (2011). Aplicación del método químico DPPH para determinar la capacidad antioxidante presente en una mermelada de tuna. [Tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil. Facultad Ingeniería Química. Guayaquil - Ecuador]. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/2012>
- Ames, BN, Shigenaga, MK & Hagen, TM. (1993). Oxidants, antioxidants and the degenerative diseases of aging. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 90(17), 7915–7922. <https://doi.org/10.1073/pnas.90.17.7915>
- Arroyo, J., Ruez, E., Rodríguez, M., Chumpitaz, V., Burga, J., De la Cruz, W. & Valencia, J. (2008). Actividad antihipertensiva y antioxidante del extracto hidroalcohólico atomizado de Maíz morado (*Zea mays* L) en ratas. *Revista*

*Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, 25(2), 195-199.

[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1726-](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-)

[46342008000200007&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342008000200007&lng=es&tlng=es)

Atmani, D., Ruiz-Larrea M.B., Ruiz-Sanz, J.I., Lizcano, L.J., Bakkali, F. & Atmani, D. (2011). Antioxidant potential, cytotoxic activity and phenolic content of *Clematis flammula* leaf extracts. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(4), 589-598. <https://academicjournals.org/journal/JMPR/article-full-text-pdf/5014D3E26148>

Ayaz, F. A., Hayirlioglu-Ayaz, S., Gruz, J., Novak, O., & Strnad, M. (2005). Separation, characterization, and quantitation of phenolic acids in a little-known blueberry (*Vaccinium arctostaphylos* L.) fruit by HPLC-MS. *Journal of agricultural and food chemistry*, 53(21), 8116–8122. <https://doi.org/10.1021/jf058057y>

Bae, HH., Yi, G., Go, YS., Ha, JI., Choi, Y., Jae-Han, H., Shin, S., Tae-Wook, J. & Lee, SW. (2021). Medición de la actividad antioxidante en maíz amarillo (*Zea mays* L.) endogámico de tres regiones geográficas diferentes. *Appl Biol Chem*, 64, 56. <https://doi.org/10.1186/s13765-021-00629-y>

Barragan, M. (2017). Evaluación y caracterización de compuestos bioactivos del mio - mio (*Coriaria ruscifolia*) por espectroscopía FTIR y HPLC. [Tesis doctoral, Universidad Nacional del Altiplano. Puno - Perú]. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/7772>

Benítez, V., Cantera, S., Aguilera, Y., Mollá, E., Esteban, RM., Díaz, MF. & Martín-Cabrejas, MA. (2013). Impacto de la germinación sobre el almidón, fibra dietética y propiedades fisicoquímicas en leguminosas no convencionales. *Food Research International*, 50, 64–69. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.09.044>

Bonilla, P., Quispe, F., Negrón, L. & Zavaleta, A. (2015). Compuestos bioactivos y análisis sensorial de una bebida funcional de maíz morado (*Zea mays* L.) y

- estevia (Stevia SP.). *Ciencia e Investigación*, 18(1), 37-42.  
<https://doi.org/10.15381/ci.v18i1.13604>
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E. & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity, *LWT. Food Science and Technology*, 28(1), 25-30, ISSN 0023-6438, [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)
- Breadley, P. R. (1992). British herbal compendium. (Vol. 2). *Bournemouth: British Herbal Medicine Association*.
- Carrillo, W., Gómez-Ruiz, JA., Miralles, B., Ramos, M., Barrio, D. & Recio, I. (2016). Identificación de péptidos antioxidantes de lisozima de clara de huevo de gallina y evaluación de la inhibición de la peroxidación lipídica y citotoxicidad en el modelo de pez cebra. *Eur Food Res Technol*, 242, 1777-1785.  
<https://doi.org/10.1007/s00217-016-2677-1>
- Ccaccya Ccaccya, Ana María, Soberón Lozano, Mercedes, & Arnao Salas, Inés. (2019). Estudio comparativo del contenido de compuestos bioactivos y cianidina-3- glucósido del maíz morado (*Zea mays* L.) de tres regiones del Perú. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 85(2), 206-215.  
[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1810-634X2019000200008&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2019000200008&lng=es&tlng=es)
- Cevallos-Casals, BA. & Cisneros-Zevallos, L. (2003). Estudios estequiométricos y cinéticos de antioxidantes fenólicos del maíz morado andino y camote de pulpa roja. *J. Agric. Química alimentaria*, 51, 3313-3319.  
<https://doi.org/10.1021/jf034109c>
- Cheftel, J., Cheftel, H. & Besancon, P. (1988). Introducción a la Bioquímica y tecnología de los alimentos. Vol. II. España: Editorial Acribia. 333 p.
- Coavoy, S. (2015). Evaluación de la capacidad antioxidante de los compuestos fenólicos de la tuna morada (*Opuntia ficus-indica*) del distrito de San Bartolomé, Huarochirí, Lima. [Tesis de pregrado, Universidad Peruana Unión, Lima - Perú].  
<https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/232>

- Cornejo, F., Novillo, G., Villacrés, E., & Rosell, CM (2019). Evaluación de los cambios fisicoquímicos y nutricionales en dos especies de amaranto (*Amaranthus quitensis* y *Amaranthus caudatus*) después de la germinación. *Food Research International*, 121, 933-939. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.01.022>
- Cubero, N., Monferrer, A. & Villalta, J. (2002). Aditivos alimentarios. España: Mundi-Prensa. ISBN: 848476088X.
- Cuevas-Montilla, E., Hillebrand, S., Antezana, A. & Winterhalter, P. (2011). Compuestos fenólicos solubles y ligados en diferentes cultivares de maíz morado boliviano (*Zea mays* L.). *J. Agric. Química alimentaria*, 59, 7068–7074. <https://doi.org/10.1021/jf201061x>
- Cunha, D. (2011). Estudo comparativo da atividade antioxidante de plantas medicinais da caatinga utilizadas como antiinflamatórias. [Tesis de maestría, Universidade Federal de Pernambuco. Brasil]. <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/3324>
- Das, AK. & Singh, V. (2015). Constituyentes fenólicos antioxidantes libres y ligados en el pericarpio, el germen y el endospermo del maíz indio (*Zea mays* var. indentata) y pedernal (*Zea mays* var. indurata). *Función J. Alimentos*, 13, 363–374. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.01.012> ]
- De Beer, D., Joubert, E., Marais, J. & Manley, M. (2006). Unravelling the total antioxidant capacity of pinotage wines: contribution of phenolic compounds. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 54, 2897 – 2905. <https://doi.org/10.1021/jf052766u>
- De la Torre-Carbot, K., Jauregui, O., Gimeno, E., Castellote, A. I., Lamuela-Raventós, R. M., & López-Sabater, M. C. (2005). Characterization and quantification of phenolic compounds in olive oils by solid-phase extraction, HPLC-DAD, and HPLC-MS/MS. *Journal of agricultural and food chemistry*, 53(11), 4331–4340. <https://doi.org/10.1021/jf0501948>

- De Oliveira, S. (2011). Determinação da capacidade antirradicalar de produtos naturais utilizando-se a quimiluminescência do luminol e ensaios fotométricos com radicais estáveis. [Dissertação de Mestrado, Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Paulo - Brasil]. <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/46/46136/tde-05122011-114158/pt-br.php>
- De Souza Rocha, T., Hernández, LMR, Mojica, L., Johnson, MH, Chang, YK, & De Mejía, EG (2015). La germinación de *Phaseolus vulgaris* y la hidrólisis de alcalasa de sus proteínas produjeron péptidos bioactivos capaces de mejorar los marcadores relacionados con la diabetes tipo 2 in vitro. *Food Research International*, 76, 150-159. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.04.041>
- Decker, E., Warner, K., Richards, M. & Shahidi, F. (2005). Measuring antioxidant effectiveness in food. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(10), 4303-4310. <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf058012x>
- Domínguez i Pedrós, A. (2010). Estudio de la capacidad antioxidante de hojas de Ginkgo biloba. [Projecte/Treball Final de Carrera. UPC, Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona, Departament d'Enginyeria Química]. <http://hdl.handle.net/2099.1/10636>
- Duangpapeng, P., Lertrat, K., Lomthaisong, K., Paul Scott, M. & Suriharn, B. (2019). Variabilidad en Antocianinas, Compuestos Fenólicos y Capacidad Antioxidante en las Panojas de Germoplasma Colectado de Maíz Ceroso. *Agronomía*, 9(3), 158. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/agronomy9030158>
- Dueñas, M., Martínez-Villaluenga, C., Limón, RI, Peñas, E., & Frias, J. (2015). Efecto de la germinación y elicitación sobre la composición fenólica y la bioactividad del frijol. *Food Research International*, 70, 55-63. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.01.018>
- Ferron, L., Colombo, R., Mannucci, B. & Papetti, A. (2020). Un nuevo extracto de subproducto de la variedad italiana de maíz morado (Moradyn): actividades in vitro antiglicativas e hipoglicémicas y estudios preliminares de bioaccesibilidad.

*Moléculas* (Basilea, Suiza), 25(8), 1958.  
<https://doi.org/10.3390/molecules25081958>

Fogliano, V., Verde, V., Randazzo, G., & Ritieni, A. (1999). Method for measuring antioxidant activity and its application to monitoring the antioxidant capacity of wines. *Journal of agricultural and food chemistry*, 47(3), 1035–1040.  
<https://doi.org/10.1021/jf980496s>

Frankel, E. (2005). Lipid oxidation. 2da Ed. Oily Press Lipid Library Series. ISBN: 978-0-9531949-8-8

Fukamachi, K., Imada, T., Ohshima, Y., Xu, J., & Tsuda, H. (2008). Purple corn color suppresses Ras protein level and inhibits 7,12-dimethylbenz[a]anthracene-induced mammary carcinogenesis in the rat. *Cancer science*, 99(9), 1841–1846.  
<https://doi.org/10.1111/j.1349-7006.2008.00895.x>

Fukumoto, L. R. & Mazza, G. (2000). Assessing antioxidant and prooxidant activities of phenolic compounds. *Journal of agricultural and food chemistry*, 48(8), 3597–3604. <https://doi.org/10.1021/jf000220w>

Gabriel, M. (2019). Optimización del proceso de extracción de aceite de teberinto (*Moringa oleifera*) mediante método soxhlet. [Tesis de posgrado, Universidad Nacional de Callao – Perú]. <http://hdl.handle.net/20.500.12952/4396>

García Martínez, EM.; Fernández Segovia, I.; Fuentes López, A. (2015). Determinación de polifenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu. Publicado por la Universitat Politècnica de València. 1-9.  
<http://hdl.handle.net/10251/52056>

García-Campos, AU, Cruz-Monterrosa, RG, Rayas-Amor, AA, Jiménez-Guzmán, J., Fabela-Morón, MF, Salgado-Cruz, MDLP, Cortés-Sánchez, ADJ, Villanueva-Carvajal, A., & Díaz-Ramírez, M. (2020). Caracterización fisicoquímica del maíz criollo (*Zea mays* L.) (azul y rojo) del Estado de México/Caracterización físico-química de maíz (*Zea mays* L.) criollo (azul y rojo) del Estado de México. *AGROProductividad*, 13(7), 95.

<https://link.gale.com/apps/doc/A635134873/IFME?u=anon~45f2aed3&sid=googleScholar&xid=01d8876b>

- Gawlik-Dziki, U., Świeca, M., Sułkowski, M., Dziki, D., Baraniak, B., & Czyż, J. (2013). Antioxidant and anticancer activities of *Chenopodium quinoa* leaves extracts - in vitro study. *Food and chemical toxicology: an international journal published for the British Industrial Biological Research Association*, 57, 154-160. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2013.03.023>
- Gil, A. (2010). *Tratado de Nutrición: Composición y Calidad Nutritiva de los Alimentos*. (2a Ed.). España: Editorial Médica Panamericana. 786 p. ISBN: 9788498353471
- Giovannucci, E.; Ascherio, A.; Rimm, E. B.; Stampfer, M. J.; Colditz, G. A. & Willett, W. C. (1995). Intake of carotenoids and retinol in relation to risk of prostate cancer. *Journal of the National Cancer Institute*, 87(23), 1767–1776. <https://doi.org/10.1093/jnci/87.23.1767>
- González-Montoya, M., Hernández-Ledesma, B., Silván, JM, Mora-Escobedo, R., & Martínez-Villaluenga, C. (2018). Los péptidos derivados de la digestión gastrointestinal in vitro de proteínas de soja germinadas inhiben la proliferación y la inflamación de las células de cáncer de colon humano. *Química de los alimentos*, 242, 75-82. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.09.035>
- Gopalan, C., Rama Sastri, BV. & Balasubramanian, S. (2007). *Valor nutritivo de los alimentos indios*. Hyderabad: Instituto Nacional de Nutrición (NIN), ICMR
- Gorriti, A., Arroyo, J., Negrón, L., Jurado, B., Purizaca, H., Santiago, I., Taype, E. & Quispe, F. (2009). Antocianinas, fenoles totales y actividad antioxidante de las corontas del maíz morado (*Zea mays* L.): Método de extracción. *Bol Latinoam Caribe Plant Med Aromat*, 8(6): 509-518. <https://www.imbiomed.com.mx/articulo.php?id=61317>
- Graßmann, J. (2005). Terpenoids as Plant Antioxidants. *Vitamins and Hormones*, 72(05), 505–535. [https://doi.org/10.1016/S0083-6729\(05\)72015-X](https://doi.org/10.1016/S0083-6729(05)72015-X)

- Grobman, A., Bonavia, D., Dillehay, TD., Piperno, DR., Iriate, J. & Holst, I. (2012). Maíz precerámico de paredones y huaca prieta, Perú. *Proc. Nacional Academia Ciencia EE. UU.*, 109(5), 1755–1759. <https://doi.org/10.1073/pnas.1120270109>
- Guillén-Sánchez, Jhoseline, Mori-Arismendi, Sigry, & Paucar-Menacho, Luz María. (2014). Características y propiedades funcionales del maíz morado (*Zea mays* L.) var. subnigroviolaceo. *Scientia Agropecuaria*, 5(4), 211-217. <https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2014.04.05>
- Gullón, P., Eibes, G., Lorenzo, J.M., Rodríguez, N., Lú-Chau, TA. & Gullón, B. (2020). Green sustainable process to revalorize purple corn cobs within a biorefinery frame: Co-production of bioactive extracts. *Science of The Total Environment* 709: 136236. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136236>
- Gutiérrez, J. (2006). ¿Qué sabe usted acerca de los radicales libres? 4, *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 37(4). 69-73. <https://www.redalyc.org/pdf/579/57937409.pdf>
- Häkkinen, S. (2000). Flavonols and phenolic acids in berries and berry products. [Doctoral dissertation. Finlandia: Medical Sciences, Kuopio University]. [https://www.researchgate.net/publication/36190885\\_Flavonols\\_and\\_Phenolic\\_Acids\\_in\\_Berries\\_and\\_Berry\\_Products](https://www.researchgate.net/publication/36190885_Flavonols_and_Phenolic_Acids_in_Berries_and_Berry_Products)
- Han, Z., Wang, B., Tian, L., Wang, S., Zhang, J., Guo, S., Zhang, H., Xu, L. & Chen, Y. (2020). Análisis dinámico completo del transcriptoma en dos etapas de germinación de semillas en maíz (*Zea mays* L.). *Fisiol. Planta*, 168, 205–217. <https://doi.org/10.1111/ppl.12944>
- Haytowitz, D. & Bhagwat, S. (2010). USDA database for the oxygen radical absorbance capacity (ORAC) of selected foods, Release 2. US Department of Agriculture. 10-48. [https://www.orac-info-portal.de/download/ORAC\\_R2.pdf](https://www.orac-info-portal.de/download/ORAC_R2.pdf)
- He, J., & Giusti, M. M. (2010). Anthocyanins: natural colorants with health-promoting properties. *Annual review of food science and technology*, 1, 163–187. <https://doi.org/10.1146/annurev.food.080708.100754>

- Heras, I., Alvis, A. & Arrazola, G. (2013). Optimización del Proceso de Extracción de Antocianinas y Evaluación de la Capacidad Antioxidante de Berenjena (Solana melonera L.). *Información tecnológica*, 24(5), 93-102. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642013000500011>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. & Baptista Lucio, P. (2015). Metodología de la Investigación (Sexta ed.). México: Mc Graw Hill.
- Hu, F.; Wang Yi, B.; Zhang, W.; Liang, J.; Lin, C.; Li, D.; Wang, F.; Pang, D. & Zhao, Y. (2012). Carotenoids and breast cancer risk: a meta-analysis and meta-regression. *Breast cancer research and treatment*, 131(1), 239–253. <https://doi.org/10.1007/s10549-011-1723-8>
- Huang, D., Ou, B. & Prior, RL. (2005). La química detrás de los ensayos de capacidad antioxidante. *J. Agric Food Chem*, 53: 1841–1856 <https://doi.org/10.1021/jf030723c>
- Jing, P., & Giusti, M. M. (2007). Effects of extraction conditions on improving the yield and quality of an anthocyanin-rich purple corn (*Zea mays* L.) color extract. *Journal of food science*, 72(7), C363–C368. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00441.x>
- Jing, P., Noriega, V., Schwartz, S. J., & Giusti, M. M. (2007). Effects of growing conditions on purple corncob (*Zea mays* L.) anthocyanins. *Journal of agricultural and food chemistry*, 55(21), 8625–8629. <https://doi.org/10.1021/jf070755q>
- Kim, JT., Chung, IM., Kim, MJ. Jin-Seok, L., Beom-Young, S., Bae, HH., Go, ES., Sun-Lim, K., Seong-Bum, B., Kim, SH. & Yi, G. (2022). Comparación de ensayos de actividad antioxidante en maíz ceroso morado fresco (*Zea mays* L.) durante el llenado de grano. *Appl Biol Chem*, 65, 1. <https://doi.org/10.1186/s13765-021-00671-w>
- Kumar, D. & Jhariya, NA. (2013). Importancia nutricional, medicinal y económica del maíz: una mini revisión. *Revista de Investigación de Ciencias Farmacéuticas*, 2(7), 1-6. <http://www.isca.in/IJPS/Archive/v2/i7/2.ISCA-RJPcS-2013-029.pdf>

- Labuza, T. & McNally, L. (1972). Stability of intermediate moisture foods. 1. Lipid oxidation. *J Food*. [Internet]. Available from: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2621.1972.tb03408.x/abstract>
- Lao, F. & Giusti, MM. (2018). Extracción de pigmentos de mazorca de maíz morado (*Zea mays* L.) y compuestos fenólicos utilizando solventes aptos para alimentos. *Journal of Cereal Science*, 80, 87–93. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2018.01.001>
- Lao, F., Sigurdson, GT. & Giusti, MM. (2017). Beneficios para la salud de los compuestos fenólicos del maíz morado (*Zea mays* L.). compr. Rev. ciencia de los alimentos. *Revisiones completas en ciencia de los alimentos y seguridad alimentaria*, 16(2), 234–246. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12249>
- Lemmens, E., Moroni, AV., Pagand, J., Heirbaut, P., Ritala, A., Karlen, Y., Lê, K.-A., Van den Broeck, HC., Brouns, FJPH. & De Brier, N. (2019) Impacto de la germinación de semillas de cereales en sus propiedades nutricionales y tecnológicas: una revisión crítica. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 18, 305–328. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12414>
- López-Amorós, ML, Hernández, T., & Estrella, I. (2006). Efecto de la germinación sobre los compuestos fenólicos de las leguminosas y su actividad antioxidante. *Diario de composición y análisis de alimentos*, 19(4), 277-283. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2004.06.012>
- López-Martínez, LX., Leyva-López, N., Gutiérrez-Grijalva, EP. & Heredia, JB. (2017). Efecto de la cocción y germinación sobre compuestos bioactivos en legumbres y sus beneficios para la salud. *Función J. Alimentos*, 38, 624-634. <https://doi.org/10.1111/ppl.12944>
- Määttä-Riihinen, K. R., Kamal-Eldin, A., Mattila, P. H., González-Paramás, A. M., & Törrönen, A. R. (2004). Distribution and contents of phenolic compounds in eighteen Scandinavian berry species. *Journal of agricultural and food chemistry*, 52(14), 4477–4486. <https://doi.org/10.1021/jf049595y>

- Magaña-Cerino, JM., Peniche-Pavía, HA., Tiessen, A. & Gurrola-Díaz, CM. (2020). El maíz pigmentado (*Zea mays* L.) contiene antocianinas con potencial acción terapéutica contra el estrés oxidativo-Revisión. *Pol. J. Food Nutr. Sci*, 70(2), 85–99. <https://doi.org/10.31883/pjfn/113272>
- Mamilla, RK y Mishra, VK (2017). Efecto de la germinación sobre las actividades antioxidantes e inhibidoras de la ECA de las leguminosas. *Lwt*, 75, 51-58. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.08.036>
- Manrique Chávez, A. (1997). El maíz en el Perú. CONCYTEC. Lima, Perú.
- Mansilla, P.S., Nazar. M.C. & Pérez T.G. (2020). Flour functional properties of purple maize (*Zea mays* L.) from Argentina. Influence of environmental growing conditions. *International Journal of Biological Macromolecules* 146: 311-319. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.12.246>
- Mărgăoan, R.; Zăhan, M.; Mărghitaș, L.; Dezmirean, D.; Erler, S. & Bobiș, O. (2016). Antiproliferative activity and apoptotic effects of *Filipendula ulmaria* pollen against C26 mice colon tumour cells. *Journal of Apicultural Science*, 60(1) 135-144. <https://doi.org/10.1515/jas-2016-0014>
- Mazewski, C., Liang, K. & De Mejia, EG. (2017). Potencial inhibidor de extractos de maíz morado y rojo ricos en antocianinas sobre la proliferación de células de cáncer colorrectal humano in vitro. *Journal of Functional Foods*, 34, 254–265. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.04.038>
- Medina-Hoyos, A., Narro-León, L., & Chávez-Cabrera, A. (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*, 11(3), 291-299. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.03.01>
- Mensor, L. L., Menezes, F. S., Leitão, G. G., Reis, A. S., dos Santos, T. C., Coube, C. S., & Leitão, S. G. (2001). Screening of Brazilian plant extracts for antioxidant activity by the use of DPPH free radical method. *Phytotherapy research: PTR*, 15(2), 127–130. <https://doi.org/10.1002/ptr.687>

- Mex-Álvarez, R. M. J., Garma-Quen, R., Bolívar-Fernández, N. J., & Guillén-Morales, M.M. (2016). Análisis proximal y fitoquímico de cinco variedades de maíz del Estado de Campeche, México. *Revista Latinoamericana De Recursos Naturales*, 12(2), 74-80.  
<https://revista.itson.edu.mx/index.php/rlrn/article/view/254>
- MINAM. (2018). Línea de base de la diversidad genética del maíz peruano con fines de bioseguridad. Ministerio del Ambiente. Primera edición. Grupo Raso. Lima, Perú.
- Monroy, Y.M.; Rodrigues, R.A.F.; Sartoratto, A. & Cabral, F. (2020). Purple corn (*Zea mays* L.) pericarp hydroalcoholic extracts obtained by conventional processes at atmospheric pressure and by processes at high pressure. *Braz. J. Chem. Eng.* 37: 237-248. <https://doi.org/10.1007/s43153-020-00009-x>
- Moreno-Loaiza, O. & Paz-Aliaga, A. (2010). Efecto vasodilatador mediado por óxido nítrico del extracto hidroalcohólico de *Zea mays* L. (maíz morado) en anillos aórticos de rata. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, 27(4), 527-531.  
[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1726-46342010000400006&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342010000400006&lng=es&tlng=es)
- Mushtaq, BS., Al-Ansi, W., Dhungle, A., Haq, Fu., Mahdi, AA., Walayat, N., Manzoor, MS., Nawaz, A., Fan, M., Qian, H., Jinxin, L. & Wang, L. (2021). Influencia de los pretratamientos combinados con la extrusión sobre el ácido  $\gamma$ -aminobutírico, la composición nutricional y las propiedades fisicoquímicas del mijo cola de zorra (*Setaria italica*). *J. Ciencias de los cereales*, 102, 103359.  
<https://doi.org/10.1016/j.jcs.2021.103359>
- Neill, SO.; Gould, KS.; Kilmartin Mitchell, PA. & Markham, KR. (2002). Antioxidant activities of red versus green leaves in *Elatostema rugosum*. *Plant cell environment*, 25, 539–547. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3040.2002.00837.x>
- Nenadis, N. & Tsimidov, M. (2002). Observations on the estimation of scavenging activity of phenolic compound using rapid 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl.

(DPPH) Tests. *JAACS*, 79(12), 1191-1195.  
<http://lib3.dss.go.th/fulltext/Journal/J.AOCS/J.AOCS/2002/no.12/v.79n12p1191-1195.pdf>

Nieva-Echevarría, B., Manzanos, MJ, Goicoechea, E., & Guillén, MD (2015). 2, 6-Di-terc-butyl-hidroxitolueno y sus metabolitos en los alimentos. *Compr. Rev Food Sci Food Saf*, 14: 67-80. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12121>

Ohanenye, IC., Tsopmo, A., Ejike, C. & Udenigwe, CC. (2020). La germinación como bioproceso para mejorar la calidad y las perspectivas nutricionales de las proteínas de las legumbres. *Tendencias Ciencias de la alimentación. Tecnología*, 101, 213–222. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.05.003>

Orthofer, F., Eastman, J. & List, G. (2003). Aceite de maíz: composición, procesamiento y utilización. *Maíz: Química y tecnología*, (Ed. 2), 671-693.

Paladino, S. (2008). Actividad Antioxidante de los Compuestos Fenólicos contenidos en las semillas de la Vid (*Vitis vinífera* L.). [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza – Argentina]. <https://bdigital.uncu.edu.ar/2627>

Paucar-Menacho, L., Peñas, E., Dueñas, M., Frias, J. & Martínez-Villaluenga, C. (2017). Optimizing germination conditions to enhance the accumulation of bioactive compounds and the antioxidant activity of kiwicha (*Amaranthus caudatus*) using response surface methodology. *Revista LWT - Food Science and Technology*. 76(1), 245-252. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.07.038>.

Pedraza, M., Idrogo, G. & Pedraza, S. (2017). Densidad de siembra y comportamiento agronómico de tres razas de maíz morado (*Zea mays* L.). *Rev. ECIPerú* 14: 20-40. <https://doi.org/10.33017/RevECIPeru2017.0003/>

Perez, M. (2018). Comportamiento agronómico y contenido de antocianina de tres eco tipos de maíz morado (*Zea mays* L.) bajo condiciones semiáridas de Arequipa - 2013. [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Perú]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/11274/IAperomp%281%29.pdf?sequence=3&isAllowed=y#:~:text=Reino%3A%20Plantae%20Divisi>

[%C3%B3n%3A%20Magnoliophyta%20Clase,G%C3%A9nero%3A%20Zea%20Especie%3A%20Z](#)

- Pérez-Gálvez, A.; Viera, I. & Roca, M. (2020). Carotenoids and chlorophylls as antioxidants. *Antioxidants*, 9(6), 505. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/antiox9060505>
- Pinedo, T., Rodríguez, R. & Valverde, N. (2017). Niveles de fertilización en dos razas de maíz morado (*Zea mays* L.) en la localidad de Canaán-Ayacucho. Aporte Santiaguino 10: 39-50. <https://doi.org/10.32911/as.2017.v10.n1.181>
- Piñuel, L., Vilcacundo, E., Boeri, P., Barrio, DA., Morales, D., Pinto, A., Morán, R., Samaniego, I. & Carrillo, W. (2019). Extraction of protein concentrate from red bean (*Phaseolus vulgaris* L.): antioxidant activity and inhibition of lipid peroxidation. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*; 9(9); 45-58. <http://rid.unrn.edu.ar/handle/20.500.12049/4480>
- Quevedo, W. (2013). Maíz blanco urubamba (Blanco gigante Cusco). Manual técnico no. 13: Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). Cusco, Perú
- Quintanilla-Rosales, V., Galindo-Luna, K., Zavala-García, F., Pedroza-Flores J., Heredia, J., Urías-Orona, V., Muy-Rangel, M. & Niño-Medina, G. (2017). Fenólicos solubles de tipo flavonoide y capacidad antioxidante en genotipos criollos pigmentados de maíz (*Zea mays*). *ITEA Información Técnica Económica Agraria*, 113(4), 325-334. <http://doi.org/10.12706/itea.2017.020>
- Quispe Jacobo, Fredy, Arroyo Condorena, Karim, & Gorriti Gutiérrez, Arilmí. (2011). Características morfológicas y químicas de 3 cultivares de maíz morado (*Zea mays* L.) en Arequipa - Perú. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 77(3), 205-217. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1810-634X2011000300006&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2011000300006&lng=es&tlng=es)
- Quispe, C. & Chura, J. (2018). Línea de base de la diversidad genética del maíz peruano con fines de bioseguridad. Manual. Ministerio del ambiente. Lima, Perú. ISBN: 978-612-4174-31-5

- Rafael, E. (2017). Extracción y Cuantificación de Antocianinas de maíz morado (*Zea mays* L.) utilizando dos solventes a diferentes temperaturas y tiempos de extracción. [Tesis de pregrado. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca-Perú]. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/1726>
- Ramos-Escudero, F., Muñoz, A. M., Alvarado-Ortíz, C., Alvarado, Á., & Yáñez, J. A. (2012). Purple corn (*Zea mays* L.) phenolic compounds profile and its assessment as an agent against oxidative stress in isolated mouse organs. *Journal of medicinal food*, 15(2), 206–215. <https://doi.org/10.1089/jmf.2010.0342>
- Ranilla, L. G., Huamán-Alvino, C., Flores-Báez, O., Aquino-Méndez, E. M., Chirinos, R., Campos, D., Sevilla, R., Fuentealba, C., Pedreschi, R., Sarkar, D., & Shetty, K. (2019). Evaluation of phenolic antioxidant-linked in vitro bioactivity of Peruvian corn (*Zea mays* L.) diversity targeting for potential management of hyperglycemia and obesity. *Journal of food science and technology*, 56(6), 2909–2924. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03748-z>
- Ranilla, LG, Rios-Gonzales, BA, Ramírez-Pinto, MF, Fuentealba, C., Pedreschi, R., & Shetty, K. (2021). Análisis de Metabolitos Primarios y Fenólicos, Bioactividad In Vitro Relevante para la Salud y Características Físicas del Maíz Morado (*Zea mays* L.) Cultivado en Dos Puntos Geográficos Andinos. *Metabolitos*, 11 (11), 722. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/metabo11110722>
- Ranilla, LG., Cristóbal, A., Sarkar, D., Shetty, K., Chirinos, R. & Campos, D. (2017). Composición fenólica y evaluación de la actividad antimicrobiana de las fracciones fenólicas libres y ligadas de una accesión de maíz morado peruano (*Zea mays* L.). *Revista de ciencia de los alimentos*, 82, 2968-2976. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13973>
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free radical biology & medicine*, 26(9-10), 1231–1237. [https://doi.org/10.1016/s0891-5849\(98\)00315-3](https://doi.org/10.1016/s0891-5849(98)00315-3)

- Reilly, PM & Bulkley, GB. (1990). Daño tisular por radicales libres y otros metabolitos tóxicos del oxígeno. *British Journal of Surgery*, volumen 77(12), páginas 1323–1324, <https://doi.org/10.1002/bjs.1800771203>
- Robbins, R. (2003). Phenolic acids in foods: an overview of analytical methodology. *J. Agric. Química alimentaria*, 51(10), 2866–2887. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf026182t>
- Saito, M., Sakagami, H., & Fujisawa, S. (2003). Cytotoxicity and apoptosis induction by butylated hydroxyanisole (BHA) and butylated hydroxytoluene (BHT). *Anticancer research*, 23(6C), 4693–4701. <https://europepmc.org/article/med/14981915>
- Salinas Moreno, Yolanda, García Salinas, Carolina, Coutiño Estrada, Bulmaro, & Vidal Martínez, Víctor A. (2013). Variabilidad en contenido y tipos de antocianinas en granos de color azul/morado de poblaciones mexicanas de maíz. *Revista fitotecnia mexicana*, 36(Supl. 3-a), 285-294. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-73802013000500005&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802013000500005&lng=es&tlng=es)
- Sen, C. K., Khanna, S., & Roy, S. (2006). Tocotrienols: Vitamin E beyond tocopherols. *Life sciences*, 78(18), 2088–2098. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2005.12.001>
- Seo, A. & Morr, C. (1984). Improved high-performance liquid chromatographic analysis of phenolic acids and isoflavonoids from soybean protein products. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 32, 530 – 533. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US8504329>
- Shah, TR., Prasad, K. & Kumar, P. (2015). Estudios de características fisicoquímicas y funcionales de harina de frijol espárrago y harina de maíz. En GC Mishra (Ed.), *Marco conceptual e innovaciones en agroecología y ciencias de la alimentación* (1st ed., pp. 103-105). Nueva Delhi: Publicaciones Krishi Sanskriti
- Sheng, S., Li, T. & Liu, R.H. (2018). Corn phytochemicals and their health benefits. *Food Science and Human Wellness* 7: 185-195. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2018.09.003>

- Simla, S., Boontang, S. & Harakotr, B. (2016). Anthocyanin content, total phenolic content, and antiradical capacity in different ear components of purple waxy corn at two maturation stages. *Australian Journal of Crop Science*, 10(5): 675-682. [http://www.cropj.com/harakotr\\_10\\_5\\_2016\\_675\\_682.pdf](http://www.cropj.com/harakotr_10_5_2016_675_682.pdf)
- Singleton, VL, Orthofer, R. & Lamuela-Raventos, RM. (1999) Análisis de Fenoles Totales y Otros Sustratos de Oxidación y Antioxidantes Mediante el Reactivo de Folin-Ciocalteu. *Métodos en Enzimología*, 299, 152-178. [http://dx.doi.org/10.1016/S0076-6879\(99\)99017-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99017-1)
- Slimestad, R., Vangdal, E., & Brede, C. (2009). Analysis of phenolic compounds in six Norwegian plum cultivars (*Prunus domestica* L.). *Journal of agricultural and food chemistry*, 57(23), 11370–11375. <https://doi.org/10.1021/jf902054x>
- Sokrab, AM., Ahmed, IAM. & Babiker, EE. (2012). Efecto de la germinación sobre factores antinutricionales, minerales totales y extraíbles de genotipos de maíz alto y bajo en fitato (*Zea mays* L.). *J. Arabia Soc. agrícola ciencia*, 11, 123–128. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2012.02.002>
- Stronen, A. V., Norman, A. J., Vander Wal, E. & Paquet, P. C. (2022). The relevance of genetic structure in ecotype designation and conservation management. *Evolutionary Applications*, 15, 185–202. <https://doi.org/10.1111/eva.13339>
- Tarone, AG.; Cazarin, CBB.; & Junior, MRM. (2020). Anthocyanins: New techniques and challenges in microencapsulation. *Food Research International*, 133, 109092. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109092>
- Tian, X. Z., Paengkoum, P., Paengkoum, S., Chumpawadee, S., Ban, C., & Thongpea, S. (2019). Short communication: Purple corn (*Zea mays* L.) stover silage with abundant anthocyanins transferring anthocyanin composition to the milk and increasing antioxidant status of lactating dairy goats. *Journal of dairy science*, 102(1), 413–418. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15423>
- Tian, X., Xin, H., Paengkoum, P., Paengkoum, S., Ban, C., & Sorasak, T. (2019). Effects of anthocyanin-rich purple corn (*Zea mays* L.) stover silage on nutrient utilization, rumen fermentation, plasma antioxidant capacity, and mammary

- gland gene expression in dairy goats1. *Journal of animal science*, 97(3), 1384–1397. <https://doi.org/10.1093/jas/sky477>
- Tomay, F., Marinelli, A., Leoni, V., Caccia, C., Matros, A., Simulacro, HP., Tonelli, C. & Petroni, K. (2019). El extracto de maíz morado induce una reprogramación duradera y un cambio fenotípico M2 de los macrófagos del tejido adiposo en ratones obesos. *Journal of Translational Medicine*, 17, 1-14. <https://doi.org/10.1186/s12967-019-1972-6>
- Valle, M., García, J., Laos, D., Yarasca, C., Loyola, E. & Surco-Laos, F. (2019). Análisis proximal y cuantificación de antocianinas totales en Zea mays variedad morada sometido a diferentes procesos de secado. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 85(1), 109-115. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1810-634X2019000100011&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2019000100011&lng=es&tlng=es)
- Vásquez, V., Piña, P., Medina, A., Cabrera, H., Seminario, A., Jiménez, L. & Seminario, J. (2020). Contenido de antocianinas en coronta y brácteas de seis cultivares de maíz morado (*Zea mays* L.) del Perú. *Manglar*, 17(4): 353-358. <http://dx.doi.org/10.17268/manglar.2020.053>
- Vilcacundo, E., García, A., Vilcacundo, M., Morán, R., Samaniego, I., & Carrillo, W. (2020). Concentrado de proteína antioxidante de maíz morado a partir de semillas germinadas de maíz morado andino. *Agronomía*, 10(9), 1282. <https://doi.org/10.3390/agronomy10091282>
- Vilcacundo, R., Barrio, D. A., Piñuel, L., Boeri, P., Tombari, A., Pinto, A., Welbaum, J., Hernández-Ledesma, B., & Carrillo, W. (2018b). Inhibition of Lipid Peroxidation of Kiwicha (*Amaranthus caudatus*) Hydrolyzed Protein Using Zebrafish Larvae and Embryos. *Plants (Basel, Switzerland)*, 7(3), 69. <https://doi.org/10.3390/plants7030069>
- Vilcacundo, R., Barrio, D., Carpio, C., García-Ruiz, A., Rúaless, J., Hernández-Ledesma, B., & Carrillo, W. (2017). Digestibilidad del concentrado de proteína de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y su potencial para inhibir la

peroxidación lipídica en el modelo de larvas de pez cebra. *Alimentos vegetales para la nutrición humana*, 72(3), 294-300. <https://doi.org/10.1007/s11130-017-0626-1>

Vilcacundo, R., Miralles, B., Carrillo, W., & Hernández-Ledesma, B. (2018a). In vitro chemopreventive properties of peptides released from quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) protein under simulated gastrointestinal digestion. *Food research international (Ottawa, Ont.)*, 105, 403–411. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.11.036>

Wang, XF., Jing, XM. & Lin, J. (2005). Movilización de almidón en semilla ultraseca de maíz (*Zea mays* L.) durante la germinación. *J. Integr. Biol. vegetal*, 47, 443–451. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7909.2005.00088.x>

Zhang, Q., Gonzalez de Mejia, E., Luna-Vital, D., Tao, T., Chandrasekaran, S., Chatham, L., Juvik, J., Singh, V., & Kumar, D. (2019). Relationship of phenolic composition of selected purple maize (*Zea mays* L.) genotypes with their anti-inflammatory, anti-adipogenic and anti-diabetic potential. *Food chemistry*, 289, 739–750. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.03.116>

## **Apéndice**

## Apéndice 1. Matriz de consistencia

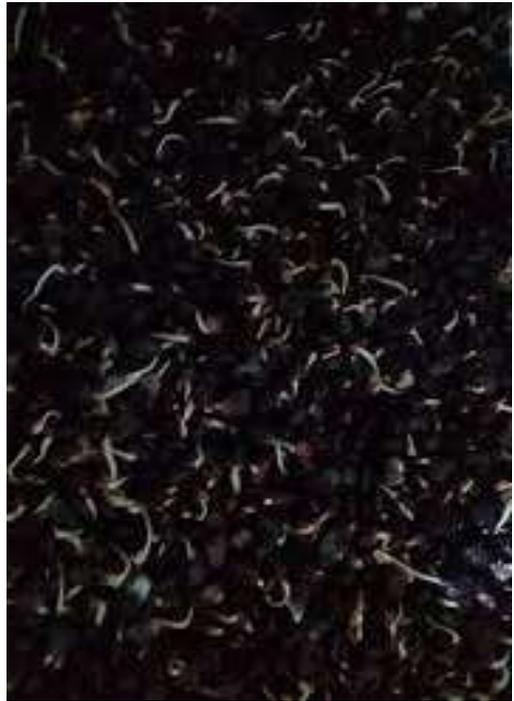
### “Efecto del germinado en la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos del grano del maíz morado (*Zea mays* L.)”

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicador	Actividades y protocolos
<b>Problema general</b>	<b>Objetivo general</b>				
¿Cuál será el efecto del germinado en las propiedades fisicoquímicas en el grano del maíz morado ( <i>Zea mays</i> L.)?	Evaluar el efecto del germinado en las propiedades fisicoquímicas en el grano del maíz morado ( <i>Zea mays</i> L.).				<b>Tipo de Investigación:</b> Experimental
<b>Problemas específicos</b>	<b>Objetivos específicos</b>				
¿Cuál será la composición químico proximal en el grano del maíz morado antes y posterior al germinado?	Determinar la composición químico proximal en el grano del maíz morado antes y posterior al germinado.	El germinado si tendrá efecto en las características fisicoquímicas de maíz morado.	<b>Independiente</b>	Peso en g  %	<b>Nivel de investigación:</b> Descriptivo
¿Cuál será la capacidad antioxidante en el grano del maíz morado antes y posterior al germinado?	Determinar la capacidad antioxidante en el grano del maíz morado antes y posterior al germinado.		<b>Dependiente</b>		<b>Método de investigación:</b> Experimental - Científico
¿Cuál será la concentración de polifenoles totales en el grano del maíz morado antes y posterior al germinado?	Determinar la concentración de polifenoles totales en el grano del maíz morado antes y posterior al germinado.		✓ Granos de maíz		
			✓ Características fisicoquímicas.		

## Apéndice 2. Testimonio fotográfico



*Fotografía 1. Maíz morado procedente del distrito de Pomacocha.*



*Fotografía 2. Germinado del maíz morado.*



*Fotografía 3. Deshidratación del maíz morado germinado.*



*Fotografía 4. Determinación de cenizas.*

### Apéndice 3. Certificados de análisis



#### INFORME DE ENSAYO N° 0847-2022

SOLICITANTE : Betsy Apace Davila

**CERTIFICACIONES NACIONALES DE ALIMENTOS S.A.C. –CENA S.A.C.-INFORMA:**  
 HABER ANALIZADO LA SIGUIENTE MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE

PRODUCTO DECLARADO : MAIZ MORADO (Zea mayz L.)  
 NUMERO DE SOLICITUD : 0374-2022  
 CANTIDAD DE MUESTRA RECIBIDA : 300 g  
 CONDICIONES DE RECEPCION : ENVASADO, EN APARENTE BUEN ESTADO  
 FECHA DE RECEPCION DE LA MUESTRA : 09 DE NOVIEMBRE DE 2022  
 FECHA DE INICIO DE ENSAYOS : 09 DE NOVIEMBRE DE 2022  
 FECHA DE TERMINO DE ENSAYOS : 18 DE NOVIEMBRE DE 2022

CON LOS SIGUIENTES RESULTADOS:

#### ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS (100 g)

ANÁLISIS	RESULTADO 1	RESULTADO 2
Humedad	11,70 %	11,68 %
Proteína	7,31 %	7,33 %
Ceniza	1,55 %	1,52 %
Grasa	3,60 %	3,58 %
Carbohidratos	75,84 %	75,89 %
Energía total	365,00 Kcal/100g	365,10 Kcal/100g
Concentración de Polifenoles Totales	39,03 mg ácido gálico/100g	38,98 mg ácido gálico/100g
Concentración de antocianinas (mg/g)	15,09	15,13

#### MÉTODOS DE ENSAYO

1. HUMEDAD: FAD FOOD AND NUTRITION PAPER VOL.147 PAG. 205- 1985
2. PROTEÍNA: FAD FOOD AND NUTRITION PAPER VOL.147 PAG. 221-223-1986
3. CENIZA: FAD FOOD AND NUTRITION PAPER VOL. 147 PAG. 228- 1986
4. GRASA: FAD FOOD AND NUTRITION PAPER VOL.147 PAG. 232- 1986
5. CARBOHIDRATOS: CÁLCULO
6. ENERGÍA TOTAL: CÁLCULO
7. CONCENTRACIÓN DE POLIFENOLES TOTALES: MÉTODO DE POLI- GICOLATEU (FC)
8. CONCENTRACIÓN DE ANTOCIANINAS: MÉTODO ESPECTROMETRÍA

#### CONDICIONES

- Prohíbase la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CENA S.A.C.
- Este informe de ensayo es válido exclusivamente para los requeridos indicados, no pudiendo ser objeto de aplicación o extrapolación a otras características que no se indican de la muestra, ni pudiendo extenderse sus conclusiones a ninguna otra muestra que no haya intervenido en la recepción, ensayo y cantidad recibida.
- Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad, con normas de producto como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo emite.
- El empaque, las condiciones de muestra, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso a CENA S.A.C. son de responsabilidad del Solicitante.

HUANCAYO, 18 DE NOVIEMBRE DE 2022.

CENA S.A.C.  
  
 Ing. Blanca Roque Lima  
 CIP. 167375

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN DE ESTE DOCUMENTO

Dirección: Jr. Magdalena N° 120 San Carlos - Huancayo  
 E-mail: cenasaclaboratorio@hotmail.com / cenasaclab@gmail.com  
 Telf: 064 - 216693 - Cel.: 976088244 - 980043301  
 FB. cenasaclaboratorio@hotmail.com

Página 1 de 1

## Apéndice 4. Certificados de análisis



### CERTIFICACIONES NACIONALES DE ALIMENTOS SAC INFORME DE ENSAYO N° 0848-2022

SOLICITANTE : BETSY APACE DAVILA

**CERTIFICACIONES NACIONALES DE ALIMENTOS S.A.C. –CENA S.A.C.-INFORMA:**  
HABER ANALIZADO LA SIGUIENTE MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE.

PRODUCTO DECLARADO : GERMINADO DE MAIZ MORADO (Zea mayz L.)  
 NUMERO DE SOLICITUD : 0375-2022  
 CANTIDAD DE MUESTRA RECIBIDA : 300 g  
 CONDICIONES DE RECEPCION : ENVASADO, EN APARENTE BUEN ESTADO  
 FECHA DE RECEPCION DE LA MUESTRA : 09 DE NOVIEMBRE DE 2022  
 FECHA DE INICIO DE ENSAYOS : 09 DE NOVIEMBRE DE 2022  
 FECHA DE TERMINO DE ENSAYOS : 18 DE NOVIEMBRE DE 2022

CON LOS SIGUIENTES RESULTADOS:

#### ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS (100 g)

ANÁLISIS	RESULTADO 1	RESULTADO 2
Humedad	19,30 %	19,43 %
Proteína	7,88 %	7,85 %
Ceniza	1,62 %	1,64%
Grasa	3,80 %	3,77 %
Carbohidratos	67,40 %	67,31 %
Energía total	335,32 Kcal/100g	334,57 Kcal/100g
Concentración de Polifenoles Totales	40,97 mg ácido gálico/100g	40,94 mg ácido gálico/100g
Concentración de antocianinas (mg/g)	19,21	19,26

#### METODO DE ENSAYO

1. HUMEDAD: FAO FOOD AND NUTRITION PAPER VOL 147 PAG. 205-1985
2. PROTEINA: FAO FOOD AND NUTRITION PAPER VOL 147 PAG. 231-228-1086
3. CENIZA: FAO FOOD AND NUTRITION PAPER VOL 147 PAG. 209-1086
4. GRASA: FAO FOOD AND NUTRITION PAPER VOL 147 PAG. 312-1866
5. CARBOHIDRATOS: CALCULO
6. ENERGIA TOTAL: CALCULO
7. CONCENTRACION DE POLIFENOLOS TOTALES: METODO DE POLIN-DICHALETU (PC)
8. CONCENTRACION DE ANTOCIANINAS: METODO ESPECTROMETRIA

#### CONDICIONES

- Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, en la autorización escrita de CENA S.A.C.
- Este informe de ensayo es válido exclusivamente para los resultados indicados, no pudiendo sealternarse implícita o explícitamente a otras características que no se indican de la muestra, no pudiendo adelantarse sus conclusiones a ninguna otra muestra que no haya intervenido en la recepción, ensayo y análisis recibida.
- Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad, por nombre de producto como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso a CENA S.A.C. son de responsabilidad del Solicitante.

HUANCAYO, 18 DE NOVIEMBRE DE 2022.

CENA S.A.C.  
  
 Ing. Blanca Roque Lima  
 CIP: 167375

Página 1 de 1

Dirección: Jr. Magdalena N° 120 San Carlos - Huancayo ■  
 E-mail: [cenasaclaboratorio@hotmail.com](mailto:cenasaclaboratorio@hotmail.com) / [cenasaclab@gmail.com](mailto:cenasaclab@gmail.com) ■  
 Telf: 064 - 216693 - Cel.: 976086244 - 980043301 ■  
 FB: [cenasaclaboratorio@hotmail.com](https://www.facebook.com/cenasaclaboratorio) ■

PROHIBIDA LA REPRODUCCION DE ESTE DOCUMENTO