



# **UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD**

**PROGRAMA ACADÉMICO DE NUTRICIÓN Y DIETÉTICA**

**Cantidad de antocianina y su capacidad antioxidante en concentrados, extractos y bebidas tradicionales preparadas con maíz morado (Zea mays L.)**

## **TESIS**

Para optar el título profesional de Licenciado en Nutrición y Dietética

### **AUTOR(ES)**

Contreras Barbarán, María Alejandra  
Guzmán Torres, Andrea Johanna

0000-0002-8513-3317  
0000-0002-2539-5251

### **ASESOR(ES)**

Sánchez Castro, Ana Elena Guadalupe  
Peñaranda Manrique, Katherin Lizet

0000-0003-3861-3083  
0000-0002-5109-4735

**Lima, 19 de abril de 2024**

## **DEDICATORIA**

*A mis padres Luis y Delia que siempre han sabido guiarme y acompañarme incondicionalmente, por su amor y siempre confiar en mí. A mis hermanos, quienes alegraron mis días en la universidad a pesar de la distancia. Para mis abuelos Justina y Jimmy que siempre estuvieron a mi lado, y, que, a pesar de que uno de ellos ya no está presente, su cariño y apoyo estará siempre en mi vida. Por último, a mi compañera de tesis por su esfuerzo, compromiso y lealtad en este camino.*

### **María Alejandra Contreras Barbarán**

*Dedicado a mi abuela Maruja y a mi madre Ana María, que siempre soñaron con este momento y aunque la vida no lo hizo posible, sé que desde el cielo ellas están orgullosas de lo logrado. A mi padre, a mis hermanos, y a mi pareja por su amor incondicional y su confianza en mí. A mi hijo Lukas que siempre ha sido mi motor y motivo para seguir adelante. Por último, a mi compañera de tesis que sin su apoyo constante e incondicional hemos logrado concluir nuestro trabajo.*

### **Andrea Johanna Guzmán Torres**

*Del mismo modo, dedicamos nuestro trabajo a Katherin Peñaranda y Ana Sánchez, nuestras asesoras, por sus consejos y por toda su ayuda para concluir esta tesis.*

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por su bendición diaria, por su guía a lo largo de nuestra vida y ser la ayuda y fortaleza en aquellos momentos difíciles y debilidad.

A nuestra familia por ser los principales motores de nuestros sueños y anhelos, por su confianza en nosotras y creer en nuestras metas, por toda su sabiduría, enseñanzas y principios que hasta el día de hoy nos vienen inculcando.

A todos nuestros maestros de la Escuela de Nutrición y Dietética de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, por habernos compartido sus conocimientos a lo largo de nuestra preparación profesional y de manera especial a nuestras asesoras Katherin Peñaranda y Ana Elena Sánchez, por habernos guiado y brindado su apoyo incondicional durante el proceso de este trabajo.

## RESUMEN

**Introducción:** El maíz morado es consumido desde la época prehispánica y con una influencia establecida en las tradiciones y la cultura peruana. Existen diferentes formas de consumo a base de maíz morado como bebidas tradicionales, extractos y concentrados, pueden variar en su contenido de antocianinas debido a diferentes factores durante el procesamiento. En ese sentido, el estudio determinó la variación en la cantidad de antocianinas y su capacidad antioxidante en bebidas tradicionales de maíz morado (CMT y CMTA), bebidas de extracto de maíz morado (ECM y ECMA) y bebidas de extracto de granos enteros (ECG y ECGA) en comparación con la bebida de concentrado de chicha morada (CMM) como control del grupo sin ingredientes y la bebida de control de ingredientes (CA).

**Materiales y métodos:** Se evaluó la cantidad de antocianinas y la capacidad antioxidante de la bebida tradicional de maíz morado, extracto de maíz morado y concentrado de maíz morado. Para definir la cantidad de antocianinas se utilizó el método de pH diferencial y para la capacidad antioxidante el método de difenilpicrilhidracilo (DPPH).

**Resultado:** El mayor contenido de antocianinas totales ( $456.86 \pm 91.04$  mg/mL) y capacidad antioxidante ( $78.18 \pm 30.86$  de Inhibición) se observó en la bebida ECMI.

**Conclusiones:** El extracto de granos de maíz morado con ingredientes (ECMA) mostró tener mayor cantidad de antocianinas y mayor capacidad antioxidante a comparación del concentrado de chicha morada (CMM), evidenciándose la variación del contenido de antocianinas debido a los procesos térmicos en el procesamiento. Por ello, se recomienda realizar futuras investigaciones para poder establecer un posible rol en la nutrición humana de la chicha morada tradicional, concentrado de chicha morada y extracto de coronta de maíz morado ante posibles beneficios en la prevención de patologías crónicas.

**Palabras clave:** Maíz morado, antocianinas, capacidad antioxidante, bebidas

## ABSTRACT

**Introduction:** Purple corn has been consumed since pre-Hispanic times and with an established influence on Peruvian traditions and culture. There are different forms of consumption based on purple corn such as traditional drinks, extracts and concentrates, they can vary in their anthocyanin content due to different factors during processing. In this sense, the study determined the variation in the amount of anthocyanins and their antioxidant capacity in traditional purple corn drinks (CMT and CMTA), purple corn extract drinks (ECM and ECMA) and whole grain extract drinks (ECG and ECGA) compared with the concentrated drink of chicha morada (CMM) as a control for the group without ingredients and the control drink with ingredients (CA) as a control for the group with ingredients.

**Materials and methods:** The number of anthocyanins and the antioxidant capacity of the traditional purple corn drink, purple corn extract and purple corn concentrate were evaluated. The differential pH method was used to determine the amount of anthocyanins and the diphenylpicrylhydrazil (DPPH) method for antioxidant capacity.

**Result:** The highest total anthocyanin content ( $456.86 \pm 91.04$  mg/mL) and antioxidant capacity ( $78.18 \pm 30.86$  % Inhibition) was observed in the ECMA drink.

**Conclusions:** The extract of purple corn grains with ingredients (ECMA) presented a higher amount of anthocyanins and greater antioxidant capacity compared to the chicha morada concentrate (CMM), evidencing the variation in the anthocyanin content due to thermal processes in the processing. Therefore, future research is recommended to establish a possible role in human nutrition of traditional chicha morada, chicha morada concentrate and purple corn crown extract in light of their possible benefits in the prevention of chronic pathologies.

**Keywords:** Purple corn, anthocyanins, antioxidant capacity, beverages

# N° 11835\_Contreras Barbarán, María Alejandra\_Cantidad de antocianina y su capacidad antioxidante en concentrados, extractos y

## INFORME DE ORIGINALIDAD

22%

INDICE DE SIMILITUD

21%

FUENTES DE INTERNET

14%

PUBLICACIONES

9%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1

[hdl.handle.net](https://hdl.handle.net)

Fuente de Internet

5%

2

[repositorioacademico.upc.edu.pe](https://repositorioacademico.upc.edu.pe)

Fuente de Internet

2%

3

[docplayer.es](https://docplayer.es)

Fuente de Internet

1%

4

[cybertesis.unmsm.edu.pe](https://cybertesis.unmsm.edu.pe)

Fuente de Internet

1%

5

"Efecto de la adición integrada de un extracto de coronta de maíz morado (*Zea mays* L.) obtenido mediante extracción con líquidos calientes presurizados sobre el contenido de contaminantes neoformados en galletas saladas", Pontificia Universidad Católica de Chile, 2023

Publicación

1%

6

[tesis.ucsm.edu.pe](https://tesis.ucsm.edu.pe)

Fuente de Internet

1%

## TABLA DE CONTENIDOS

|   |    |
|---|----|
| 1. INTRODUCCIÓN                             | 1  |
| 2. OBJETIVOS                                | 3  |
| OBJETIVO GENERAL                            | 3  |
| OBJETIVOS ESPECÍFICOS                       | 3  |
| 3. MATERIALES Y MÉTODOS                     | 3  |
| Tipo de estudio                             | 3  |
| Recolección de la muestra                   | 3  |
| Preparación de las muestras                 | 6  |
| Procesamiento de las muestras               | 10 |
| Cuantificación de antocianinas              | 13 |
| Cuantificación de la capacidad antioxidante | 11 |
| Análisis bioinformático                     | 12 |
| 4. RESULTADOS                               | 13 |
| Resultados descriptivos                     | 13 |
| Cuantificación de antocianinas              | 15 |
| Cuantificación de la capacidad antioxidante | 19 |
| 4. DISCUSIONES                              | 23 |
| 5. CONCLUSIÓN                               | 27 |
| 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS               | 29 |
| 7. ANEXO                                    | 34 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabla 1.</b> Formas de consumo de las muestras   | 4  |
| <b>Tabla 2.</b> Tabla de características de la materia prima  | 15 |
| <b>Tabla 3.</b> Concentración de antocianinas de cada muestra                                       | 17 |
| <b>Tabla 4.</b> Resultados de la comparación de la cantidad de antocianinas entre grupos de muestra | 18 |
| <b>Tabla 5.</b> Resultados de la capacidad antioxidante de cada muestra                             | 21 |
| <b>Tabla 6.</b> Resultados del % Inhibición de cada muestra   | 22 |



## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1.</b> Lugar de muestreo  | 5  |
| <b>Figura 2.</b> Materia prima para la preparación de bebidas   | 5  |
| <b>Figura 3.</b> Forma de preparación de la Bebida tradicional de maíz morado ( <i>Zea mays L.</i> ). | 7  |
| <b>Figura 4.</b> Forma de preparación del extracto de granos de maíz morado ( <i>Zea mays L.</i> ).   | 8  |
| <b>Figura 5.</b> Forma de preparación del Extracto de Corontas de Maíz morado ( <i>Zea mays L.</i> ). | 9  |
| <b>Figura 6.</b> Forma de preparación del concentrado de maíz morado ( <i>Zea mays L.</i> ).          | 10 |
| <b>Figura 7.</b> Forma de preparación del control de ingredientes                                     | 11 |
| <b>Figura 8.</b> Coloración de las bebidas de maíz morado y coronta                                   | 15 |
| <b>Figura 9.</b> Proceso de recolección y análisis de las muestras                                    | 16 |
| <b>Figura 10.</b> Cuantificación de antocianinas totales  | 19 |
| <b>Figura 11.</b> Capacidad Antioxidante DPPH   | 23 |

## 1. INTRODUCCIÓN

Las antocianinas son antioxidantes dietéticos que forman parte de los alimentos y plantas de consumo humano (1,2). Asimismo, es uno de los pigmentos solubles en agua que dan coloraciones que van del rojo al azul en el reino vegetal (3). Su actividad antioxidante radica en que pueden actuar contra los radicales libres, los cuales son capaces de causar estrés oxidativo sobre las diferentes macromoléculas y al material genético, inhibiendo su estructura y función (4,6). Los compuestos antioxidantes pueden prevenir los efectos adversos de las especies reactivas de oxígeno (ROS), sobre las funciones fisiológicas normales de los humanos (5). Esta función presenta grandes beneficios para la salud humana como, la prevención de enfermedades coronarias, efectos antitumorales, anticancerígenos, antiinflamatorios, prevención de diabetes tipo II y la optimización de la agudeza visual y del comportamiento cognitivo (7,8). Se han identificado alimentos vegetales que contienen mayor contenido de antocianinas, tales como el rábano, la uva, la col y el maíz morado (7,9).

El maíz morado (*Zea mays L*) es una mazorca originaria de países de Latinoamérica como México, Bolivia y Perú (9). En los últimos años se introdujo en muchos países por los pigmentos de este fruto (9,10). Entre los pigmentos, con mayor proporción están las antocianinas del pericarpio del grano, con un contenido de unas diez veces mayor cantidad de antocianina que otras plantas (8,10). El elevado contenido de antocianinas en el maíz morado promueve beneficios en la salud para la prevención de patologías crónicas diversas. Se considera al maíz morado como un agente quimioterapéutico debido a la presencia del compuesto 3- glucósido de cianidina en el grano del alimento (11). El compuesto mencionado es la principal antocianina contenida en el maíz morado asociado a la supresión de 7,12-dimetilbenzantraceno (12), compuesto que induce a la carcinogénesis mamaria (13). Adicionalmente, el extracto de maíz morado logró atenuar la inflamación del tejido adiposo *in vivo* y suprimir la producción de citoquinas, mencionando como un valioso suplemento de los trastornos asociados con la obesidad. Sin embargo, la forma de consumo de esta mazorca es usualmente como bebida y no como grano (14).

En la costa peruana, principalmente en verano, esta mazorca tiene mayor demanda de consumo, por lo que se considera uno de los alimentos más importantes de la dieta peruana (15,16). Se usa con mayor frecuencia para elaborar bebidas, como la chicha morada tradicional o la mazamorra morada como postre típico (9). La chicha morada es considerada como una bebida tradicional del Perú desde la época prehispánica y fue consumida en la antigüedad con fines medicinales y ceremoniales (17). Un estudio utilizó la coronta del maíz morado en una proporción del 20%, administrada en forma de chicha morada, demostró la disminución de los niveles de triglicéridos, colesterol total (18) y colesterol LDL en animales de experimentación (19). Por otro lado, la ingesta de concentrados a base de maíz morado ha ido incrementando su producción y posterior distribución desde el año 2015 debido a la tendencia positiva de consumo de productos naturales que a su vez sean de fácil preparación sin alterar su sabor característico. Debido al aumento en el consumo de concentrados de fruta en el Perú del 11% desde el 2015 al 2020, este tipo de bebida ocupa el tercer lugar en ventas después de las bebidas carbonatadas (20). Además, se ha identificado en extractos simples de maíz morado altas concentraciones de antocianinas, indicando que formas de consumo tradicionales y concentrados comerciales podrían relacionarse con efectos quimiopreventivos (21,22). Sin embargo, los extractos de coronta de maíz morado no son consumidos en el Perú, pero para fines experimentales, se decidió utilizar las corontas debido a que, según la literatura, este componente del maíz morado contiene mayor cantidad de antocianinas y estas, podrían aportar sus beneficios sin aspectos negativos como el azúcar (8,10). Estas bebidas frecuentemente consumidas en el Perú podrían presentar variaciones en la capacidad antioxidante dependiendo del procedimiento de elaboración (3).

La pérdida de antocianinas puede variar dependiendo del procesamiento al que es sometido el alimento, como el incremento de pH, la concentración de oxígeno y de temperatura (3). En particular, las altas temperaturas ocasionan oxidación, degradación del color y reducción del valor nutricional del alimento, ocasionando que la estabilidad de las antocianinas varíe dependiendo de la conservación (factor relevante durante la elaboración de bebidas o extractos) y de la calidad del alimento con relación a tipos de antocianinas (3,23,24). Por ello se plantea evaluar la cantidad de antocianina y su poder antioxidante en las principales formas de consumo en el

Perú como los extractos, bebidas tradicionales y concentrados de chicha morada.

## **2.OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVO GENERAL**

Determinar la variación en la cantidad de antocianinas y capacidad antioxidante de las bebidas tradicionales de maíz morado, extractos de maíz morado y concentrados de chicha morada

### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Obtener un extracto etanólico de antocianinas totales.
- Evaluar la cantidad de antocianinas en las tres diferentes formas de consumo.
- Evaluar la capacidad antioxidante de las antocianinas en las tres diferentes formas de consumo.
- Comparar las tres formas de consumo según la cantidad de antocianinas totales y su capacidad antioxidante.

## **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **3.1. Tipo de estudio**

El presente estudio es de enfoque cuantitativo y de diseño experimental, con investigación en las áreas de bioquímica relacionada a alimentos, ya que se analizó la capacidad antioxidante con respecto a las antocianinas del maíz morado.

### **3.2. Recolección de la muestra**

Se analizaron tres tipos de bebidas a base de maíz morado y conjuntamente cada tipo de bebida con ingredientes adicionales (ingredientes) que se agregaron a la chicha morada, para identificar el efecto de ingredientes en la medición, considerando un consumo de 500 ml. La coronta seca, el maíz morado entero y los ingredientes (cáscara de piña, membrillo, azúcar, zumo de limón, canela y clavo de olor) fueron recolectados en el mercado mayorista “MINKA” (Callao) (**Figura 1**). Se realizó un

muestreo por conveniencia y al azar en diferentes puestos para su compra. Adicionalmente, se escogieron mazorcas que no tuvieran signos de daño o deterioro en los granos de la mazorca o indicios de pudrición. La muestra del concentrado de chicha morada fue obtenida del supermercado mayorista “MAKRO” (Callao) (**Figura 1**). Se escogió del anaquel de bebidas, el concentrado de chicha morada de la marca Regional Alimentaria, para su elección se observó que el empaque no tuviera magulladuras, deterioro, humedad o que su fecha de vencimiento sea cercana, posterior a su compra se conservó según las indicaciones del empaque hasta ser utilizado.

**Tabla 1.** Formas de consumo de las muestras

| <b>Muestra</b>   | <b>Forma de consumo</b>                                  |
|--|--|
| Maíz morado entero   | Chicha morada tradicional ( <b>CMT</b> )                 |
| Maíz morado entero + ingredientes  | Chicha morada tradicional e ingredientes ( <b>CMTA</b> ) |
| Granos de maíz morado  | Extracto de granos enteros ( <b>ECG</b> )                |
| Granos de maíz morado + ingredientes                                       | Extracto de granos e ingredientes ( <b>ECGA</b> )        |
| Coronta de maíz morado   | Extracto de coronta ( <b>ECM</b> )                       |
| Coronta de maíz morado + ingredientes                                      | Extracto de coronta e ingredientes ( <b>ECMA</b> )       |
| Concentrado de Maíz morado   | Concentrado de chicha morada ( <b>CMM</b> )              |
| Cáscara de piña, membrillo, zumo de limón, canela, clavo de olor y azúcar. | Control de ingredientes ( <b>CA</b> )                    |

**Figura 1.** Lugar de muestreo.

**A**

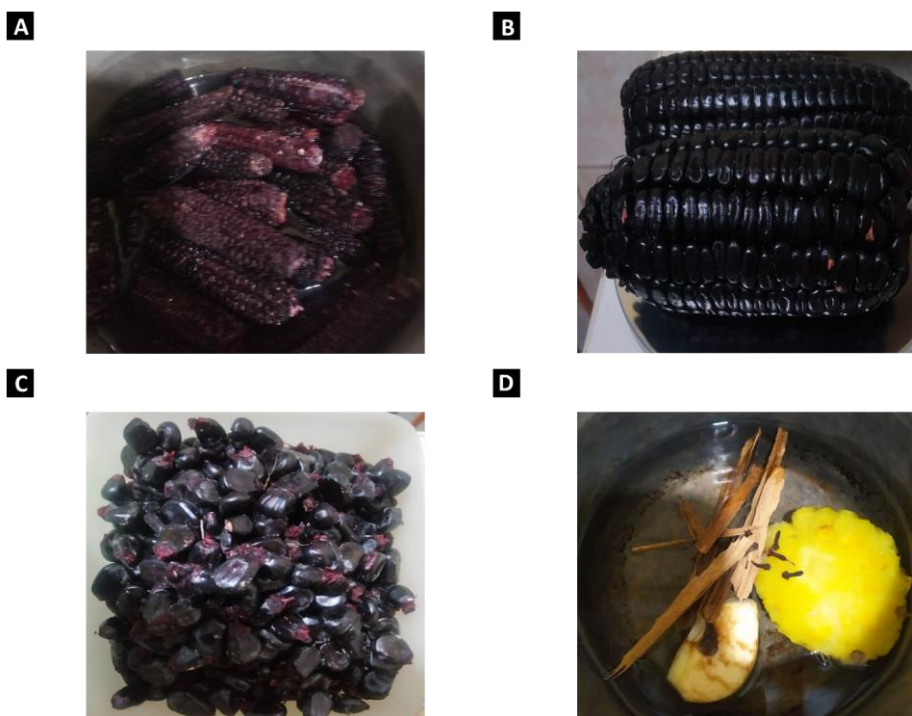


**B**



\*A) Zea mays L, corona de Zea mays. B) concentrado de chicha morada

**Figura 2.** Materia prima para la preparación de bebidas.



\*A) Coronta de maíz morado. B) Maíz morado entero. C) Granos de maíz morado. D) Ingredientes (cáscara de piña, membrillo, clavo, canela, azúcar)

### **3.3. Preparación de las muestras**

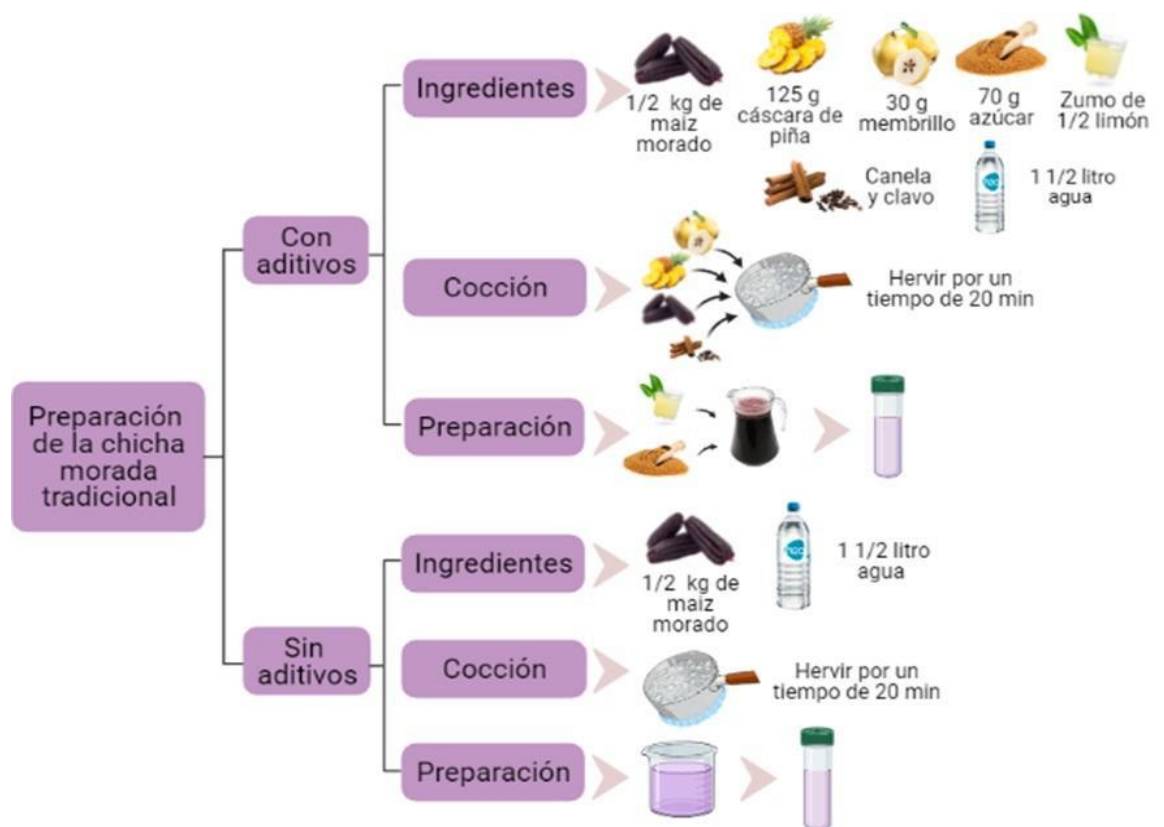
Se define a la bebida tradicional de chicha morada como aquella que forma parte de la cultura peruana desde épocas prehispánicas; siendo utilizada como bebida ceremonial ya que representaba la identidad de cada pueblo (25). Así mismo, el extracto es una bebida que contiene elementos esenciales de una sustancia (26); es decir, para el estudio, se utilizó los elementos esenciales de las corontas y de los granos para la preparación de los extractos correspondientes. Por último, el concentrado es un líquido de alta viscosidad en el cual se ha extraído la pulpa de la chicha morada, siendo eliminado el mayor contenido de agua para conservar el producto (27).

#### **3.3.1 Bebida tradicional de maíz morado**

Se realizaron dos preparaciones por cada bebida, una con ingredientes (cáscara

de piña, membrillo, azúcar, zumo de limón, canela y clavo de olor) y la otra preparación sin ingredientes. Para la preparación con ingredientes, se lavó previamente el maíz morado y se agregaron los ingredientes en una olla con agua. Se hirvieron los ingredientes por 20 minutos hasta obtener el color característico de la chicha morada. Luego, el contenido fue colado y vertido en un recipiente donde se añadió zumo de limón y azúcar. Por otro lado, para la preparación sin ingredientes, se lavó previamente el maíz morado para luego verterlo en una olla con agua y hervirlo por un tiempo de 20 minutos hasta obtener el color morado de la chicha. Por último, las preparaciones fueron recolectadas en tubos de ensayo estériles de 50 mL y trasladadas al Centro de Investigación e Innovación de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC) (**Figura 3**).

**Figura 3.** Forma de preparación de la Bebida tradicional de maíz morado (*Zea mays L*)



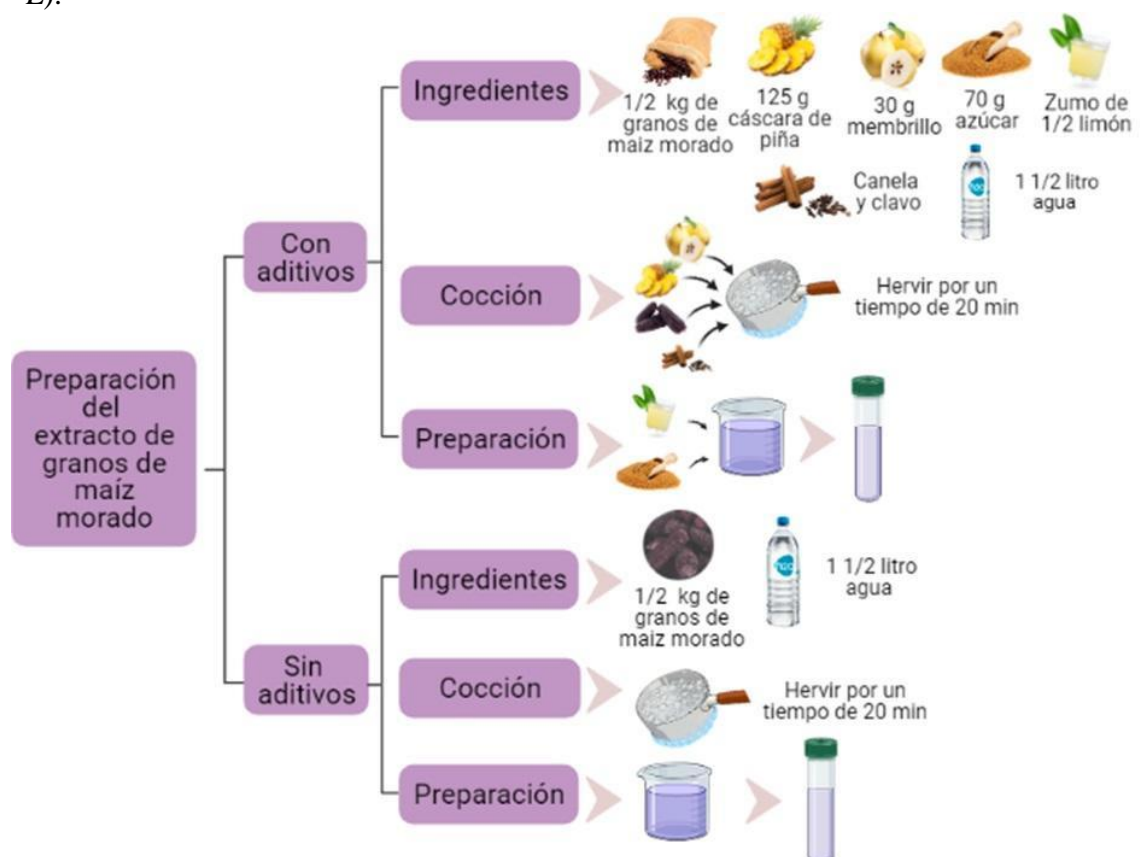
*Fuente: La cocina peruana paso a paso. Lexus*



### 3.3.2. Extracto de granos de maíz morado (*Zea mays L*)

Se realizaron preparaciones con adición de ingredientes y otra preparación sin ingredientes. Para la preparación con ingredientes, se lavó previamente los granos de maíz morado, después junto con la cáscara de piña, membrillo, canela y clavo de olor fue vertido en una olla con agua. Se hirvieron los ingredientes por 20 minutos hasta obtener el color característico de la chicha morada. Luego, el contenido fue vertido en un recipiente donde se añadió zumo de limón y azúcar. Por otro lado, para la preparación sin ingredientes, se lavó previamente los granos de maíz morado para luego verterlo en una olla con agua y hervir por un tiempo de 20 minutos. Por último, las dos preparaciones fueron recolectadas en tubos de ensayo de 50 ml y trasladadas al Centro de Investigación e Innovación de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC) (**Figura 4**)

**Figura 4.** Forma de preparación del extracto de granos de maíz morado (*Zea mays L*).

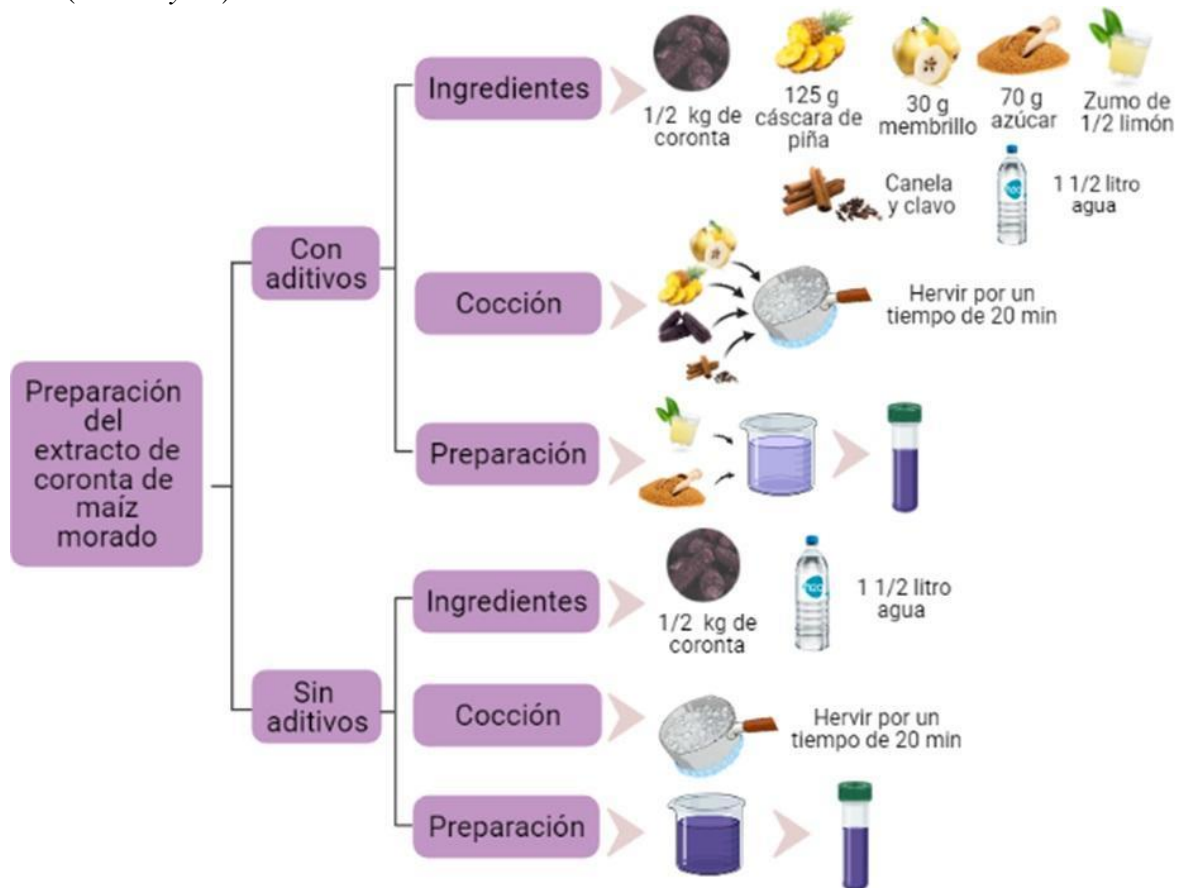


### 3.3.3. Extracto de coronta de maíz morado (*Zea mays L*)

Se realizaron dos preparaciones de extracto de coronta, una con ingredientes y otra preparación sin ingredientes. Para la bebida de coronta con ingredientes, se lavó previamente las corontas de maíz morado para luego, agregar la cáscara de piña, membrillo, canela y clavo de olor y verterlo en una olla con agua por un tiempo de 20 minutos hasta obtener el color morado de la bebida. Después, el contenido fue vertido en un recipiente donde se añadió zumo de limón y azúcar. Por otro lado, para la preparación sin ingredientes, se lavó previamente las corontas de maíz morado para luego verterlo en una olla con agua y hervirlo por un tiempo de 20 minutos hasta obtener el color natural de la bebida. Por último, las preparaciones se recolectaron en tubos de ensayo de 50 ml y se trasladaron al Centro de Investigación e Innovación de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC) (5).

**Figura 5.** Forma de preparación del Extracto de Corontas de Maíz morado

(*Zea mays L.*).



### 3.3.4. Concentrado de chicha morada (“Comercial”)

El concentrado “Comercial” de la marca Regional Alimentaria S.A.C declara ingredientes: Maíz morado, azúcar, agua, piña, manzana, membrillo, canela, clavo de olor, estabilizante (Carboximetilcelulosa-CMC), preservante (Sorbato de Potasio), regulador de Acidez (Ácido Cítrico), edulcorante (Acesulfame de Potasio, Aspartamo) y colorante (Rojo burdeos). Por consiguiente, para su preparación se diluyó en 10 L de agua según las especificaciones del producto y se recolectó en tubos de ensayo de 50 mL que luego fueron trasladados al Centro de Investigación e Innovación de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC) (**Figura 6**).

**Figura 6.** Forma de preparación del concentrado de maíz morado (*Zea*

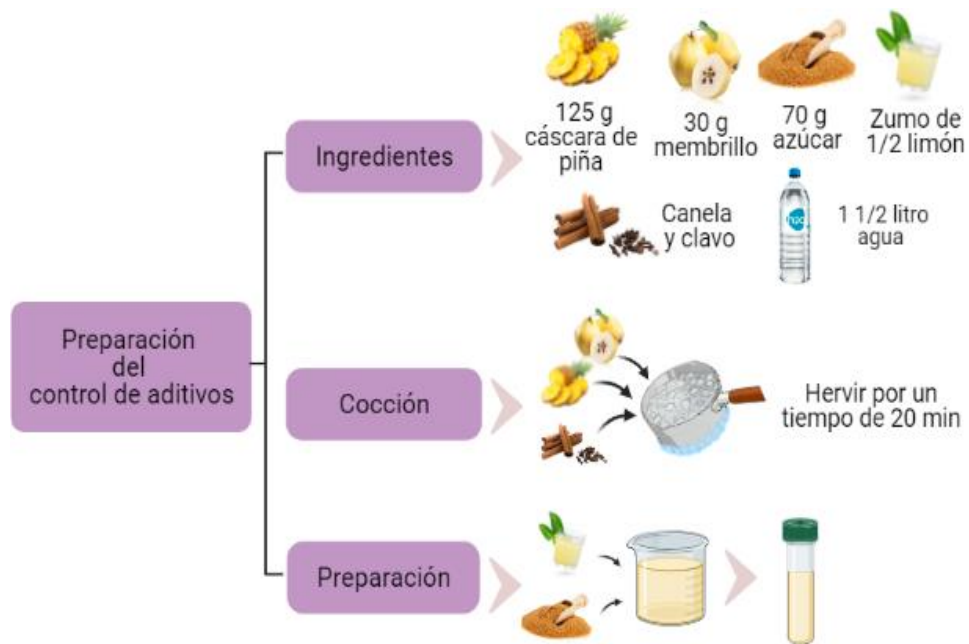
*mays L).*



### 3.3.5. Control de ingredientes

Para la preparación del control de ingredientes, se lavó previamente la cáscara de piña, membrillo, canela y clavo de olor para ser vertido en una olla con agua. Se hirvieron los ingredientes por 20 minutos y luego, se vertió en un recipiente donde se añadió zumo de limón y azúcar. Luego, se recolectó la preparación en un tubo de ensayo de 50 ml y trasladaron al Centro de Investigación e Innovación de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC) (7).

**Figura 7.** Forma de preparación del control de ingredientes



### 3.4. Procesamiento de las muestras

Con ayuda de pipetas previamente esterilizadas se extrajo 50 ml de cada una de las 7 muestras de las preparaciones con maíz morado y de la bebida a base de ingredientes como control (CA). Se colocaron las muestras en tubos (Falcon® 15 mL) estériles y rotulados. Se añadió 2.5 mL de etanol puro al 50% a un conjunto de muestras y 2.5 mL de etanol puro al 100% en otro conjunto respectivamente, con la finalidad de comparar el rendimiento en la cuantificación de compuestos fenólicos en las diferentes concentraciones de etanol. Después, las muestras de los extractos etanólicos fueron colocadas en el espectrofotómetro CYTATION 5 (Bio-Tek, Estados Unidos) en una placa de 96 pocillos a una temperatura de 27.8°C. Las soluciones fueron centrifugadas a 282 rpm, durante 6 minutos. Se desechó el residuo y se reservó el sobrenadante que fue el extracto diluido de antocianinas (28)

### 3.5. Cuantificación de antocianinas

Para la cuantificación de antocianinas en las bebidas, se empleó el método de pH diferencial usado para calcular los pigmentos de antocianinas. La prueba se basa en que a diferente pH las antocianinas cambian de estructura y se produce un cambio de coloración en la cual que puede ser cuantificado por un espectrofotómetro (29).

En el experimento se utilizó una placa de 96 pocillos en la cual se tuvo como factor de dilución 1:20, para disminuir la concentración de antocianinas de los extractos puros de maíz morado. Para ello, los extractos fueron diluidos en etanol al 50% y se añadió en cada pocillo 190  $\mu$ L de solución de acetato de sodio (pH 1.0) o de cloruro de potasio (pH 4.5) respectivamente. Asimismo, se adicionó 10  $\mu$ L de muestra por triplicado y luego se homogenizó cada pocillo. La placa fue ingresada a un espectrofotómetro CYTATION 5 (Bio-Tek, Estados Unidos) donde se leyó la absorbancia a 510 y 700 nanómetros (nm) en dos tiempos distintos (0, 3 y 6 minutos) a 27.8 °C de temperatura. Por último, la concentración de antocianinas fue expresada como mg de cianidina-3-glucósido/mL de extracto.

Una vez obtenida la lectura de la absorbancia se procedió a realizar la siguiente fórmula:

$$\text{Ecuación 1: } \Delta A = (A_{\lambda \text{ vis-max}} - A_{700}) \text{ pH 1.0} - (A_{\lambda \text{ vis-max}} - A_{700}) \text{ pH 4.5}$$

$$\text{Ecuación 2: } AT \text{ (mg/mL)} = \Delta A \times PM \times FD \times 1000 / \epsilon.$$

Donde: AT: Antocianinas totales;  $\Delta A$ : Cambio en la absorbancia; PM: Masa molecular para cianidina-3-glucósido, 449.2 g/mol; FD: Factor de dilución;  $\epsilon$ : Coeficiente de extinción molar para cianidina-3-glucósido, 26900; l: Longitud de paso de celda, 1 cm; 1000: factor de conversión de gramos a miligramos.

### **3.6. Cuantificación de la capacidad antioxidante**

Para la cuantificación de la capacidad antioxidante presentes en las siete bebidas a base de maíz morado y la bebida control, se empleó el método de difenilpicrilhidracil (DPPH; Sigma-Aldrich®). La solución de DPPH es un radical libre desapareado que en presencia de una sustancia antioxidante causa una reducción química de la molécula (30). Esta reacción se puede observar por el cambio de coloración violeta presente en la solución de DPPH a un color amarillo pálido como indicador de las

propiedades antioxidantes de la muestra. El cambio de coloración en absorbancia es cuantificado como capacidad antioxidante (31).

Para la preparación de la solución de DPPH (0.1mM) se pesó 0.04 mg/mL de DPPH y se disolvió en 100  $\mu$ L de metanol. Para la medición de la actividad antioxidante se obtuvo 110  $\mu$ L de muestra con 100  $\mu$ L de solución de DPPH, se homogenizó y se dejó en reposo por 30 minutos a temperatura ambiente, para luego medir la absorbancia con el espectrofotómetro de microplaca CYTATION 5 (Bio-Tek, Estados Unidos) a una longitud de onda de 520 nm., se utilizó una curva de calibración usando una solución estándar de Trolox con diluciones seriadas 1:2 de 150  $\mu$ L de Trolox y 100  $\mu$ L de metanol al 100% en un intervalo de concentraciones de 0.2 - 0.002 mM (32). Asimismo, se realizó un control de etanol al 25% para compararlo con los extractos etanólicos. Los resultados fueron expresados en capacidad antioxidante equivalente en mM de Trolox (TEAC).

### **3.7. Análisis**

Los datos obtenidos fueron recolectados en una hoja de Microsoft Excel y la información fue ordenada según el esquema de placa para cada ensayo y trasladada al programa GraphPad Prism.8.0.2 para Windows (GraphPad Software, San Diego, California USA). En dicho programa se graficaron los resultados y se realizó el análisis estadístico correspondiente. Las mediciones fueron por triplicado para cada muestra, y con los resultados obtenidos se calculó el promedio y la desviación estándar del ensayo. Para la cuantificación de antocianinas se halló la concentración en miligramos de cianidina-3-glucósido/100 mL) y en el ensayo de DPPH se halló la concentración en milimolar de la Capacidad Antioxidante Equivalente a Trolox (TEAC) (28).

Para evaluar la cuantificación de antocianinas y la capacidad antioxidante entre las bebidas, se determinó la normalidad de datos por medio de la prueba de Shapiro - Wilk y posteriormente la prueba de multi comparaciones *ordinary one-way* ANOVA. En el caso del ensayo de DPPH, al aplicar esta prueba se determinó que los datos no tenían una distribución normal.

Asimismo, para las comparaciones entre los distintos grupos en ambos experimentos

de manera independiente se realizó la prueba ANOVA de un factor para compararlo entre las variables independientes (formas de consumo) y para determinar la significancia se utilizó la prueba de multi comparaciones Tukey, considerando un nivel de confianza de 95% ( $p < 0.05$ )

## **4. RESULTADOS**

### **4.1. Resultados descriptivos**

En el estudio se evaluaron siete tipos de bebidas a base de maíz morado y una bebida de ingredientes adicionales como control. Las formas de consumo evaluadas fueron rotuladas como chicha morada tradicional sin ingredientes (CMT), chicha morada tradicional con ingredientes (CMTA), extracto de granos de maíz morado sin ingredientes (ECG), extracto de granos de maíz morado con ingredientes (ECGA), extracto de corontas de maíz morado con ingredientes (ECMA), extracto de coronta de maíz morado sin ingredientes (ECM) y el concentrado de chicha morada (CMM) (**Tabla 1**).

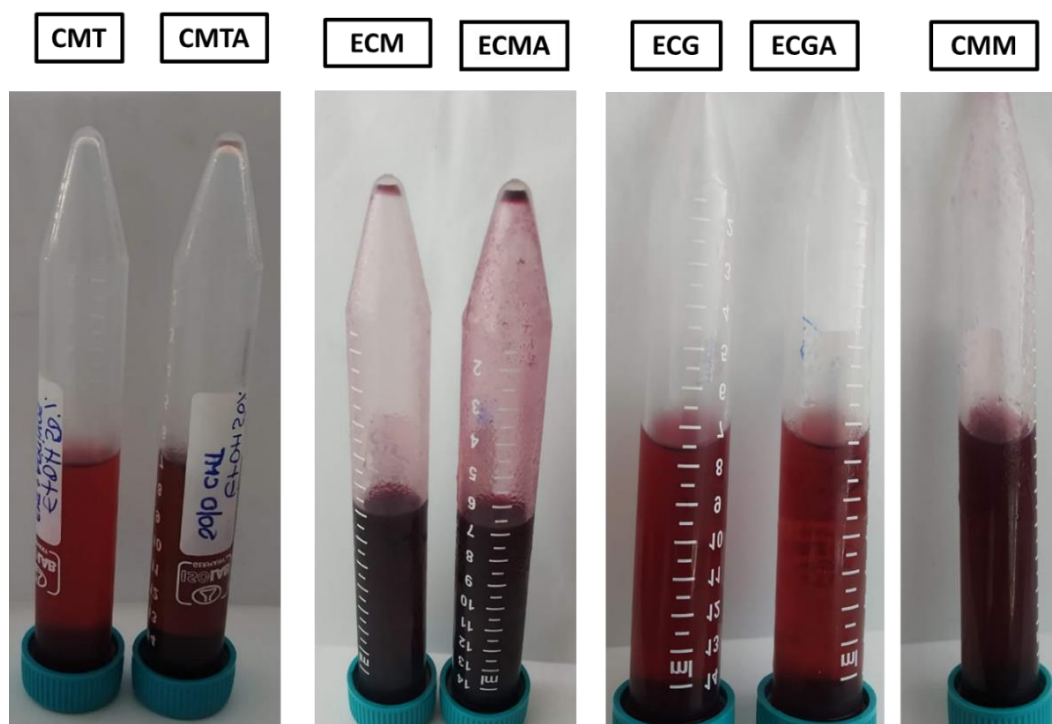
Entre las preparaciones se observó una variación intensa, pues el concentrado de chicha morada (CMM) tenía un color morado intenso comparado con la chicha morada tradicional con ingredientes (CMTA), que presentó un color morado más claro (**Anexo 1**) entre los 7 preparados. Además, el concentrado de chicha morada (CMM) es el que tuvo una textura espesa, los extractos de coronta de maíz morado, sin ingredientes y con ingredientes (ECM y ECMA respectivamente) tuvieron una textura entre líquida a espesa y la chicha morada tradicional (CMT) presentó una textura completamente líquida (**Anexo 1**).

**Tabla 2.** Tabla de características de la materia prima



| <b>Característica</b>        | <b>Maíz morado</b>             | <b>Coronta de maíz morado</b>  |
|------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| <b>Olor</b>                  | Característico del maíz morado | Característico del maíz morado |
| <b>Color</b>                 | Morad o                        | Morado intenso                 |
| <b>Textura de los granos</b> | Lisa                           | No presenta                    |
| <b>Tamaño de mazorca</b>     | 12-20 cm                       | 12-20 cm                       |
| <b>Textura de la mazorca</b> | Rugosa                         | Rugosa y seca                  |

**Figura 8.** Coloración de las bebidas de maíz morado y coronta.



\*CMT: chicha morada tradicional sin ingredientes; CMTA: chicha morada tradicional con ingredientes; ECM: extracto de coronta de maíz morado sin ingredientes; ECMA: extracto de corontas de maíz morado con ingredientes; ECG: extracto de granos de maíz morado sin ingredientes; ECGA: extracto de granos de maíz morado con ingredientes; CMM: concentrado de chicha morada.

Para cada bebida, se realizó la preparación de extractos etanólicos a dos concentraciones, al 50% y al 100% de etanol, con la finalidad de comparar el rendimiento en la cuantificación de compuestos fenólicos. A partir de estos extractos se cuantificó las antocianinas de cada bebida con el método de pH diferencial con soluciones de cloruro de potasio pH 1.0 y de acetato de sodio pH 4.5 a lecturas de absorbancia de 515 nm y 700 nm. Posteriormente, se midió la capacidad antioxidante por medio del método de DPPH, para el cual se prepararon soluciones etanólicas de las muestras a las concentraciones de 110  $\mu$ L de bebida y 100  $\mu$ L de MetaOH. Luego, se adicionó 100  $\mu$ L de solución de DPPH a cada muestra para medir su absorbancia a 520 nm.

**Figura 9.** Proceso de recolección y análisis de las muestras



#### 4.2. Cuantificación de antocianinas

La cuantificación de antocianinas totales se realizó por el método de pH diferencial. Este método se basa en la adaptación de diferentes coloraciones y estructuras de las antocianinas por el cambio de pH, cuantificado por espectrofotometría. Con la finalidad de hallar la cantidad de antocianinas en las siete formas de consumo, se prepararon extractos etanólicos con soluciones buffer de cloruro de potasio pH 1.0 y de acetato de sodio pH 4.5 siguiendo el flujo experimental (**Figura 10A**).

Con la finalidad de estandarizar las condiciones de extracción ideales para la comparación de grupos, se compararon dos métodos de extracción a 50% y 100% de etanol. Se utilizó la muestra de chicha morada tradicional (CMT) para ejemplificar las diferencias entre ambos tipos de extracción (**Figura 10B**), en donde se observó que el promedio de concentración de antocianinas fue de 32.2 mg/mL en 50% EtOH y 32.6 mg/mL en 100% EtOH. No se encontró una diferencia significativa con barras

de error del mismo tamaño, indicando una variabilidad intraexperimental similar. Por lo tanto, se determinó que la concentración de antocianinas no se ve afectada por el porcentaje etanólico en los extractos por lo que se utilizó 50% de EtOH para el reporte de antocianinas y determinación de capacidad antioxidante.

Se realizó la comparación de la concentración de antocianinas totales (mg/mL) entre las siete formas de consumo y el control de ingredientes con la finalidad de determinar las diferencias entre grupos. Esto fue realizado con la concentración promedio de cada muestra (**Tabla 3**), en la que se encontró que la muestra de ECMA (extracto de coronta de maíz morado con ingredientes) obtuvo una mayor cantidad de antocianinas, siendo 80 y 98% mayor que en las bebidas de CMT y CMM respectivamente.

**Tabla 3.** Concentración de antocianinas de cada muestra

| Muestra | Cantidad de antocianinas |
|---------|--------------------------|
| CMT     | 33.89 ± 3.81 mg/mL       |
| CMTA    | 50.68 ± 5.05 mg/mL       |
| ECM     | 347.99 ± 25.25 mg/mL     |
| ECMA    | 456.86 ± 91.04 mg/mL     |
| ECG     | 103.49 ± 5.94 mg/mL      |
| ECGA    | 112.00 ± 12.36 mg/mL     |
| CMM     | 3.42 ± 1.72 mg/mL        |

**\*CMT:** Chicha morada tradicional sin ingredientes

**CMTA:** Chicha morada tradicional con ingredientes

**ECM:** Extracto de coronta de maíz morado sin ingredientes

**ECMA:** Extracto de corontas de maíz morado con ingredientes

**ECG:** Extracto de granos de maíz morado sin ingredientes

**ECGA:** Extracto de granos de maíz morado con ingredientes

**CMM:** Concentrado de chicha morada

Además, considerando los resultados obtenidos al realizar la comparación entre los grupos se determinó que las muestras de CMT vs ECM, CMTA vs ECMA, ECM vs ECMA y ECM vs ECG presentaron un p valor <0.0001 demostrando diferencias significativas (**Tabla 4**).

**Tabla 4.** Resultados de la comparación de la cantidad de antocianinas entre grupos de muestra

| Muestra      | p valor |
|--------------|---------|
| CMT vs ECM   | <0.0001 |
| CMTA vs ECMA | <0.0001 |
| ECM vs ECMA  | <0.0001 |
| ECM vs ECG   | <0.0001 |

**\*CMT:** Chicha morada tradicional sin ingredientes

**CMTA:** Chicha morada tradicional con ingredientes

**ECM:** Extracto de coronta de maíz morado sin ingredientes

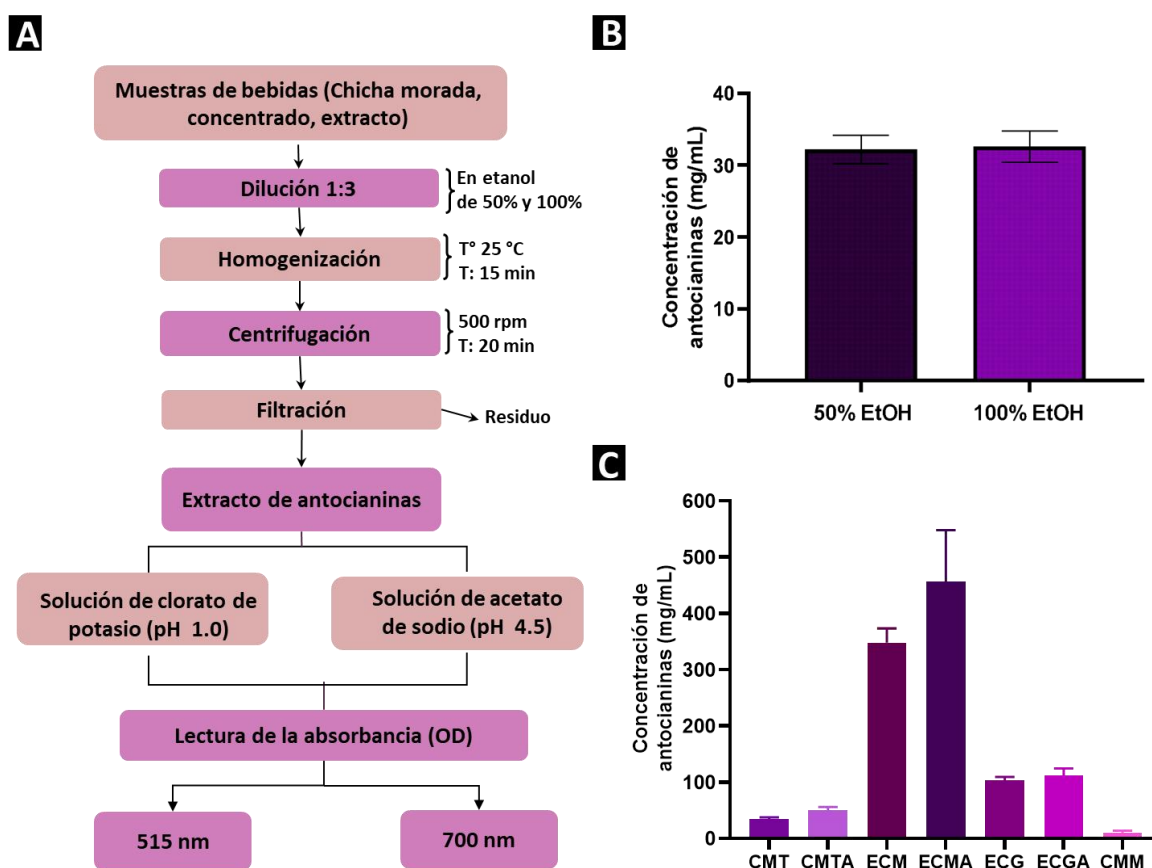
**ECMA:** Extracto de corontas de maíz morado con ingredientes

**ECG:** Extracto de granos de maíz morado sin ingredientes

**ECGA:** Extracto de granos de maíz morado con ingredientes

**CMM:** Concentrado de chicha morada

**Figura 10.** Cuantificación de antocianinas totales.



**CMT:** Chicha morada tradicional sin ingredientes

**CMTA:** Chicha morada tradicional con ingredientes

**ECM:** Extracto de coronta de maíz morado sin ingredientes

**ECMA:** Extracto de corontas de maíz morado con ingredientes

**ECG:** Extracto de granos de maíz morado sin ingredientes

**ECGA:** Extracto de granos de maíz morado con ingredientes

**CMM:** Concentrado de chicha morada

\*A) Esquema de extracción y medición por método de pH diferencial. B) Estandarización de extracción, comparación entre 50% y 100% etanol (EtOH) con la concentración de antocianinas. C) Cuantificación de antocianinas entre las bebidas, muestra diferencias entre grupos.

La cuantificación de antocianinas totales (**Figura 10A**) se realizó utilizando la ecuación 1 y el resultado se expresó como mg cianidina-3-glucósido/mL. En cuanto a la estandarización de extracción de antocianinas (**Figura 10B**), se compararon dos condiciones de extracción etanólica, y no se encontraron diferencias. Con respecto a la cuantificación de antocianinas entre bebidas (**Figura 10C**), el gráfico de barras muestra las diferencias entre cada uno de ellos, siendo ECM y ECMA las bebidas con mayores concentraciones ( $p$  valor  $< 0.0001$ ), seguida por ECGA, ECG, CMT y CMTA; mientras que, el grupo con menor concentración de antocianinas es el CMM; además, se observa la desviación estándar (DS) de estas medidas, el cual es relativo a la magnitud de antocianinas.

#### 4.3. Cuantificación de la capacidad antioxidante

Para la determinación de la capacidad antioxidante se utilizó el compuesto DPPH). Este radical libre al reaccionar con alguna molécula antioxidante es reducido generando un cambio de coloración de un violeta intenso a un amarillo pálido. La coloración violeta, que sirve de señal medible, es cuantificada (absorbancia) por espectrofotometría a una longitud de 520 nm (**Figura 11A**). La relación inmediata entre la coloración violeta y capacidad antioxidante es inversamente proporcional, ya que se observó mayor absorbancia a menores concentraciones del estándar equivalente de Trolox. Por lo que, se aplicó una normalización de la absorbancia a porcentajes de inhibición con la finalidad de interpretar directamente los resultados. A mayor porcentaje de inhibición, mayor capacidad antioxidante; esto se puede observar en la Tabla 5 y en la Figura 11C, donde se aprecia que las bebidas ECM Y ECMA presentan la mayor actividad antioxidante (41.21 y 42.89 % de inhibición, respectivamente), seguidas por ECG Y ECGA en segundo lugar, CMT Y CMTA en tercer lugar; y en último puesto las muestras CMM y CA.

Además, se determinó el % de Inhibición a partir de la gráfica del porcentaje de inhibición de cada muestra (**Figura 11C**), que corresponde a la concentración en la que se neutraliza el 50% de los radicales libres del DPPH (**Tabla 6**). Con respecto al IC50, se observa un patrón similar al % de inhibición; sin embargo, se acortan las diferencias entre los grupos ECG-ECGA y CMT-CMTA, donde se puede apreciar que el IC50% tiene una relación inversamente proporcional con el porcentaje de

inhibición (**Anexo 3**).

**Tabla 5.** Resultados de la capacidad antioxidante de cada muestra

| Muestra | Capacidad antioxidante     |
|---------|----------------------------|
| CMT     | 19.71± 3.66 mM de Trolox   |
| CMT A   | 21.57± 5.35 mM de Trolox   |
| ECM     | 41.21±22.78 mM de Trolox   |
| ECM A   | 42.89 ± 23.37 mM de Trolox |
| ECG     | 31.23± 12.86 mM de Trolox  |
| ECGA    | 22.60 ± 5.63 mM de Trolox  |
| CMM     | 9.11 ± 3.13 mM de Trolox   |
| CA      | 8.19 ±10.35 mM de Trolox   |

**CMT:** Chicha morada tradicional sin ingredientes

**CMTA:** Chicha morada tradicional con ingredientes

**ECM:** Extracto de coronta de maíz morado sin ingredientes

**ECMA:** Extracto de corontas de maíz morado con ingredientes

**ECG:** Extracto de granos de maíz morado sin ingredientes

**ECGA:** Extracto de granos de maíz morado con ingredientes

**CMM:** Concentrado de chicha morada



**Tabla 6.** Resultados de la comparación % de inhibición entre grupos de muestra

| <b>Muestra</b>      | <b>p valor</b> |
|---------------------|----------------|
| <b>CMT vs CMTA</b>  | >0.9999        |
| <b>CMT vs ECM</b>   | 0.8947         |
| <b>CMT vs CMM</b>   | 0.9649         |
| <b>CMTA vs ECMA</b> | 0.9050         |
| <b>CMTA vs CA</b>   | 0.8936         |
| <b>ECM vs ECMA</b>  | >0.9999        |
| <b>ECM vs ECG</b>   | >0.9999        |
| <b>ECMA vs CA</b>   | 0.3183         |
| <b>ECG vs ECGA</b>  | 0.9885         |

**CMT:** Chicha morada tradicional sin ingredientes

**CMTA:** Chicha morada tradicional con ingredientes

**ECM:** Extracto de coronta de maíz morado sin ingredientes

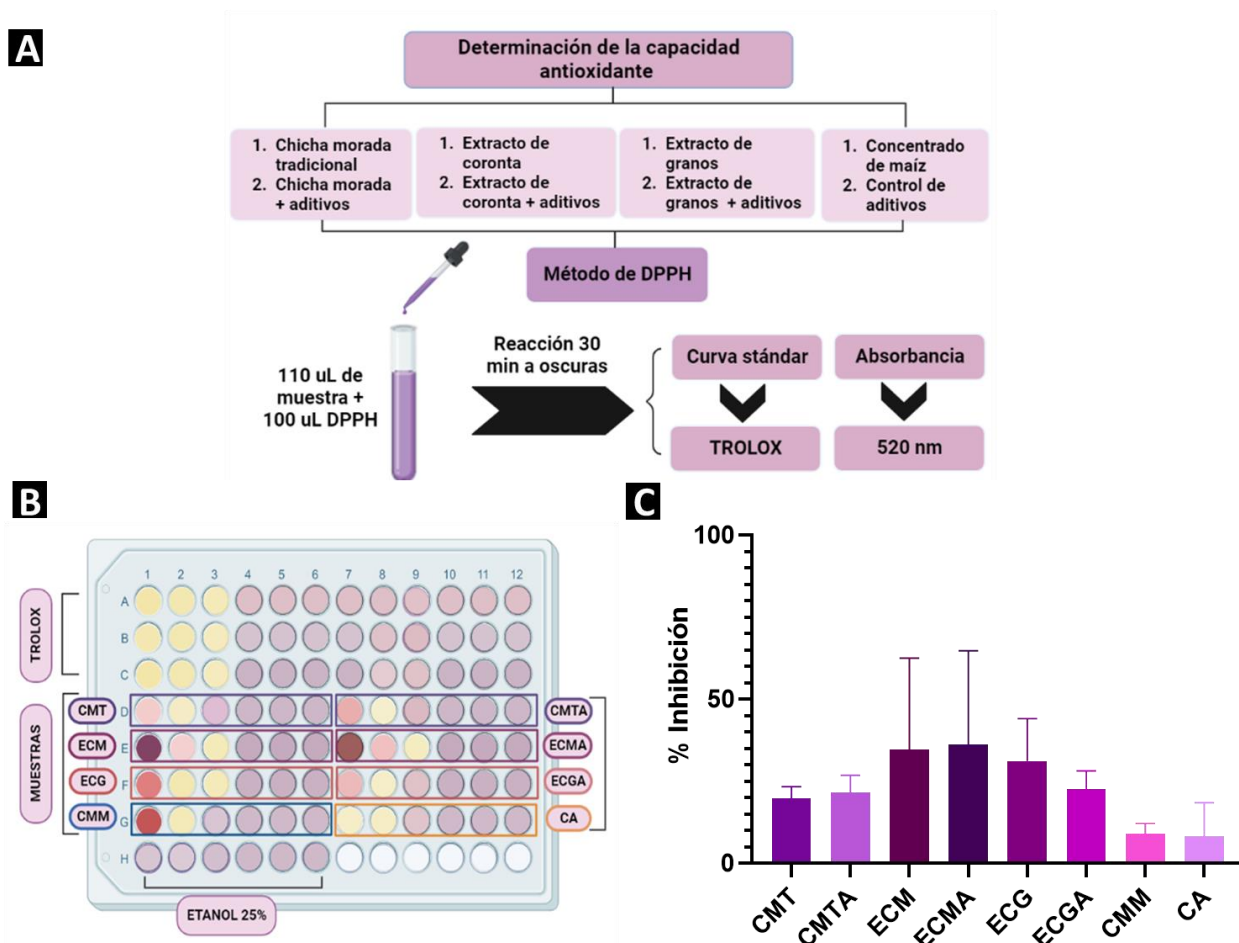
**ECMA:** Extracto de corontas de maíz morado con ingredientes

**ECG:** Extracto de granos de maíz morado sin ingredientes

**ECGA:** Extracto de granos de maíz morado con ingredientes

**CMM:** Concentrado de chicha morada

**Figura 11.** Capacidad Antioxidante DPPH.



**CMT:** Chicha morada tradicional sin ingredientes

**CMTA:** Chicha morada tradicional con ingredientes

**ECM:** Extracto de coronta de maíz morado sin ingredientes

**ECMA:** Extracto de corontas de maíz morado con ingredientes

**ECG:** Extracto de granos de maíz morado sin ingredientes

**ECGA:** Extracto de granos de maíz morado con ingredientes

**CMM:** Concentrado de chicha morada

\*A)Flujograma de la determinación de la capacidad antioxidante por el método DPPH. B) Diseño y placa de 96 pocillos. C) Comparación de resultados de % de inhibición de cada muestra evaluada.

La determinación de la capacidad antioxidante (**Figura 11A**) se realizó usando el método de difenilpicrilhidracil (DPPH; Sigma-Aldrich®) y los resultados fueron expresados en capacidad antioxidante equivalente en mM de Trolox (TEAC). Se obtuvo una placa de 96 pocillos con las muestras mezcladas con 100 uL de metanol en diluciones seriadas de 1:2 y 1:3 (**Figura 11B**). Con respecto a la cuantificación del % de inhibición entre bebidas (**Figura 11C**), el gráfico de barras muestra que no se encontró una diferencia significativa entre cada uno de ellos, siendo ECM, ECMA, y ECG las bebidas con mayor % de inhibición (p valor > 0.8), seguida por CMT, CMTA y ECGA; mientras que, el grupo con menor concentración de antocianinas es el CMM y CA; además, se observa la desviación estándar (DS) de estas medidas, el cual es relativo a la magnitud de antocianinas.

## 5. DISCUSIONES

### 5.1. Cuantificación de Antocianinas

Con respecto a la cantidad de antocianinas de las siete bebidas distintas preparadas a base de maíz morado. Los resultados encontrados demuestran que hay variabilidad con respecto al total de antocianinas en cada tipo de bebida, principalmente en el extracto de coronta de maíz morado, sin ingredientes y con ingredientes (ECM y ECMA). Estos resultados son comparables con estudios recientes que evaluaron la cantidad total de antocianinas específicamente del cianidina-3-glucósido en extractos de coronta de maíz morado en tres diferentes regiones del Perú obteniéndose una mayor cantidad de antocianinas totales de 42,6 mg/g en la muestra de coronta recolectada del departamento de Lima (33). Adicionalmente, en un estudio se evaluó la cantidad de antocianinas de la coronta en seis cultivares diferentes de maíz morado (34) en el cual cada muestra de maíz morado constó de 0,30 g de coronta y los resultados indicaron que los cultivares INIA 601, UNC 47 fueron los que tuvieron mejores valores de antocianinas, una cantidad de 63.80 mg/ml de antocianinas. (34). Asimismo, otro estudio evaluó la influencia de los indicadores de extracción acuosa de antocianinas de la coronta de maíz morado de tres procedencias distintas (35) en donde se encontró que la mayor concentración de antocianinas en la coronta fue de 137.5 mg/100 ml (35). Los resultados difieren en gran medida con los hallados en la

presente investigación, hecho que puede explicarse debido a la diferencia de métodos utilizados para la extracción de antocianinas.

Para la cuantificación de antocianinas se utilizó el método de pH diferencial, esta técnica, permite diferenciar las antocianinas monoméricas de las poliméricas, las antocianinas monoméricas al ser expuestas a diferentes pH sufren una transformación estructural reversible; sin embargo, en las antocianinas poliméricas, no se puede utilizar este método en la cuantificación de antocianinas, debido a que estos pigmentos son resistentes al cambio de color con el cambio de pH. Además, teniendo en cuenta las limitaciones del método de extracción, la eficacia de la extracción del pigmento es uno de los componentes que influye en la correcta cuantificación, por ello se indica que depende de la naturaleza química de las antocianinas, ya que tienden a ser más solubles en medios metanólicos si están esterificadas y si están glicosiladas en medio acuosos.

La chicha morada tradicional es la bebida a base de maíz morado que contiene ingredientes adicionales como la cáscara de piña, membrillo, canela, azúcar y clavo de olor. Asimismo, al ser una bebida típica en el Perú, no existe una receta predeterminada a seguir, el proceso para elaborar la chicha morada es diferente según la receta que se escoja y la variación de la cantidad de antocianinas puede cambiar según la cantidad de maíz morado a utilizar, el tipo de maíz, el tipo de cultivo, origen del maíz, la cantidad de agua a utilizar, tiempo de cocción, etc. Asimismo, se pudo observar, que en las bebidas elaboradas hubo gran variación de color según las diferentes preparaciones del estudio. Las bebidas de chicha morada tradicional, sin ingredientes y con ingredientes (CMT y CMTA) fueron las que obtuvieron el tono de color más claro, según los resultados descriptivos detallados en la Tabla 3, comparado con las demás bebidas a base de maíz morado, por lo cual se planteaba una menor cantidad de antocianinas debido a la coloración, hecho que se corroboró en el presente estudio, ya que estas bebidas obtuvieron 33.89 mg/mL en CMT y 50.68 mg/mL en CMTA en la cuantificación de antocianinas, siendo mayor a comparación del concentrado de chicha morada (CMM), pero menor en comparación a las demás bebidas elaboradas, mostrando diferencias significativas, especialmente con las bebidas ECM y ECMA.

Asimismo, en cuanto al concentrado de chicha morada, la evidencia actual sobre el efecto de los parámetros de extracción para cuantificar antocianinas en las corontas de maíz morado (39), determina que el mayor contenido de antocianinas totales fue de  $8,74 \pm 1,42$  mg/mL, el cual se obtuvo al aplicar 50 °C de temperatura por 60 min como parámetros de extracción para su cuantificación. Ello se asimila a lo encontrado en el estudio, ya que el concentrado de chicha morada fue el que obtuvo menor concentración de antocianinas, y se podría relacionar a la exposición de temperaturas elevadas en diferentes tiempos que se realiza para su conservación. Adicionalmente, se considera que para futuras investigaciones se pueda evaluar la diferencia en la cantidad de antocianinas de estas bebidas a diferentes temperaturas y tiempos de exposición para determinar la pérdida de este compuesto.

## **5.2. Capacidad Antioxidante**

La capacidad antioxidante se determinó en las siete bebidas preparadas a base de maíz morado; utilizando el método DPPH para la evaluación. Este método, es un método experimental que permite medir la capacidad antioxidante de alimentos y plantas; sin embargo, al ser un método experimental, presenta cierto margen de error y, al ser esta investigación realizada *in vitro*, los resultados no se podrán extrapolar a estudios *in vivo*, debido a que los métodos *in vitro* son eficaces para relacionar la actividad antioxidante de diversas muestras de alimentos; sin embargo, desde una perspectiva nutricional, los resultados son limitados porque no replican las condiciones fisiológicas (30).

Por otra parte, si evaluamos el poder antioxidante de un alimento *in vitro* este se diferenciará de su efecto antioxidante *in vivo*, porque los compuestos antioxidantes sufren transformaciones en el organismo que alteran su actividad (31). Por ejemplo, algunos fenoles poliméricos con menor actividad *in vitro* pueden contribuir a la actividad antioxidante del plasma después de su conversión metabólica a compuestos más simples. Debido a esto, es relevante que se consideren otros elementos como el grado de absorción de los compuestos, los metabolitos generados y su actividad (32). Los experimentos realizados *in vivo* pueden reflejar otras probables interacciones entre diferentes componentes de la dieta y la actividad fisiológica. No obstante, aún

se desconocen muchos aspectos de las mediciones *in vivo*, como el medio de acción de los radicales libres en el espacio celular y si al interior de los mismos se transportan compuestos antioxidantes (37). Es por ello que, al ser nuestro estudio realizado *in vitro*, es una forma costo eficiente para abordar la problemática planteada.

Otros estudios que evalúan una bebida a base de maíz morado con un potencial efecto funcional y antioxidante en un prototipo *in vivo* menciona que encontró una capacidad antioxidante máxima de  $2969.17 \pm 22.04$  mmol ET/L (por el método DPPH) (38). Así como otro estudio en el cual hicieron una revisión para la descripción de la estructura química de las antocianinas en el maíz morado indicaron que se encontró cantidades de antocianinas mayores a 40 mg/g de y capacidad antioxidante mayor a 90 DPPH (90% de la capacidad antioxidante) (39). Nuestro estudio identificó 10.60% de porcentaje de Inhibición en la bebida de chicha morada tradicional (CMT). Por otro lado, estudios recientes en donde se utilizó la espectrometría de masas para identificar los fenoles en el maíz morado, se evidenció que la capacidad antioxidante de los granos de maíz morado a través del porcentaje de inhibición IC50 fue de  $11.22 \pm 3.29$  (40). De la misma manera, con respecto a las diferencias entre los grupos con ingredientes y sin ingredientes, la adición de ingredientes en la mayoría de bebidas influye mínimamente en la capacidad antioxidante, debido a que se obtuvo una significancia menor a 0.05 al aplicar la prueba ANOVA, la misma que se aplicó para determinar si existen diferencias.

Las especias antioxidantes que fueron agregadas en forma de ingredientes como el clavo de olor y la canela contienen compuestos fenólicos con efecto antioxidante. Por ello, se realizó una bebida a base de estos ingredientes (CA) como control del estudio en la cual se obtuvo como un valor de 8.19 % de %Inhibición en su capacidad antioxidante, lo cual nos demuestra que la adición de estos ingredientes no influye significativamente en los resultados de la capacidad antioxidante de las muestras de chicha; ya que, el control de ingredientes (CA) fue la muestra que obtuvo el menor %Inhibición, mientras que la bebida concentrada de maíz morado (CMM) obtuvo 9.11% de % Inhibición. Asimismo, las bebidas de extracto de coronta de maíz morado sin ingredientes y con ingredientes (ECM y ECMA) obtuvieron los mayores

porcentajes de inhibición y se observó una relación directamente proporcional con la cantidad de antocianinas presentes en la bebida; es decir, a mayor cantidad de antocianinas en las bebidas, mayor es la capacidad antioxidante que se logra obtener, independientemente de la presencia de ingredientes (41).

Debido a ello, consideramos que para futuras investigaciones se pueda utilizar otro método como el método de ABTS (Ácido 2,2'-azino-bis-(3-etiltiazolinabencenosulfónico-6)).

Esté método se basa en la cuantificación de la decoloración del radical catiónico ABTS (intenso color verde azulado) al interactuar con el persulfato potásico. El radical de este método tiene solubilidad en medios polares y apolares por lo que no es afectado por la fuerza iónica y debido a esto es capaz de evaluar antioxidantes hidrofílicos y lipofílicos (42). Esté método es el más indicado para ensayos de compuestos coloreados como es el caso de esta investigación debido a que reduce las posibilidades de interferencias de los compuestos coloreados y poder así hallar la capacidad antioxidante de las muestras y tener una mayor precisión en estudios *in vitro* en muestras de bebidas a base de maíz morado (42,43).

Como limitaciones en el estudio, en la determinación de la capacidad antioxidante donde se utilizó el difenilpicrilhidracil (DPPH) como método, el estudio no presentó diferencias significativas entre los grupos, debido a la variabilidad generada por el propio pigmento morado de las muestras que limita la precisión del DPPH. A pesar de ello, se observó una mayor capacidad antioxidante en las muestras de extractos de coronta con y sin ingredientes (ECM y ECMA), demostrando que existe una relación proporcional entre la cantidad de antocianinas y la capacidad antioxidante. Se considera que aumentando el número de repeticiones en las muestras o cambiando el método utilizado para la capacidad antioxidante podría disminuir la variabilidad de los datos y superar esta limitación.

Adicionalmente, otra limitación presentada en el estudio es que no se tomó en cuenta las especificaciones descritas en la norma técnica aprobada en el año 2023 (44). Donde se describe que los ingredientes que se deben adicionar en la elaboración de esta bebida son la piña, manzana o membrillo, especias como la canela o el clavo de

olor, agentes endulzantes y reguladores de la acidez (44). Además, se indica que solo se permiten aditivos como los acidulantes, conservantes y edulcorantes aprobados por el Codex Alimentarius y no el uso de colorantes o saborizantes; sin embargo, el concentrado utilizado en el estudio contenía como colorante al Rojo Burdeos (44).

## **6. CONCLUSIÓN**

Se logró obtener un extracto etanólico de antocianinas totales al 50% y 100% con la finalidad de poder comparar el rendimiento en la cuantificación de los compuestos fenólicos en las diferentes concentraciones de etanol, encontrándose que no hay diferencias significativas en la cantidad de antocianinas en ambas concentraciones.

Se evaluó la cantidad de antocianinas en CMT, CMTA, ECM, ECMA, ECG, ECGA y CMM observándose que las bebidas que obtuvieron mayor cantidad de antocianinas fueron los extractos de coronta de maíz morado (ECM y ECMA) encontrándose con mayor significancia, seguido de las bebidas de chicha morada tradicional (CMT y CMTA) y de granos de maíz morado (ECG y ECGA). La bebida con menor cantidad de antocianinas fue el concentrado de chicha morada (CMM).

Se pudo evaluar la capacidad antioxidante de las antocianinas en CMT, CMTA ECM, ECMA, ECG, ECGA, CMM y CA viéndose que las bebidas que presentaban mayor capacidad antioxidante eran las que estaban elaboradas a base del extracto de coronta de maíz (ECM y ECMA), seguido de la chicha morada tradicional (CMT y CMTA), los granos de maíz morado (ECG y ECGA), el control de ingredientes (CA) y, por último, del concentrado de chicha morada (CMM), debido a la menor cantidad de antocianinas que poseía. Se encontró que no hay diferencias significativas en la capacidad antioxidante entre los diferentes grupos de bebidas evaluadas anteriormente.

Al realizar la comparación de las formas de consumo de acuerdo a los resultados obtenidos, se determinó que existe una relación directamente proporcional entre el contenido total de antocianinas y la actividad antioxidante en las bebidas preparadas, es decir, a mayor cantidad de antocianinas, se observa un aumento en la capacidad



antioxidante.

De igual manera, se requieren realizar futuras investigaciones para poder establecer un posible rol en la nutrición humana de la chicha morada tradicional, concentrado de chicha morada y extracto de coronta de maíz morado; debido a que no existen ensayos clínicos directos de los beneficios de estas bebidas.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Patthamakanokporn O, Puwastien P, Nitithamyong A, Sirichakwal P. Changes of antioxidant activity and total phenolic compounds during storage of selected fruits. *Journal of Food Composition and Analysis* [Internet]. 2008;21(3):241–8. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S088915750700172X>
2. Baiano A, Del Nobile M. Antioxidant Compounds from Vegetable Matrices: Biosynthesis, Occurrence, and Extraction Systems. *Crit Rev Food Sci Nutr* [Internet]. 2016; 56(12):2053–68. Available from: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10408398.2013.812059>
3. Schwartz S, Cooperstone J, Cichon M, Von J, Giusti M. Colorants. In: Dekker M, editor. *Fennema's Food Chemistry*. 5th ed. Food Chemistry; 2017. p. 72.
4. Justo C, Venereo R. Daño oxidativo, radicales libres y antioxidantes. *Revista Cubana de Medicina Militar* [Internet]. 2002;31(2):126–33. Available from: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0138-65572002000200009#cargo](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0138-65572002000200009#cargo)
5. Sánchez V, Méndez N. Estrés oxidativo, antioxidantes y enfermedad. *Revista de Investigación Médica Sur (México)* [Internet]. 2013;20(3):161–8. Available from: <https://www.medigraphic.com/pdfs/medsur/ms-2013/ms133e.pdf>
6. Paredes F, Roca J. Influencia de los radicales libres en el envejecimiento celular. *Offarm: Farmacia y Sociedad* [Internet]. 2002;21(7):96–100. Available from: <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-articulo-influencia-radicales-libres-el-envejecimiento-13034834>
7. Garzón G. Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos: Revisión. *Acta Biolo Colomb* [Internet]. 2008;13(3):27–36. Available from: <http://www.scielo.org.co/pdf/abc/v13n3/v13n3a2.pdf>
8. Aguilera M, Reza M, Chew R, Meza J. Propiedades funcionales de las antocianinas. *Biocencia* [Internet]. 2011;13(2):16–22. Available from: <http://biocencia.ojs.escire.net/index.php/biocencia/article/view/81>
9. Guillén J, Mori S, Paucar L. Características y propiedades funcionales del maíz morado (*Zea mays* L.) var. subnigroviolaceo. *Scientia Agropecuaria* [Internet]. 2014; 30;5(4):211–7. Available from: <http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop/article/view/735>

- Actividad antioxidante de antocianinas presentes en la coronta y grano de maíz (*Zea mays* L.) variedad morada nativa cultivada en la ciudad de Trujillo [Tesis de grado]. Universidad Cesar Vallejo; 2012.
10. Fukamachi K, Imada T, Et.al. El color del maíz morado suprime el nivel de proteína Ras e inhibe la carcinogénesis mamaria inducida por 7,12-dimetilbenz [a] antraceno en la rata. *Cancer Sci.* 2008;99(9):1841–6.
  11. Fujiyama C, Landman G, Ribeiro A, Artigiani R, Mendes R, Pazine V, et al. Grape juice concentrate (G8000™) modulates apoptosis but not oxidative stress following rat colon carcinogenesis induced by azoxymethane. *Toxicol Mech Methods* [Internet]. 2015; 12;25(2):91–7. Available from: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.3109/15376516.2014.989556>
  12. Salinas Y, García C, Coutiño B, Vidal V. Variabilidad en contenido y tipos de antocianinas en granos de color azul/morado de poblaciones mexicanas de maíz. *Revista fitotecnia mexicana* [Internet]. 2013;36(3):285–94. Available from: <https://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v36s3-a/v36s3-aa5.pdf>
  13. Tomay F, Marinelli A, Leoni V, Caccia C, Matros A, Mock H, et al. Purple corn extract induces long-lasting reprogramming and M2 phenotypic switch of adipose tissue macrophages in obese mice. *J Transl Med* [Internet]. 2019; 23;17(1):237. Available from: <https://translational-medicine.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12967-019-1972-6>
  14. Pilco W. Mercados Cautivos para Productos Ancestrales Chicha de Jora y Morada. *Revista Ciencia UNEMI* [Internet]. 2013;6(10):82–93. Available from: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5210298>
  15. Instituto Nacional de Investigación Agraria. Maíz INIA 615 - Negro Canaán: Nueva variedad de maíz morado para la sierra peruana [Internet]. Ayacucho; 2007. Available from: <https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/648>
  16. Leiva S, Gayoso G, Chang L. *Zea mays* L. “maíz morado” (Poaceae), un cereal utilizado como alimento en el Perú prehispánico. *Arnaldoa* [Internet]. 2016;23(1):295–316. Available from: <https://www.biodiversitylibrary.org/part/249970>
  17. Arroyo J, Raez E, Rodríguez M, Chumpitaz V, Burga J, De la Cruz W, et al. Reducción del colesterol y aumento de la capacidad antioxidante por el consumo crónico de maíz morado (*Zea mays* L) en ratas hipercolesterolémicas. *Rev Peru Med Exp Salud Publica* [Internet]. 2007;24(2):157–62. Available from:

- <http://www.scielo.org.pe/pdf/rins/v24n2/a10v24n2.pdf>
18. Foy E. Los efectos de las antocianinas extraídas de *Zea mays* L. (Maíz Morado) sobre las hiperlipidemias en ratas albinas. *Biotempo* [Internet]. 2017;10:32–8. Available from: <http://revistas.urp.edu.pe/index.php/Biotempo/article/view/856>
  19. León S. Campaña de lanzamiento para concentrado de chicha morada “Andina” [Internet] [Tesis de grado]. Universidad de Lima; 2019. Available from: <https://hdl.handle.net/20.500.12724/10281>
  20. Ichianagui C, Soriano C, Frisancho O. Eficacia y seguridad del concentrado liofilizado de *Zea mays* morado en la prevención de formación de pólipos colónicos. *Rev. gastroenterol.* 2021;41(3):156-63. Available from: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rgp/v41n3/1022-5129-rgp-41-03-156.pdf>
  21. Sotomayor R. Extracción y cuantificación de antocianinas a partir de los granos de *Zea mays* L. (maíz morado). *Cienc Desarro* [Internet]. 2013;16(1):69–74. Available from: <http://revistas.uap.edu.pe/ojs/index.php/CYD/article/view/1120>
  22. Zapata L, Castagnini J, Quinteros C, Al Et. Anthocyanins Stability During Storage of Blueberries Juice. *Revista Vitae* [Internet]. 2016;23(3):173–83. Available from: <https://revistas.udea.edu.co/index.php/vitae/article/view/26350>
  23. Hellström J, Mattila P, Karjalainen R. Stability of anthocyanins in berry juices stored at different temperatures. *Journal of Food Composition and Analysis* [Internet]. 2013;31(1):12–9. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0889157513000422>
  24. Medina N, Narro L, Chávez A. Cultivo de maíz morado (*Zea mays* L.) en zona alto andina del Perú: Adaptación e identificación de cultivares de alto rendimiento y contenido de antocianinas. *Scientia agropecuaria.* 2020; 11 (3):291-299. Available from: <http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v11n3/2077-9917-agro-11-03-291.pdf>
  25. Real Academia Española [citado el 15 de abril de 2024]. Available from: <https://dle.rae.es/extracto>
  26. CODEX STAN 247 [citado el 15 de abril de 2024]. Available from: <https://www.cofemersimir.gob.mx/expediente/6220/mir/15632/archivo/547479/>
  27. Inacal define requisitos de calidad para la elaboración de la chicha morada [Internet]. *Elperuano.pe.* [citado el 15 de abril de 2024]. Available from: <https://www.elperuano.pe/noticia/218803-inacal-define-requisitos-de-calidad-para-la->

elaboracion-de-la-chicha-morada.

28. Gorriti A, Arroyo J, Negron L, Jurado B, Purizaca H, Santiago I, et al. Antocianinas, fenoles totales y actividad antioxidante de las corontas del maíz morado (*Zea mays* L.): Método de extracción. *Bol Latinoam Caribe Plantas Med Aromat* [Internet]. 2009;8(6):509–18. Available from: <https://www.redalyc.org/pdf/856/85617461006.pdf>
29. Martínez N, Arévalo K, Verde M, Rivas C, Oranday A, Núñez A, et al. Antocianinas y actividad anti radicales libres de *Rubus adenotrichus* Schltld (zarzamora). *Revista mexicana de ciencias farmacéuticas* [Internet]. 2011;42(4):66–71. Available from: <https://www.scielo.org.mx/pdf/rmcf/v42n4/v42n4a7.pdf>
30. Ghiselli A, Serafini M, Natella F, Scaccini C. Total antioxidant capacity as a tool to assess redox status: critical view and experimental data. *Free Radic Biol Med* [Internet]. 2000;29(11):1106–14. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0891584900003944>.
31. Munteanu I, Apetrei C. Analytical Methods Used in Determining Antioxidant Activity: A Review. *Int J Mol Sci* [Internet]. 2021; 25;22(7):3380. Available from: <https://www.mdpi.com/1422-0067/22/7/3380>.
32. Wayner D, Burton G, Ingold K, Locke S. Quantitative measurement of the total, peroxy radical-trapping antioxidant capability of human blood plasma by controlled peroxidation. *FEBS Lett* [Internet]. 1985;187(1):33–7. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1016/0014-5793%2885%2981208-4>.
33. Ccaccya A, Soberón M, Arnao I. 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* [Internet]. 2019;85(2):206–15. Available from: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v85n2/a08v85n2.pdf>
34. Vásquez V, Piña P, Medina A, Cabrera H, Seminario A, Jiménez Díaz L, et al. Anthocyanin content in crown and bracts from six cultivars of purple maize (*Zea mays* L.) from Peru. *Manglar* [Internet]. 2020; 17(4):353–8. Available from: <https://erp.untumbes.edu.pe/revistas/index.php/manglar/article/view/203>
35. Cabezas M. Efecto de los parámetros de extracción acuosa de antocianinas de tres procedencias de la coronta de maíz morado (*Zea mays* L.) [Internet] [Tesis de grado]. Universidad Peruana Unión; 2019. Available from: <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/1727>

36. Cerro S, Espillico L. Antocianinas en corontas y extractos de maíz morado (*Zea Mays* L) “INIA 615” conservados en anaquel. *Revista de la Sociedad Química del Perú* [Internet]. 2021;87(3):217–27. Available from: <http://revistas.sqperu.org.pe/index.php/revistasqperu/article/view/349>
37. Shan B, Cai Y, Sun M, Corke H. Antioxidant Capacity of 26 Spice Extracts and Characterization of Their Phenolic Constituents. *J Agric Food Chem* [Internet]. 2005; 53(20):7749–59. Available from: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf051513y>.
38. Hernández M. Bebida a base de maíz morado (*Zea mays*) compuestos bioactivos y efecto antioxidante en un modelo in vivo [Internet] [Tesis de maestría]. Universidad Autónoma de Nuevo León; 2021. Available from: <http://eprints.uanl.mx/id/eprint/21339>
39. Rabanal M, Medina A. Análisis de antocianinas en el maíz morado (*Zea mays* L.) del Perú y sus propiedades antioxidantes. *Terra Latinoamericana* [Internet]. 2021; 17; 39:1–12. Available from: <https://www.terralatinoamericana.org.mx/index.php/terra/article/view/808>.
40. Burga M. Extracción de flavonoides del residuo de maíz morado por ultrasonido e identificación por espectrometría de masas [Internet] [Tesis de grado]. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo; 2022. Available from: <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/11231>
41. Sánchez E, Castro D. Extracción y cuantificación de Antocianinas de maíz morado (*zea mays* l.) utilizando dos solventes a diferentes temperaturas y tiempos de extracción. *Revista Latinoamericana de Difusión Científica* [Internet]. 2023;5(8):47–80. Available from: <https://difusioncientifica.info/index.php/difusioncientifica/article/view/93/152>
42. Chuquimia F, Alvarado A, Peñarrieta J, Bergenståh B, Åkesson B. Determinación de la capacidad antioxidante y la cuantificación de compuestos fenólicos y flavonoidicos de cuatro especies vegetales de la región andina de Bolivia. *Revolquim* [Internet]. 2008 ;25(1):75-83. Available from : <http://www.scielo.org.bo/pdf/rbq/v25n1/v25n1a13.pdf>
43. Mejia J, García K, Velázquez G, Vázquez A. Capacidad antioxidante: conceptos, métodos de cuantificación y su aplicación en la caracterización de frutos tropicales y productos derivados. *Rev Colomb Investig* [Internet] . 2021;9(1):9-33. Available: <https://doi.org/10.23850/24220582.4023>
44. Maldonado D. Bebidas tradicionales, una expresión cultural. — [Internet]. URKO cocina local. 2017 [citado el 15 de abril de 2024]. Available from:

<https://www.urko.rest/blogurko/bebidastradicionales>

## 7.ANEXO

Anexo 1. Características organolépticas de los preparados a base de maíz morado

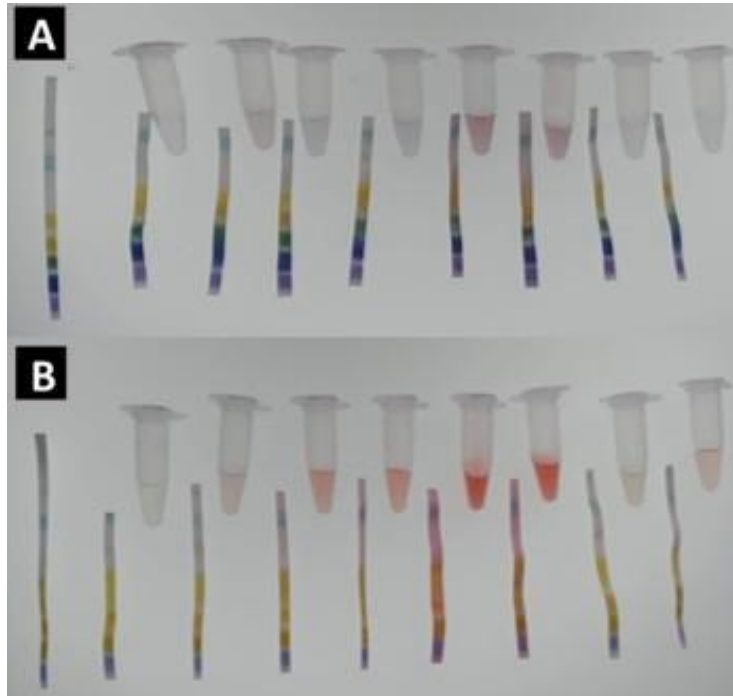
| CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS |  |                                     |  |                                 |  |                                 |  |   |
|--------------------------------|--|-------------------------------------|--|---------------------------------|--|---------------------------------|--|---|
|                                | CMTA   | CMT                                 | EGMA   | EGM                             | ECMA   | ECM                             | CMM  | CA  |
| Olor                           | Característico de la chicha morada preparada con piña, membrillo, canela y clavo.                  | Característico de la chicha morada. | Característico del maíz morado intenso preparado con piña, membrillo, canela y clavo.  | Característico del maíz morado. | Característico del maíz morado preparada con piña, membrillo, canela y clavo.                | Característico del maíz morado. | Característico del maíz morado y del azúcar añadido. | Característico de la piña, canela y membrillo.            |
| Color                          | Morado claro   | Morado claro                        | Morado oscuro  | Morado oscuro                   | Morado intenso   | Morado intenso                  | Morado oscuro  | Amarillo pálido   |
| Sabor                          | Característico de la chicha morada con adición de piña, membrillo, canela, clavo y con sabor dulce | Característico del maíz morado      | Intenso de maíz morado con adición de piña, membrillo, canela, clavo y con sabor dulce | Intenso de maíz morado          | Característico de maíz morado con adición de piña, membrillo, canela y clavo con sabor dulce | Característico de maíz morado   | Característico del maíz morado con sabor más dulce   | Característico de la piña y el membrillo, con sabor dulce |
| Textura                        | Aguada   | Aguada                              | Aguada   | Aguada                          | Ligeramente espesa   | Ligeramente espesa              | Espeso   | Aguada  |



|                     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|---------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| <b>pH<br/>AcNa*</b> | 4.5 | 4.5 | 4.5 | 4.5 | 4.5 | 4.5 | 4.5 | 4.5 |
| <b>pH KCl**</b>     | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 |

\*AcNa: acetato de sodio; \*\*KCl: cloruro de potasio

**Anexo 2.** Tiras de Ph del compuesto con acetato de sodio y cloruro de potasio. A) Tiras de pH de las muestras de preparaciones con maíz morado con acetato de sodio. B) Tiras de pH de las muestras de preparaciones de maíz morado con cloruro de potasio



**Anexo 3.** Comparación de resultados de % IC50 de cada muestra evaluada

