

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN**



**ESCUELA DE POSGRADO**

**TESIS**

**EXTRACCIÓN DE PIGMENTOS  
ANTOCIÁNICOS DE LA CORONTA DE  
MAÍZ MORADO (*Zea mays* L.) Y USO COMO  
COLORANTES EN LA ELABORACIÓN DE  
YOGURT**

**PRESENTADO POR:**

**Milagros Daisy Lucas Fernández**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN PROYECTOS Y  
DESARROLLO EMPRESARIAL**

**ASESOR:**

**Mg. Javier Ivan Sanchez Neyra**

**HUACHO - 2019**

**EXTRACCIÓN DE PIGMENTOS ANTOCIÁNICOS DE LA  
CORONTA DE MAÍZ MORADO (Zea mays L.) Y USO COMO  
COLORANTES EN LA ELABORACIÓN DE YOGURT**

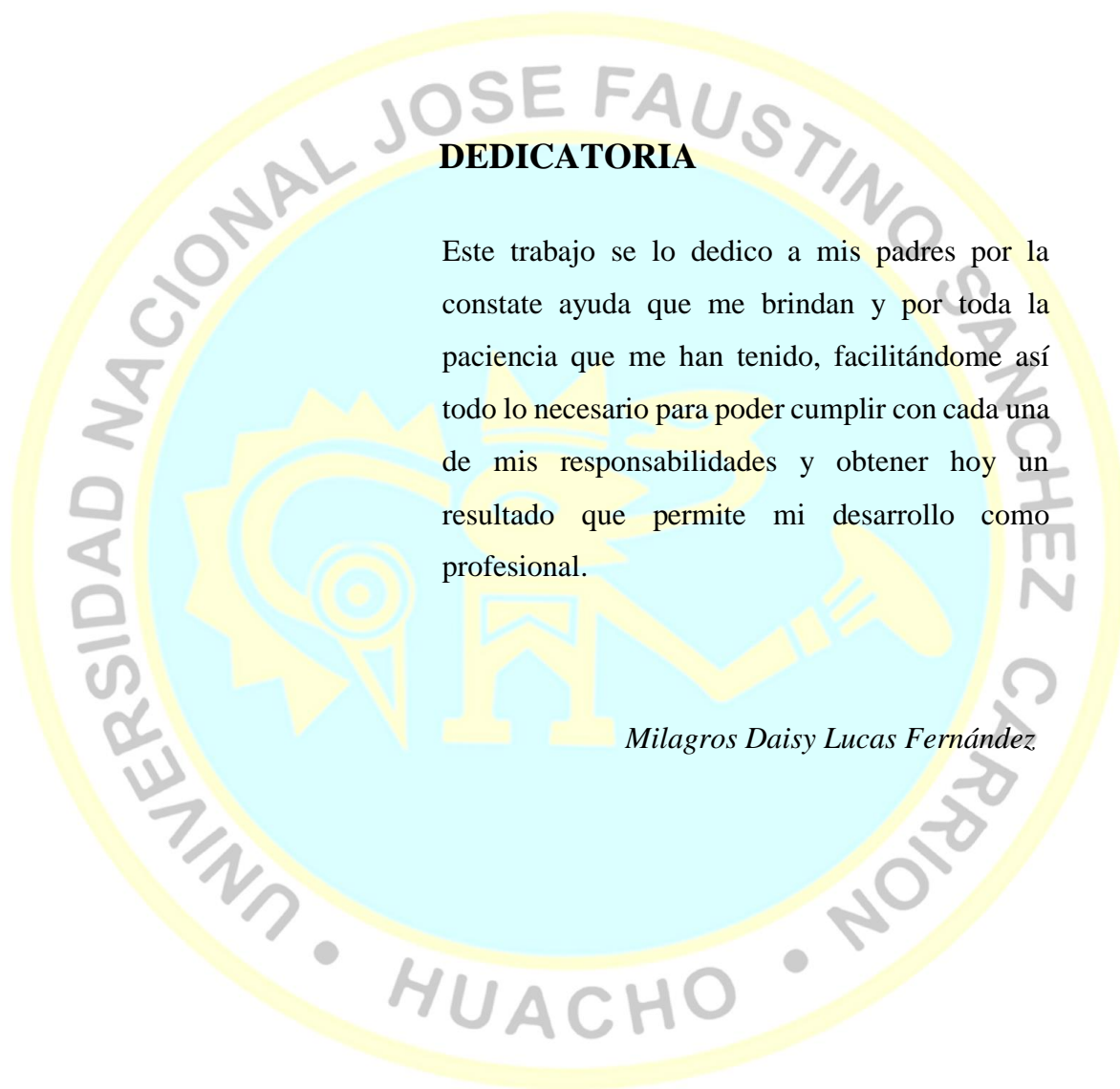
**Milagros Daisy Lucas Fernández**

**TESIS DE MAESTRÍA**

**ASESOR: Mg. Javier Ivan Sanchez Neyra**

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN  
ESCUELA DE POSGRADO**

**MAESTRO EN PROYECTOS Y DESARROLLO EMPRESARIAL  
HUACHO  
2019**



## **DEDICATORIA**

Este trabajo se lo dedico a mis padres por la constante ayuda que me brindan y por toda la paciencia que me han tenido, facilitándome así todo lo necesario para poder cumplir con cada una de mis responsabilidades y obtener hoy un resultado que permite mi desarrollo como profesional.

*Milagros Daisy Lucas Fernández*

## AGRADECIMIENTO

Agradezco al Dr. Julio Macedo por guiar mis ideas y direccionar la parte experimental de esta investigación.

Agradezco al Dr. Luis Baldeos por sus oportunas indicaciones en el desarrollo de la tesis.

Agradezco también al Mg. José Arias Pittman por su participación activa en la parte estadística de esta investigación.

Agradezco al Mg. Víctor Silva Toledo por sus atentas y rápidas respuestas a las diferentes inquietudes presentadas en el desarrollo de la tesis.

Agradezco al Mg. Ivan Sanchez Neyra por su gran apoyo en los conflictos presentados en el transcurso del proceso de investigación.

También agradezco a cada uno de mis hermanos (Yovanna, Henry, Leydy) por la preocupación que sienten siempre por mí y por brindarme su valiosa ayuda cuando lo he necesitado.

También agradezco a mi gran esposo, que con todo su amor siempre estuvo ayudándome en el hogar, en el negocio y en los percances del trabajo, logrando optimizar mi tiempo. Por ultimo agradezco a mi hijo Eduardo y a mis dos bebes Astrid y Michel por ser la pureza e inocencia de mi hogar, transmitiendo siempre alegría justo en los momentos frustrantes.

*Milagros Daisy Lucas Fernández*

# ÍNDICE

<b>DEDICATORIA</b>	<b>iii</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b>	<b>iv</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>ix</b>

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

<b>1.1 Descripción de la realidad problemática</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Formulación del problema</b>	<b>2</b>
<b>1.2.1 Problema general</b>	<b>2</b>
<b>1.2.2 Problemas específicos</b>	<b>2</b>
<b>1.3 Objetivos de la investigación</b>	<b>2</b>
<b>1.3.1 Objetivo general</b>	<b>2</b>
<b>1.3.2 Objetivos específicos</b>	<b>2</b>
<b>1.4 Justificación de la investigación</b>	<b>2</b>
<b>1.5 Delimitaciones del estudio</b>	<b>4</b>
<b>1.6 Viabilidad del estudio</b>	<b>4</b>

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

<b>2.1 Antecedentes de la investigación</b>	<b>6</b>
<b>2.1.1 Investigaciones internacionales</b>	<b>6</b>
<b>2.1.2 Investigaciones nacionales</b>	<b>8</b>
<b>2.2 Bases teóricas</b>	<b>12</b>
<b>2.3 Definición de términos básicos</b>	<b>25</b>
<b>2.4 Hipótesis de investigación</b>	<b>26</b>
<b>2.4.1 Hipótesis general</b>	<b>26</b>
<b>2.4.2 Hipótesis específicas</b>	<b>26</b>
<b>2.5 Operacionalización de las variables</b>	<b>26</b>

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

<b>3.1 Diseño metodológico</b>	<b>28</b>
<b>3.1.1 Selección y análisis biométrico del maíz morado</b>	<b>28</b>
<b>3.1.2 Extracción del colorante</b>	<b>29</b>
<b>3.1.3 Cuantificación de antocianinas totales</b>	<b>29</b>
<b>3.1.4 Elaboración del yogurt</b>	<b>31</b>



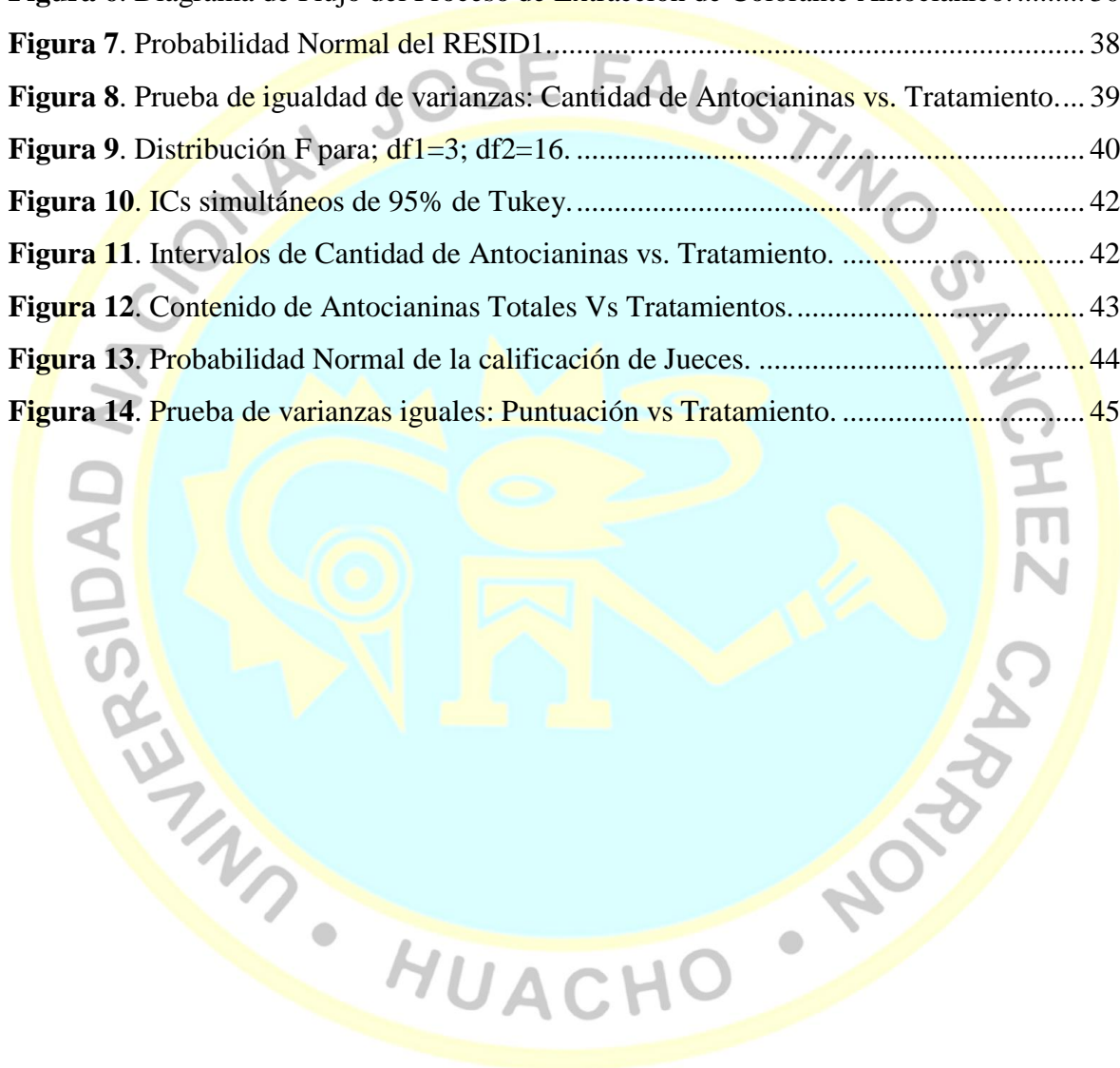
3.1.5	Aplicación y evaluación del extracto antocianico	32
3.2	Población y muestra	33
3.2.1	Población	33
3.2.2	Muestra	33
3.3	Técnicas de recolección de datos	33
3.4	Técnicas para el procesamiento de la información	33
<b>CAPÍTULO IV</b>		
<b>RESULTADOS</b>		
4.1	Análisis de resultados	36
4.1.1	Caracterización de la materia prima	36
4.1.2	Espectro de absorción y contenido de antocianinas mg/g	36
4.1.3	Evaluación del extracto de coronta de maíz morado como colorante de yogurt.	43
4.1.4	Color del yogurt, cambios de pH y estabilidad de las antocianinas.	47
4.2	Contrastación de hipótesis	48
<b>CAPÍTULO V</b>		
<b>DISCUSIÓN</b>		
5.1	Discusión de resultados	50
<b>CAPÍTULO VI</b>		
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>		
6.1	Conclusiones	53
6.2	Recomendaciones	54
<b>REFERENCIAS</b>		
7.1	Fuentes documentales	55
7.2	Fuentes bibliográficas	55
7.3	Fuentes hemerográficas	56
7.4	Fuentes electrónicas	56
<b>ANEXOS</b>		57

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Clasificación Taxonómica del Maíz Morado .....	12
<b>Tabla 2:</b> Composición química del Maíz Morado .....	14
<b>Tabla 3:</b> Principales Colorantes Sintéticos .....	16
<b>Tabla 4:</b> Clasificación de los colorantes naturales según su naturaleza química .....	17
<b>Tabla 5:</b> Operacionalización de las Variables .....	27
<b>Tabla 6:</b> Formulaciones del extracto de coronta de maíz morado .....	32
<b>Tabla 7:</b> Escala hedónica para la determinación de los atributos (color, sabor y aspecto) .....	32
<b>Tabla 8:</b> Análisis de varianza ANVA .....	34
<b>Tabla 9:</b> Caracterización biométrica de la coronta del Maíz Morado .....	36
<b>Tabla 10:</b> Análisis de varianza .....	40
<b>Tabla 11:</b> Comparaciones por parejas de Tukey .....	41
<b>Tabla 12:</b> Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias .....	41
<b>Tabla 13:</b> Calificaciones de los Jueces con respecto al color .....	44
<b>Tabla 14:</b> Prueba de Friedman: Puntuación vs. Tratamiento bloqueado por Jueces .....	46
<b>Tabla 15:</b> Prueba de comparaciones .....	46
<b>Tabla 16:</b> Resultados del análisis instrumental del color en las coordenadas L*a* y b* del yogurt batido con colorante de Maíz Morado. ....	47
<b>Tabla 17:</b> Análisis de Varianza.....	48

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Estructura del Cation Flavilio. ....	18
<b>Figura 2.</b> Estructura de las Antocianinas. ....	19
<b>Figura 3.</b> Extracción simplificada de las antocianinas del maíz morado .....	23
<b>Figura 4.</b> Conduccion y Ejecución de la Investigación .....	28
<b>Figura 5.</b> Diagrama de Flujo del Proceso de Extracción de Colorante Antociánico. ....	29
<b>Figura 6.</b> Diagrama de Flujo del Proceso de Extracción de Colorante Antociánico. ....	30
<b>Figura 7.</b> Probabilidad Normal del RESID1.....	38
<b>Figura 8.</b> Prueba de igualdad de varianzas: Cantidad de Antocianinas vs. Tratamiento....	39
<b>Figura 9.</b> Distribución F para; $df_1=3$ ; $df_2=16$ . ....	40
<b>Figura 10.</b> ICs simultáneos de 95% de Tukey.....	42
<b>Figura 11.</b> Intervalos de Cantidad de Antocianinas vs. Tratamiento. ....	42
<b>Figura 12.</b> Contenido de Antocianinas Totales Vs Tratamientos.....	43
<b>Figura 13.</b> Probabilidad Normal de la calificación de Jueces. ....	44
<b>Figura 14.</b> Prueba de varianzas iguales: Puntuación vs Tratamiento. ....	45





## RESUMEN

Hoy en día se puede observar que los colorantes sintéticos utilizados en los alimentos son muy cuestionados, pues estos con el tiempo causarían efectos negativos a la salud, y más bien se están dando paso a los colorantes naturales como los extraídos de fuentes vegetales, como es el caso del pigmento de la coronta del maíz morado. El objetivo es determinar la funcionabilidad del pigmento antociánico extraído de la coronta del maíz morado (*Zea mays* L.) como colorante de yogurt. Para su proceso de extracción se utilizó una solución alcohólica acidificada (etanol – ácido cítrico) como solvente en distintas concentraciones: Etanol con 60%, 70%, 80 y 90% con un 1% de ácido cítrico, para obtener el extracto de la coronta se utilizó el maíz morado adquirido en el mercado central de la ciudad de Huacho, una vez obtenido el colorante se determinó la concentración de antocianinas de los extractos (mg/g) utilizando para ello el método del pH diferencial. Para la aplicación y evaluación del extracto se estableció 3 formulaciones de 1, 2 y 3g de extracto en 100ml de yogurt, para evaluar el atributo del color se utilizó el método de análisis comparativo con escalas hedónicas de 1 a 7 puntos, esta característica organoléptica fue observada durante 3 semanas cada 7 días en condiciones de almacenamiento para evaluar la vida útil del yogurt, además se evaluó el color en términos de los valores L\*, a\* y b\* se calculó el tono mediante la expresión:  $(b^*/a^*)$  y el croma fue calculado como:  $[(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2}$ , el pH, la acidez y la apariencia física del yogurt. Por último los tratamientos más estables fueron presentados a un panel de degustadores semi entrenados compuesto por 15 personas. El más alto contenido de antocianinas se pudo observar en el T3 obtenidos a partir de las corontas, utilizando etanol al 80% y ácido cítrico al 1% como solvente, obteniendo así: 7,06 mg cianidina-3-glucosido/1g de muestra de la coronta maíz morado. Los resultados también indicaron que la coloración obtenida a partir del tratamiento 3 fue el de mayor aceptación registrando así un valor en la escala hedónica de 6 calificado como muy bueno en color y en cuanto a los cambios de color durante el tiempo de almacenamiento las muestras del yogurt con colorante reportaron valores para (1) L: 78,1 Hue: 23 croma: 16 y para (2) L: 79,8 Hue: 38 croma: 14, estas variaciones no causaron efectos observables en el color del yogurt, por lo tanto se puede determinar que el pigmento de la coronta del maíz morado funciona como colorante en el yogurt.

Palabras clave: Colorante, yogur, antocianina, solvente.

## ABSTRACT

Nowadays it can be observed that the synthetic dyes used in foods are very questioned, because these will eventually cause negative health effects, and rather they are giving way to natural dyes like those extracted from vegetable sources, as it is the case of the purple corn crown pigment. The objective is to determine the functionality of the anthocyanin pigment extracted from the crown of purple corn (*Zea mays* L.) as a yogurt dye. For its extraction process an acidified alcoholic solution (ethanol - citric acid) was used as a solvent in different concentrations: Ethanol with 60%, 70%, 80 and 90% with 1% citric acid, to obtain the extract of the crown the purple corn purchased in the central market of the city of Huacho was used, once the dye was obtained, the anthocyanin concentration of the extracts (mg / g) was determined using the differential pH method. For the application and evaluation of the extract, 3 formulations of 1, 2 and 3g of extract in 100ml of yogurt were established. To evaluate the color attribute, the method of comparative analysis with hedonic scales of 1 to 7 points was used, this organoleptic characteristic was observed. for 3 weeks every 7 days under storage conditions to evaluate the useful life of the yogurt, in addition the color was evaluated in terms of the values L \*, a \* and b \* the tone was calculated by means of the expression:  $(b^* / a^*)$  and the chroma was calculated as:  $[(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2}$ , the pH, the acidity and the physical appearance of the yogurt. Finally, the most stable treatments were presented to a panel of semi-trained tasters composed of 15 people. The highest content of anthocyanins could be observed in the T3 obtained from the coronates, using 80% ethanol and 1% citric acid as solvent, obtaining: 7.06 mg cyanidin-3-glucoside / 1g of sample from the crown purple corn. The results also indicated that the coloration obtained from treatment 3 was the one with the highest acceptance, thus registering a value on the hedonic scale of 6 qualified as very good in color and in terms of color changes during storage time. yogurt with colorant reported values for (1) L: 78.1, Hue: 23 chroma: 16 and for (2) L: 79.8 Hue: 38 chroma: 14, these variations did not cause observable effects on the color of the yogurt, therefore It can determine that the pigment of the crown of purple corn works as a dye in yogurt.

Keywords: Coloring, yoghurt, anthocyanin, solvent.

## INTRODUCCIÓN

Hoy en la actualidad el uso de los colorantes sintéticos está muy cuestionado por los propios consumidores pues se relaciona estos colorantes con ciertas enfermedades muy fatídicas como es el cáncer. Wang, Couture, Do, Phan y Tong (1997) citado en (Salinas, Rubio, & Diaz, 2005, pág. 293). Principalmente los colorantes rojos son los prohibidos es por ello que las antocianinas como pigmentos naturales inocuos son considerables en las industrias alimentarias. Actualmente se viene utilizando con mayor frecuencia los pigmentos rojos pues las antocianinas no son estables expuestas en soluciones naturales neutras y alcalinas ya que ocurren cambios diferentes en el procesamiento del material crudo y al almacenaje manifestándose cambios como pérdida de color formación de precipitados de los extractos pérdida de color y oscurecimiento del producto, a su vez son sensibles a los cambios de pH, por ejemplo a un pH de 3 se presenta como sales de flavilo de color rojo, cuando está a un pH de 8 presenta un color violeta y a un pH de 11 es de color azul (Lock, 1997, pág. 95).

Últimos estudios también reportan que cuando las antocianinas se presentan como productos de condensación con catequinas y en presencia de aldehídos son más resistentes a los cambio de pH, dando así un mayor valor como agente de coloración en los alimentos (Lock, 1997, pág. 96).

En nuestro país existe diversidad de maíz morado dependiendo de la zona de cultivo, la materia que permite obtener el colorante de este maíz morado son las antocianinas. Estas son las responsables de los colores rojos, azules y morados, las cuales son determinadas como 3-glucosidos de cianidina, pelargonidina y peonidina, 3-galactosido de cianidina, libres y acilados. (Lock, 1997, p. 208). Según estudios la acilacion no tendrá efecto en el color, pero si permite la estabilidad en él, es por esto que las antocianinas del maíz morado pueden ser comercializadas como colorantes de alimentos. (Badui, 2013, pág. 422).

Fernández (1995) menciona que el mayor porcentaje de antocianina lo encontramos en la coronta del maíz morado. (pág. 115), por tanto esto representa una importante fuente de pigmentos rojos a su vez estos pueden ser utilizados en productos de menor acidez como es el caso del yogurt.

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1 Descripción de la realidad problemática

El color es lo primero que resalta en un alimento y decide el juicio principal sobre su calidad, pues tiende a modificar subjetivamente las otras sensaciones, la aceptación o rechazo de un alimento va a depender de su color característico y que además este debiera mantenerse durante todo su proceso, sin embargo la mayoría de las veces esta no es la situación, pues se desea que el color permanezca y no tenga variación al momento del consumo, y esto se logra a partir de los pigmentos sintéticos.

Los pigmentos sintéticos son muy utilizados en la industria alimentaria, estos necesitan de una certificación para su uso, pues incluyen sustancias químicas sintetizadas con un alto grado de pureza, es por eso que existe una gran preocupación por el consumo de pigmentos sintéticos con respecto a su efecto sobre la salud, por esto se ha reducido cada vez más su uso en alimentos y hoy los consumidores exigen productos sin aditivos sintéticos (Badui, 2013, pág. 402)

La coronta y los granos de maíz morado son ricas en antocianinas, por lo cual es de interés para nuestro estudio, ya que nos permite obtener un colorante rojo natural que puede ser una nueva alternativa para la industria ya que estos pigmentos naturales pueden sustituir muy bien a los pigmentos sintéticos, logrando mejorar los atributos físicos de numerosos productos, por ejemplo, el yogur, además estos pigmentos poseen propiedades antioxidantes; que permitirá al consumidor aportar bienestar cuidando así su salud.

En este estudio se determinan los parámetros para el proceso de extracción del pigmento antociánico, para posteriormente determinar la funcionabilidad del colorante en el yogurt, de esta manera se estaría aprovechando los recursos abundantes que existen en nuestro país como es el maíz morado, además esta sería una nueva alternativa del uso del pigmentos de la coronta del maíz morado como colorante natural en el yogurt.



## **1.2 Formulación del problema**

### **1.2.1 Problema general**

- ¿Cuál es la funcionabilidad de los pigmentos antociánicos extraídos de la coronta del maíz morado como colorantes en el yogurt?

### **1.2.2 Problemas específicos**

- ¿Cuáles son los parámetros que se utilizarán en el proceso de extracción del pigmento antociánico de la coronta del maíz morado?
- ¿Cuál es la concentración de los pigmentos antociánicos extraídos de la coronta del maíz morado (*Zea mays* L.)?
- ¿Qué características organolépticas en cuanto a su color presentará el yogurt coloreado con pigmentos antociánicos de la coronta del maíz morado (*Zea mays* L.)?

## **1.3 Objetivos de la investigación**

### **1.3.1 Objetivo general**

- Determinar la funcionabilidad de los pigmentos antociánicos extraídos de la coronta del maíz morado como colorantes en el yogurt.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Determinar los parámetros que se utilizarán en el proceso de extracción de los pigmentos antociánicos de la coronta del maíz morado (*Zea mays* L.)
- Determinar la concentración de los pigmentos antociánicos extraídos de la coronta del maíz morado (*Zea mays* L.)
- Determinar las características organolépticas que presentará el yogurt coloreado con los pigmentos antociánicos de la coronta del maíz morado (*Zea mays* L.)

## **1.4 Justificación de la investigación**

### **1.4.1 Conveniencia**

Las bondades del estudio de esta investigación pueden ser analizadas y aprovechadas en la industria de los alimentos, pues las antocianinas como pigmento aplicado sobre el yogurt no solo mejorara la apariencia general de este producto sino que además mejorara la apariencia total, incrementando su efecto benéfico en la salud humana, de esta manera expandirá su impacto útil en el bienestar humano, garantizando la seguridad del alimento y sus expectativas, tratando de transmitir ventajas más destacadas al bienestar del cliente e incrementando el nivel de calidad de un producto nutritivo y saludable.



#### **1.4.2 Relevancia social**

El objetivo del estudio es separar las antocianinas del maíz morado y aplicarlo como un colorante en el yogur para lograr obtener un producto que además de ser nutritivo tenga un valor agregado que repercuta en un efecto benéfico sobre la salud del consumidor, pues algunos estudios muestran pruebas lógicas de que los concentrados ricos en antocianinas pueden mejorar la nitidez visual, indicar acción de refuerzo celular, atrapar radicales y funcionar como operadores quimio protectores además, las antocianinas también toman parte en las propiedades antidiabéticas, por ejemplo, control de lípidos, descarga de insulina e impactos vaso protectores.

El interés por el pigmento antociánico se ha fortalecido recientemente, debido a sus propiedades farmacológicas y reparadoras, ya que estos permanecen intactos cuando pasan del tracto digestivo al torrente sanguíneo de los mamíferos aplicando así impactos restaurativos conocidos que incluyen en la disminución de enfermedades coronarias, anticancerígenas, antitumorales, calmantes y antidiabéticas, estos efectos terapéuticos están relacionados con su propiedad antioxidante que benefician la salud del consumidor.

#### **1.4.3 Implicaciones prácticas**

La realización de este trabajo conlleva la utilización de los recursos con los que cuenta nuestro país por ejemplo el maíz morado, que se puede aprovechar en particular las corontas que en muchas ocasiones son desechadas por pequeños daños que sufren después de la cosecha, dando así lugar a un pigmento natural que influye de manera importante en la aceptación como colorante natural del yogurt, pudiendo así introducir en el mercado un colorante característico que cumpla con las cualidades adecuadas y así fomentar la industria y llevar acabo otras investigaciones que permitan el aprovechamiento óptimo de la variedad de recursos con la cuenta nuestro país.

No obstante, adquirir un colorante característico beneficiaría al segmento hortícola ya que el maíz morado (*Zea maíz L.*) podría utilizarse no de la manera tradicional, sino que se da otra opción como la extracción de antocianinas y aplicarlo como color en el yogur.

#### **1.4.4 Valor teórico**

La disposición del estudio hace accesibles a los estudiantes y especialistas, una combinación precisa de la técnica de extracción, separación y concentración así como también los métodos de aplicación y el estudio de los parámetros de las antocianinas que serán obtenidas de las corontas del maíz morado, para su utilización como pigmento natural brindándole un color característico a un producto muy nutritivo como es el yogurt.

### **1.5 Delimitaciones del estudio**

#### **1.5.1 Delimitación Temporal**

Los datos que se requieren para el trabajo de investigación propuesto serán enmarcados dentro del periodo 2017-2018 considerando únicamente la temática del proceso de extracción del pigmento antociánico del maíz morado y su uso como colorante en el yogurt, esto será obtenido a través de fuentes primarias y secundarias.

#### **1.5.2 Delimitación espacial**

El trabajo de investigación se realizó en los ambientes de laboratorio de química de la Institución Emblemática Luis Fabio Xammar, utilizando como materia prima el maíz morado de la variedad canteño adquirido en el mercado central perteneciente la región Lima, provincia de Huaura y distrito de Huacho.

### **1.6 Viabilidad del estudio**

La investigación es viable pues se basa en un diseño experimental que se realizará con materiales conocidos y que sobre todo están al alcance de cualquier tipo de laboratorio, así mismo el tema de investigación cuenta con suficiente información tanto en internet como en libros. La materia prima que se utilizará se encuentra al alcance pues es muy abundante en nuestra provincia, en cuanto a lo económico esta investigación será financiada con recursos propios pues no requiere un mayor financiamiento o auspicio. En cuanto al tiempo será de plazo corto pues no demorara más de 12 meses dentro del año 2017 y 2018 así mismo la disponibilidad de tiempo que se requiere para hacer los análisis será corto ya que no hay mucha complejidad para desarrollar las pruebas.

Con el desarrollo de la investigación no se alterara ni producirá algún daño a las personas por el contrario con el producto obtenido se busca beneficiar la salud de las personas con el consumo de un yogurt coloreado con pigmentos antociánicos como es el del maíz morado.



## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes de la investigación

##### 2.1.1 Investigaciones internacionales

Yang, Fan, Gu, Han, & Chen, Z (2007) realizaron una investigación sobre “Optimización de la extracción de antocianinas de la mazorca de maíz morado (*Zea mays* L.) Usando colorimetría triestímulos” la cual tuvo como objetivo:

Optimizar las condiciones para extraer antocianinas de la mazorca. Se utilizó un diseño factorial completo ( $2^2 \times 3^2$ ). Los factores estudiados fueron tipo de solvente: etanol o metanol; mezcla de disolvente / agua: 100, 90, 80% v / v; tipo de ácido: ácido cítrico o ácido acético; y concentraciones de ácido: 0,25, 0,5 y 1% v / v. La colorimetría triestímulos se empleó para evaluar el rendimiento y la calidad de los extractos de antocianinas. Los resultados mostraron que el uso de metanol o etanol como disolventes de extracción tienen un efecto significativo ( $p \leq 0,001$ ) sobre el rendimiento final de antocianinas. Comparado con el etanol, se obtuvo un mayor rendimiento de antocianinas en metanol, así mismo el tipo de ácido cítrico afectó de manera significativa ( $p \leq 0,001$ ) el rendimiento de antocianinas. El ácido cítrico produjo un mayor rendimiento de antocianinas que el ácido acético, llegando a la conclusión que los tipos de solvente y ácido, las concentraciones de solvente y ácido significativamente ( $p \leq 0,001$ ) afectan el rendimiento de antocianinas. El rendimiento máximo (5,90 mg / g) de antocianinas se obtuvo con la combinación de 80% (v / v) de metanol y 1% (v / v) de concentración de ácido cítrico. Los valores relativamente altos de croma ( $C^* = 23,60$ ) y ángulo de matiz ( $h = 16,63$ ) del extracto de antocianinas se observaron en las mismas condiciones. (págs. 409-415)



Este trabajo se relaciona con la investigación planteada ya que permite obtener los resultados de la combinación de los tipos de solventes y ácidos así como las concentraciones y el rendimiento de antocianinas obtenidos a partir de la mazorca del maíz morado.

Salinas, Rubio & Díaz (2005) realizaron una investigación en la Universidad Autónoma Chapingo, México sobre el estudio de la “Extracción y uso de pigmentos del grano de maíz (*Zea mays* L.) Como colorantes en yogur” la cual tuvo como objetivo:

Determinar el uso potencial de las antocianinas extraídas de granos de maíz, como colorantes en yogur. Se emplearon cuatro variedades de maíz (Arrocillo, Peruano, Purépecha y cónico), la extracción de antocianinas se realizó con dos disolventes distintos. Uno fue etanol: ácido acético: agua; el otro fue metanol: ácido acético: agua; ambas en las proporciones 10:1:9 el extracto obtenido fue concentrado hasta sequedad en un rotavapor para obtener el contenido total de antocianinas, mediante el HPLC se obtuvo el perfil de antocianinas. Las antocianinas extraídas fueron añadidas a un yogur comercial, en concentración de 1mg/100 gr de yogur para luego ser almacenados en refrigeración a 4°C durante 25 días, llegando a la conclusión que el más alto contenido de antocianinas se obtuvo del maíz peruano y fue de 259,4 mg/100g de muestra, también el maíz peruano y el arrocillo son los que muestran los tonos rojizos más intensos a diferencia del maíz cónico y purépecha, el color de los yogures se mantuvo sin cambios durante los primeros 4 días pero entre los días 5 y 10 de almacenamiento cambiaron a una tonalidad más amarillenta sin embargo estos cambios no fueron visualmente evidentes por lo que es viable colorear los alimentos de bajo pH con extracto de antocianinas obtenidos de los granos de maíz estudiados (págs. 293-298)

Este trabajo se relaciona con la investigación planteada ya que permite obtener los perfiles de antocianinas utilizando dos tipos de solventes etanol y metanol indicando que este último es tóxico para el consumo humano además las antocianinas extraídas son



aplicadas como colorante en el yogur pudiendo observarse los cambios durante el almacenamiento.

### 2.1.2 Investigaciones nacionales

Gorriti, Quispe, Arroyo, Córdova & Jurado (2009) realizaron una investigación en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos sobre la “Extracción de antocianinas de las corontas de *Zea mays* L. (Maíz morado)” la cual tuvo como objetivo:

La identificación de las condiciones óptimas para la extracción de antocianinas de las corontas de maíz morado. Se empleó un diseño completo al azar con arreglo factorial 2A3B4C4D. Los factores estudiados fueron solvente de extracción en los niveles: agua, EtOH al 20 y 40%; medio de extracción a pH 2 y 4; temperatura de extracción a 25, 60, 75 y 90 °C; y tiempo de extracción a 30, 60, 120 y 240 min, en sus resultados. En sus resultados muestra que al evaluarse los valores promedio según el análisis de varianza (ANOVA) se observa que existen diferencias altamente significativas,  $p < 0,0001$  en el modelo experimental planteado. El ANOVA para las fuentes de variabilidad: solv. (Solvente de extracción), pH (medio de extracción), temp (temperatura de extracción), tiempo (tiempo de extracción), interacción solv. $\times$ pH, interacción pH $\times$ temp, interacción solv. $\times$ temp e interacción solv. $\times$ pH $\times$ temp, indican diferencias altamente significativas para  $p < 0,0001$ . Las interacciones solv. $\times$ tiempo y temp $\times$ tiempo muestran diferencias significativas para  $p < 0,01$ , y la interacción de 4 factores solv. $\times$ pH $\times$ temp $\times$ tiempo muestra diferencias significativas,  $p < 0,05$ . Las interacciones pH $\times$ tiempo; solv. $\times$ pH $\times$ tiempo; pH $\times$ temp $\times$ tiempo, y solv. $\times$ temp $\times$ tiempo no presentan diferencias significativas. Llegando a la conclusión que el análisis individual de los factores y sus interacciones corroboran que la extracción de antocianinas de las corontas del maíz morado depende de la temperatura y el tiempo de extracción, siendo favorecidas por el medio

etanólico al 20% y pH entre 2 y 4, alcanzando valores de 46,534 mg de antocianina/g muestra (págs. 64-74).

Este trabajo se relaciona con la investigación planteada ya que permite obtener los parámetros óptimos para la máxima extracción de antocianinas teniendo en cuenta el solvente, el pH, la temperatura y tiempo de extracción mostrando la interacción de los factores así como individualmente.

Araujo (1995) realizó una investigación en la Universidad Agraria la Molina sobre el Estudio de la extracción del colorante de maíz morado (*Zea mays* L.) Con el uso de enzimas la cual tuvo como objetivo:

Evaluar los principales factores que influyen en la extracción de antocianinas de maíz morado. Sus resultados mostraron que por cada 100 gr de maíz morado entero se obtiene 180,75 mg de antocianinas a partir del grano y 699,58 mg a partir de la coronta molida motivo por el cual se estudió la extracción de antocianinas a partir de la coronta. La maceración de la coronta molida para obtener la extracción de antocianinas en la una primera etapa se realizó con los siguientes parámetros: tiempo de 12 horas; temperatura ambiente 20°C; solvente agua desionizada-acidulada (ácido sulfúrico 0,1%); pH 2 del solvente; relación coronta/solvente 1/10, luego de la maceración se realizó una molienda húmeda. En una segunda etapa se estudió el uso de enzimas para optimizar la extracción de antocianinas, llegando a la conclusión que la enzima extrazyme permite aumentar la obtención de antocianinas en 24,3% con respecto a la convencional y que el tamaño de partícula menor a 150 micrones de la coronta incrementa en 25,88% la cantidad de antocianinas en la extracción con el uso de enzimas con respecto a la extracción sin enzima. Los parámetros óptimos para la extracción con enzima fueron: concentración de

extrazyme 0,05%; tiempo 60 min; temperatura 60°C lográndose obtener 1288 mg AcyT/100g. (págs. 72-97)

Este trabajo se relaciona con la investigación planteada ya que permite obtener los parámetros óptimos para la máxima extracción de antocianinas teniendo en cuenta el tamaño de partícula de la coronta molida ya que esta influye en relación inversa incrementándose la cantidad de antocianinas utilizando la enzima con respecto a cuándo no se utiliza.

Fernández (1995) realizó una investigación en la Universidad Agraria la Molina sobre el “Estudio de la extracción y pre - purificación de antocianinas de maíz morado (*Zea mays* L.)” la cual tuvo como objetivo:

Determinar los factores que influyen en la extracción de antocianinas de maíz morado. Al evaluar la materia colorante se determinó que la mayor cantidad de colorante se extrae de la coronta del maíz morado, la extracción fue mediante dos procedimientos primero por maceración y los factores estudiado fueron: tamaño de partícula (sin moler, 2, 5 y 10 mm), tiempo de maceración (1, 3, 6, 12, 24, y 48 horas) relación materia prima/solvente (1/4, 1/8, 1/10, 1/12, 1/16, 1/20 m/s) evaluación de solventes (H<sub>2</sub>O-HCl, H<sub>2</sub>O-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, Buffer citrato, Buffer acetato), acidos (HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, Cítrico y Acético) concentración (0,05, 0,10, 0,50, 1,00, 2,00) y temperatura de maceración (4, 10, 20 y 40°C). El segundo procedimiento consistió en la extracción por calentamiento donde se evaluó el número de etapas de extracción (1, 2, 3 y 4 etapas) el tiempo (15, 30, 45 y 60 min) y la temperatura de extracción (60, 70, 80 y 90°C). Sus resultados mostraron que a medida que aumenta el tiempo de maceración aumenta la cantidad de colorante extraído, lo mismo ocurre cuando incrementa la temperatura y el volumen de solvente, en el caso de los acidos empleados el sulfúrico y el clorhídrico proporcionan mayor cantidad de antocianinas respecto a los buffer de citrato y acetato, las muestras que fueron obtenidos con HCl

después de un periodo de almacenamiento presentaron un precipitado marrón oscuro, en cambio los extractos obtenidos con  $H_2SO_4$  permanecieron estables por 3 meses. En conclusión la mayor cantidad de antocianinas se encuentra en la coronta del maíz morado alcanzando 610,998 mg Acy/100gr, sin embargo, la cantidad de estas respecto al peso de la mazorca es mayor en el grano y las condiciones óptimas de extracción para la obtención de antocianinas a partir de la coronta del maíz morado fueron: molienda o reducción de tamaño de partícula a 2 mm, maceración con  $H_2O$  – 0,1%  $H_2SO_4$  a pH 2 en una proporción materia prima/solvente 1/12 20 °C por 12 horas y extracción por calentamiento en 3 etapas a 80°C por 30 min cada una (págs. 75-93).

Este trabajo se relaciona con la investigación planteada ya que permite obtener los factores que influyen en la extracción de antocianinas como el tamaño de partícula de la coronta, temperatura, tiempo de maceración, tipo de solvente, concentración del solvente, pH, número de extracciones, así como la influencia de la relación entre ellas.



## 2.2 Bases teóricas

### 2.2.1 El maíz morado

Los conocimientos del maíz morado se remontan muy probablemente a la época colonial, en la cual los agricultores pertenecientes a los valles andinos ubicados en la costa central entre los 1000 y 2000 msnm, exactamente en el valle de Canta, optaron y normalizaron el maíz morado, proviniendo de allí su nombre “Morado Canteño”, y que posiblemente surge a partir de la raza Kulli. Este maíz corresponde al género *zea*, especie *mays*, L. grupo amilaceae st, ecotipo: morado canteño. (Manrique, 2001, pág. 18)

Por otro lado según (Mostacero, Mejía y Gamarra, 2002) citado por (Carhuapoma & López, 2008, pág. 19) ubica la siguiente categoría taxonómica del maíz morado:

**Tabla 1:** Clasificación Taxonómica del Maiz Morado

CATEGORIA	TAXA
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Sub clase	Commelinidae
Orden	Cyperales
Familia	Poaceae
Especie	<i>Zea mays</i> L.
Subespecie	Subsp. <i>Mays</i>
Variedad	Var. <i>sub nigroviolaceo</i>

Nota: Carhuapoma & López (2008)

#### 2.2.1.1 Descripción botánica

**Raíz:** La raíz del maíz morado está formada por todo un sistema radical, la cual lo componen las raíces primarias y secundarias, las primarias son fibrosas y fasciculadas, mientras que las secundarias son adventicias y compactas, en general su desarrollo es muy rápido y presentan buen anclaje. (Carhuapoma & López, 2008, pág. 20)

**Tallo:** El tallo presenta un color morado y su altura va desde 2,5 a 3 m, su estructura está conformada por los nudos y los entrenudos cuya cantidad y tamaño son muy variables, por ejemplo la parte inferior del tallo aquella que se encuentra debajo de la tierra conocida como corona, presenta entrenudos muy pequeños y es a partir de ellos que nacen las raíces adventicias tanto como los brotes laterales. (Carhuapoma & López, 2008, pág. 20)

**Hojas:** El maíz morado presenta hojas muy largas que son lanceoladas o también pueden ser liguladas, a la vez son alternas y opuestas, también presentan vainas abrazadoras



con unas nervaduras paralelas, las vainas son cilíndricas y presentan abertura hasta la base y esta sale del nudo exactamente de la parte superior. (Carhuapoma & López, 2008, pág. 21)

**Flores:** En el caso del maíz morado, esta es una especie monoica, ya que presentan flores pistiladas, como estaminadas en la misma planta, pero están en separadas inflorescencias, justamente esta fue la razón por la cual no se podía explicar porque las panojas no reproducían semillas a diferencia de las mazorcas que no presentan apariencia de flores. (Carhuapoma & López, 2008, pág. 22)

**Inflorescencia estaminada:** El maíz es una planta que tiene flores unisexuales, una de ellas es la masculina, estas están agrupadas en una inflorescencia también llamada panoja, la cual se encuentra ubicada donde termina el tallo y ocupa el ápice de la planta, la continuación del tallo es su eje central ramificándose así, en varias ramas laterales o espigas. (Carhuapoma & López, 2008, pág. 22)

**Inflorescencia pistilada:** Otra de las flores unisexuales que presenta la planta del maíz es la femenina o pistilada, estas están agrupadas en una mazorca y se forman a partir de ramas laterales, así mismo son de estructura similar al tallo central, estas ramas derivan de un nudo y están externamente cubiertas por hojas, tanto el tallo como las ramas se diferencian porque el entrenudo es bastante corto y hay ciertas transformaciones en las hojas. La inflorescencia o también conocida como mazorca se encuentra formada por un eje cilíndrico en la cual están insertadas las espiguillas en pares siguiendo un espiral (Carhuapoma & López, 2008, pág. 23)

**Semilla:** El maíz presenta un fruto simple y este es de tipo cariopse, su semilla tiene un solo cotiledón, esta a su vez presenta dos partes cuando ya está madura, una es su endosperma que se encuentra ocupando la mayor parte, y la otra es el embrión que está en menor proporción, al epispermo lo conforman los tejidos externos y este es de color purpura o morado, debajo del epispermo encontramos a la capa aleurona que es muy rica en proteínas esta a su vez se encuentra formando el 85% de peso seco del grano, la cual en su totalidad es la que determina tanto su estructura como su valor alimenticio, así mismo en los granos como en la coronta están contenidas de las antocianinas. (Carhuapoma & López, 2008, pág. 24)

### 2.2.1.2 Composición química del maíz morado

Según Ferreira (2005) citado por Carhuapoma & López (2008) determinó en una muestra hidroalcohólica de semillas de maíz morado los siguientes componentes (pág. 53)

**Tabla 2:** *Composición química del Maíz Morado*

<b>Componentes</b>	<b>Cantidad</b>
Humedad	< 8%
Cenizas	10,82%
Lípidos	0,13%
Proteínas	2,59%
Carbohidratos	76,56%
Sodio	2,58%
Calcio	620mg/kg
Magnesio	1906 mg/kg
Manganeso	14mg/kg
zinc	40mg/kg
Cobre	12mg/kg
pH	3-4

*Nota:* Carhuapoma & López (2008)

### 2.2.1.3 Variedades de maíz morado

**Cuzco morado:** Esta variedad proviene de zonas de altitud intermedia, se relaciona bastante con el cuzco gigante, presenta granos grandes que se encuentran formando hileras bien definidas, sus cultivos lo podemos encontrar tanto en Cuzco como en Apurímac y son de ciclo tardío. (Sevilla, 1985, pág. 19)

**Morado canteño:** El morado canteño presenta mayor productividad en las alturas del valle Chillón específicamente en Canta ubicado en la ciudad de Lima, pero proviene de la raza cuzco es por eso que su cultivo es adaptable en valles interandinos de la sierra, crece a una altura de 1,8 – 2,5m y su floración varía de los 110 – 125 días. (Fernández, 1995, pág. 7)

**Morado de Caraz:** El morado de Caraz presenta una productividad muy destacada, pues su cultivo no solo se da en Caraz y en el callejón de Huaylas sino también en todas las zonas de la sierra peruana, su variedad proviene de las razas Ancashino y Alazán presentando una tusa muy pigmentada. (Fernández, 1995, pág. 8)

**Arequipeño (variedad tradicional):** El arequipeño presenta una morfología muy parecida a la del cuzco pero se diferencian por el tamaño siendo el arequipeño más pequeño que el cuzco, esta variedad crece en el departamento de Arequipa en las zonas alto andinas, su color es poco intenso, presenta granos morados que están ubicados en hilera regulares y presenta mucha variabilidad en sus características con respecto a los anteriores mencionados. (Sevilla, 1985, pág. 20)

**Negro de Junín:** El negro de Junín es una variedad muy precoz, presenta granos de color negro y están ubicados irregularmente en una mazorca que es corta y a la vez redondeada, su cultivo se da en la sierra del centro y el sur tanto por Ayacucho, Apurímac y Arequipa, se menciona que también presenta características morfológicas parecidos a la raza de san Gerónimo Huancavelicano. (Fernández, 1995, pág. 8)

**Morado mejorado:** Esta variedad ha sido mejorada y deriva de la variedad morado de Caraz la cual está dada por selección mazorca-hilera, fue nombrada con el código PVM-585 y su cultivo se puede dar en sierra media, así mismo el PVM -582 es para la costa central, presenta una altura de 2 metros y su floración masculina es precoz de 90 a 100 días, Esta variedad está dada por la Universidad Nacional Agraria la Molina en su programa de maíz. (Sevilla, 1985, pág. 20)

### 2.2.3 Los Colorantes

Clasificación de los colorantes: los colorantes pueden dividirse en sintéticos y naturales:

#### 2.2.3.1 Colorantes sintéticos

Para el uso de los colorantes sintéticos es necesario una certificación, pues estos están elaborados con sustancias químicas sintetizadas con un alto grado de pureza, es por eso que hoy en día hay una gran preocupación por el uso seguro de estos pigmentos sintéticos, es así que estos pigmentos se han estudiado exhaustivamente con respecto a su efecto que pueden tener sobre la salud; pues algunos reportes indican que el consumo indiscriminado de estos pigmentos está ligado con el desarrollo de enfermedades degenerativas como algunos tipos de cáncer. (Carhuapoma & López, 2008, pág. 95)

Los pigmentos sintéticos tienen un mayor uso, pues en comparación con los naturales presentan ciertas ventajas como la firmeza del color, además existe un amplio intervalo de tintes, su bajo costo también es una atracción, hay alta efectividad, mayor homogeneidad entre los lotes, y no altera al producto, pues no cambia el aroma ni los sabores. (Fennema, 2000, págs. 402-403)

**Tabla 3: Principales Colorantes Sintéticos**

Colorante	Otro nombre	Color index	F.D.A	C.E.E
Tartracina	Amarillo 5	19140	FD&C Yellow 5	E 102
Amarillo sunset	Amarillo 6	15985	FD&C Yellow 6	E 110
	Amarillo ocaso			
Rojo punzo 4R	Rojo 6	16255	-----	E 124
	Rojo cochinilla			
Rojo 40	Rojo allura	16035	FD&C Red 40	
Carmoisina	Azurribina	14720	-----	E 122
	Rojo 5			
Eritrosina	Rojo 14	45430	FD&C Red 3	E 127
	Rojo 3			
Azul brillante FCF	Azul 1	42090	FD&C Blue 2	E133
Azul indigotina	Azul 2	73015	FD&C Blue 2	E 132
	Índigo Carmín			

*Nota:* Badui (2013)

### 2.2.3.3 Colorantes naturales

Los colorantes naturales al igual que los sintéticos son sometidos a pruebas similares de calidad, como a pruebas de seguridad toxicológica, pero se diferencia de los sintéticos porque estos son obtenidos a partir de fuentes naturales, es por esto que la FDA y otros agentes gubernamentales no exigen que se certifique su pureza química y los llaman más bien aditivos de color no certificado, pero hay algunas excepciones, pues algunos tienen ciertas restricciones para su uso, como por ejemplo el máximo nivel que se permite ya sea en el uso de animales o humanos. (Badui, 2013, pág. 403)



**Tabla 4:** Clasificación de los colorantes naturales según su naturaleza química

Naturaleza química	Algunos ejemplos	Color predominante
Tetrapirroles (lineales y cíclicos)	Ficobilinas	Azul- verde Amarillo rojo verde
Carotenoides (tetraterpenoides)	Clorofila carotenoides	Verde Amarillo anaranjado
Xantonas Quinonas	Flavonas	Blanco-crema
	Flavonoles	Amarillo – blanco
	Chalconas	Amarillo
	Auronas	Amarillo
	Antocianinas	Rojo – azul
Derivados indigoides e indoles	Xantonas	Amarillo
	Naftoquinonas	Rojo- azul – verde
	antraquinonas	Rojo purpura
Pirimidinas sustituidas	Índigo	Azul – rosado
	Betalainas	Amarillo – rojo
	Pterinas	Blanco- amarillo
	Flavilinas	Amarillo
	Fenoxazinas	Amarillo- rojo
	Fenazinas	Amarillo purpura

*Nota:* Lock (1997)

#### 2.2.4 Las Antocianinas

La antocianina proviene del griego anthos que significa flor y kianeos que significa azul, está considerada dentro del grupo de los flavonoides, las antocianinas son pigmentos de color rojo azulado que tienen la función de proteger a las plantas, sus flores y sus frutos contra la luz ultravioleta (UV), además presenta propiedades antioxidantes que protegen contra los efectos peligrosos de los radicales libres, los flavonoides comprenden varias clases de productos propios de la naturaleza, entre los cuales están los que le otorgan los colores amarillo, naranja, rojo, violeta y azul, a muchas flores así como hojas, frutos y semillas, por ejemplo al observar un maíz morado, una tuna morada o una flor amarilla, etc, estamos deleitando a las sustancias de tipo antociánico (flavonoide). (Carhuapoma & López, 2008, pág. 60)

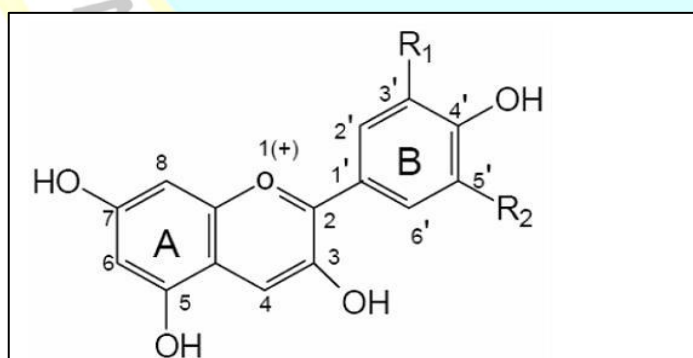
Es muy difícil encontrar a las antocianinas libres, pues casi siempre están unidas a los glúcidos (glucosa, ramnosa, etc.) conjuntamente con el antocianidol, esto permite que las antocianinas sean solubles en el agua debido a la polaridad que presentan, por ende también facilita la extracción usando solventes polares como por ejemplo el agua, caso típico es aplicado a la chicha morada. (Carhuapoma & López, 2008, pág. 60)

#### 2.2.4.1 Estructura de las antocianinas

Las antocianinas presentan un esqueleto muy característico formado por C6-C3-C6, pues están considerados en el grupo de los flavonoides ya que poseen el mismo origen biosintético, pero se diferencian por que la absorción es muy fuerte en el espectro cuya región es visible. (Lock, 1997, pág. 97)

Las antocianinas están presentes como glucósidos de polihidroxi o polimetoxi que son derivados de la sal, estas antocianinas se diferencian por el número de radicales hidroxilo y/o metoxilo presentes en la estructura, pero también se diferencian por el tipo, el número y los puntos donde se unen los azúcares en la molécula, los azúcares que se presentan con más frecuencia son la glucosa, ramnosa, galactosa, arabinosa, xilosa, disacáridos y trisacáridos homogéneos o heterogéneos formados como glicosidos de estos azúcares. (Fennema, 2000, pág. 601)

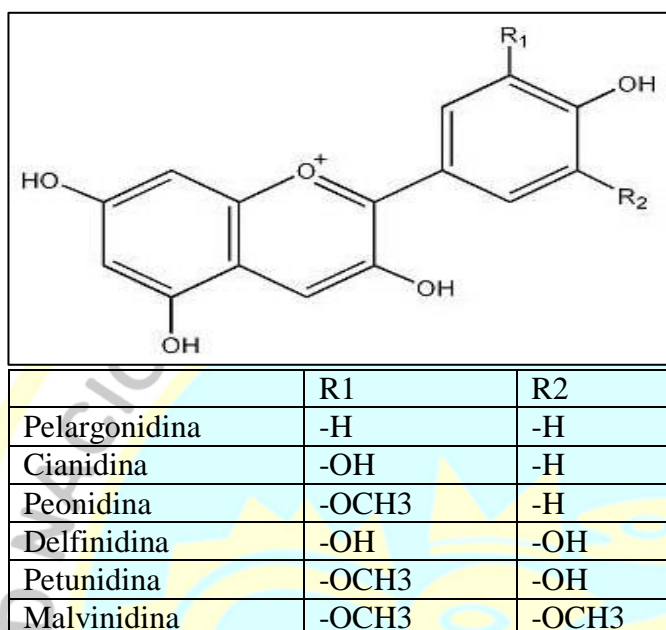
En la figura 1 podemos observar la estructura básica de las antocianinas la cual es el 2-fenilbenzopirilio o también nombrada como sal de flavilio.



**Figura 1.** Estructura del Cation Flavilio. (Fennema, 2000)

Se conoce que en nuestra naturaleza existen seis tipos de antocianidinas. A partir de estas seis distintas antocianidinas van a surgir una infinidad de antocianinas que a su vez van a presentar diversas pautas de glicosidación, es decir una especie vegetal va a contener múltiples antocianinas dependiendo de la glicosidación que presente, un gran ejemplo se

presenta en la figura 2 en la cual se muestra las diferentes estructuras que se forman a partir de las seis antocianidinas, la estructura que se observa se le denomina catión flavilio, pero esta no es la única forma, pues la adopción de una u otra dependerá de la función del pH. (Coultate, 2002, pág. 188)



**Figura 2.** Estructura de las Antocianinas. (Coultate, 2002)

Según Fernández (1995) menciona que las antocianinas son uno de los muchos pigmentos que se encuentran la savia alveolar en forma de solución, y sus tonalidades son de color azul, púrpura, violeta, malva y magenta, todas estas tonalidades rojas de las flores, hojas, frutas y tallos son debidos a diferentes tipos de antocianinas. Las antocianinas son muy numerosas sin embargo poseen una estructura similar. Su gran variedad de colores es debido a que en la molécula básica existen unas pequeñas alteraciones que no afectan la estructura molecular fundamental. (pág. 14)

Las estructuras químicas de las antocianinas son bastantes conocida pero las características físico-químico de los complejos que forman el pigmento y las relaciones de degradación son menos comprendidas, entre los pigmentos investigados están la cianina ideina, mirtalina, enina, delfinina pelargonina, alteina, petunina, peonina, fragasina y malvina. Las antocianinas son todas Flavonoles sustituidos, son glicosidos de sales de polihidroxibenzopirilinio. (Fernández, 1995, pág. 15)

#### 2.2.4.2 Color y estabilidad de las antocianinas

El color y la estabilidad de las antocianinas dependen de la variación de muchos factores al ser estas poco estables. Es decir los pigmentos antocianínicos son parcialmente inestables son más estables bajo condiciones ácidas como lo es en la particularidad del color del pigmento como en su estabilidad ya que están determinadas por los sustituyentes de la aglicona, la degeneración de las antocianinas suele ocurrir durante el procesamiento y conservación de los alimentos. (Fennema, 2000, pág. 602)

El factor principal que hace la degeneración de las antocianinas son el pH, la temperatura y la densidad del oxígeno, pero también hay factores de menor importancia que van a influir en la degeneración, por ejemplo, la presencia de enzimas, estas harían que las antocianinas se degraden, así tenemos, a los iones metálicos, también a los azúcares y otros como el ácido ascórbico y el dióxido de azufre, también la copigmentación puede afectar la tasa de degeneración. (Fennema, 2000, pág. 602)

#### 2.2.4.3 Factores que afectan a las Antocianinas

**Efecto del pH:** Los cambios de antocianinas se deben a su modificación en su estructura pero en muchos casos estos son reversibles, por ejemplo, el núcleo de flavilio es deficiente en electrones y por ello muy reactivo, esto lo hace muy sensible a los cambios de pH, por otro lado cuando las frutas están maduras el pH cambia y con ello el color. (Badui, 2013, pág. 422)

**Efectos de la temperatura:** La estabilidad de las antocianinas en los alimentos depende mucho de la temperatura a su vez estos se ven afectados ante la ausencia o presencia de oxígeno por el pH y por la conformación estructural. (Fennema, 2000, pág. 602)

Fernández (1995) menciona que el porcentaje de degradación también depende de la estructura que presenta la antocianina y esta degradación a su vez aumenta al elevar la temperatura, por eso que para obtener una mejor retención de los pigmentos se debe aplicar tratamientos de alta temperatura con un corto tiempo y un almacenamiento con bajas temperaturas. (pág. 37)



**Oxígeno:** Cuando está presente el oxígeno, la estabilidad térmica máxima de las antocianidina-3- glicosidas se consigue a un pH 1,8 a 2,0 mientras que para las antocianidinas -3,5-diglicosidas la estabilidad térmica se consigue a un pH 4,5 – 5,0. (Lock, 1997, pág. 103)

**Efecto de acidos:** Cuando se da la reacción de oxidación aeróbica del ácido ascórbico ocurre una indirecta oxidación del peróxido de hidrogeno, la cual al tener contacto con las antocianinas producen su decoloración. (Lock, 1997, pág. 103)

Por otro lado, Badui (2013) menciona que en presencia de los iones de cobre o de fierro, el ácido ascórbico decolora a las antocianinas ya que se forma el peróxido de hidrogeno y en consecuencia se produce la degradación de los dos compuestos. (pág. 424)

**La luz:** Se ha identificado ampliamente que el efecto de la degradación de las antocianinas se acelera en presencia de la luz. (Fennema, 2000, pág. 606). Las antocianinas al ser expuestas tanto a la luz UV como a la luz visible muestran inestabilidad siendo unas más afectadas que otras como por ejemplo las antocianinas que tiene ubicado el OH en C-5 sustituido presenta más susceptibilidad a la descomposición que aquellas no sustituidas en aquella posición. (Lock, 1997, pág. 103)

Diaz (2009) menciona que las antocianinas conservan mejor su coloración cuando las mantenemos sobre oscuridad, pues estas se ven afectadas con la luz acelerando su degradación. (pág. 20)

**Copigmentación:** La copigmentación se da cuando las antocianinas reaccionan entre ellas y también reaccionan con diferentes compuestos orgánicos, en esa reacción se forman complejos débiles junto con proteínas, taninos o también con otros como flavonoides y polisacáridos, estos compuestos en su mayoría no poseen color pero si permiten potenciar el color de las antocianinas produciendo un efecto batocrómico aumentando la absorbancia a la longitud de onda de absorción. (Fennema, 2000, pág. 608)

Se sabe que las antocianinas son capaces de reaccionar consigo mismas y con otros compuestos orgánicos (copigmentación). Se forman complejos débiles con proteínas, con taninos, o con otros flavonoides y polisacáridos. Aunque la mayoría de estos compuestos por si mismos no tienen color, potencian el color de las antocianinas al producir un efecto batocrómico y al aumentar la absorbancia a la longitud de onda del máximo de absorción. (Fennema, 2000, pág. 608)

**Los azúcares:** A una mayor concentración ya sea de azúcar (>20%) o de un jarabe que se aplique para conservar las frutas o un jugo de frutas se efectuará una protección a las antocianinas, ya que la naturaleza del azúcar va a influir en la estabilidad de esta, por ejemplo en el caso que la antocianina será más estable cuando contenga galactosa que cuando contenga arabinosa. (Lock, 1997, pág. 103)

**Enzimas:** Se han identificado que algunas enzimas participan en la decoloración de las antocianinas estas son: las glicosidasas y la polifenoloxidasas también conocidas como antocianinasas, la primera tal como indica su nombre hidrolizan enlaces glicosídicos, obteniéndose azúcares y aglicona, por lo tanto disminución de su intenso color resulta de la poca solubilidad de las antocianinas y da como resultado la transformación en productos incoloros, por otro lado las polifenoloxidasas van actuar cuando están presentes los o-difenoles y el oxígeno oxidando a las antocianinas. (Fennema, 2000, pág. 609)

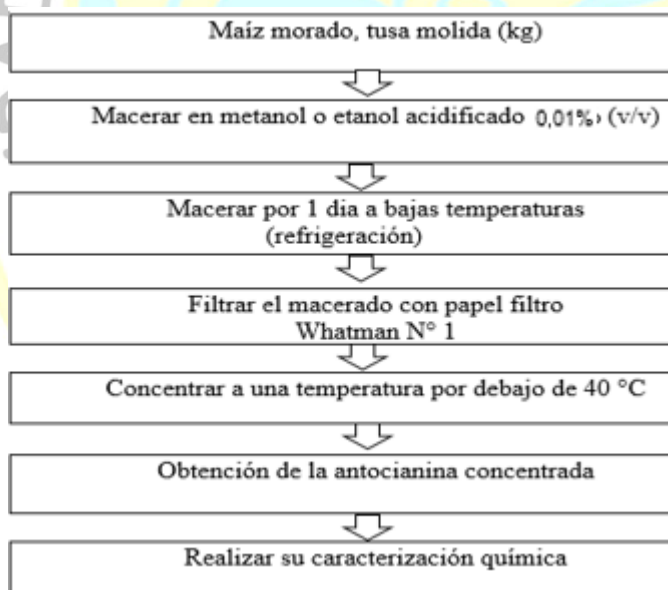
#### 2.2.4.3 Técnica de extracción de las antocianinas

Existen diversas técnicas para extraer antocianinas, pero casi todos los fundamentos aplicados son los mismos, como podemos ver a continuación:

**Extracción por maceración:** esta es una de las técnicas más sencillas de aplicar ya que solo se debe someter el soluto sobre el solvente, para luego dejarlo reposar hasta que este penetre en su estructura celular, esto hará que el soluto se ablande y también diluya todas las porciones solubles, teniendo en cuenta una temperatura y un tiempo adecuado, la temperatura recomendada es de 15 a 20°C. (Fernández, 1995, pág. 43)

Carhuapoma & López (2008) Menciona que extraer antocianinas tanto de los granos como de la tusa molida del maíz morado, se realiza a través de una reiterada maceración, utilizando una cantidad mínima de HCl entre (0.1% - 1.0%) agregado con metanol o etanol estando a una temperatura ambiente, en otro caso más complejo, es decir para evitar la degradación del pigmento se puede utilizar acidos débiles en temperatura fría, por otro lado la incorporación del agua de 10% a 15% puede permitir una extracción completa, esto va a depender de la variedad del maíz morado, luego de haber obtenido el extracto este debe ser purificado para luego ser caracterizado utilizando el método cromatografico. (pág. 91)

Según Martínez (2005) citado por Carhuapoma & López (2008) menciona que las antocianinas, pueden ser extraídas a partir de una muestra fresca de maíz morado sometida a maceración, para ello se puede utilizar un solvente ácido como por ejemplo una combinación de metanol-ácido acético-agua (MAW) (11:1:5) o también puede ser una combinación de metanol/ácido fórmico/agua (MFW), en las proporciones de 10:1:9 obteniendo así un extracto para ser concentrado y luego ser sometido a una cromatografía. (pág. 91)



**Figura 3.** Extracción simplificada de las antocianinas del maíz morado (Carhuapoma y López, 2008)

Socaciu (2008) Menciona que la extracción de antocianinas para un uso alimentario es preferible utilizar el etanol y el agua para así evitar la toxicidad de las soluciones metanólicas. No obstante, los resultados obtenidos son mayores con el uso del metanol. Así mismo menciona un procedimiento alternativo utilizando como solvente de extracción la

acetona con cloroformo formando una fase acuosa (que contiene antocianinas, fenólicos, azúcares, ácidos orgánicos) y una fase orgánica (que contiene la mayor parte de solventes y materiales lipídicos) la ventaja es que la mezcla de cloroformo-acetona dividirá los lípidos, la clorofila y otros materiales insolubles en agua de las antocianinas, produciendo resultados importantes de las antocianinas y requiriendo poca concentración y etapa de purificación. (pág. 481)

**Extracción por el método de agitación:** Para esta extracción se utiliza un vaso precipitado y en él se deberá agregar la muestra conjuntamente con el solvente elegido, luego para poner en contacto tanto el solvente con la materia prima se utilizara un agitador mecánico y así se podrá obtener el colorante esperado. (Cabezudo, 1973) citado por (Fernández, 1995, pág. 43)

**Extracción por cocción:** Para esta extracción se utiliza un recipiente de vidrio en la cual se agregara tanto el solvente como el soluto y luego se someterá a ebullición en distintos tiempos, esta temperatura no debe afectar a la estructura del colorante a conseguir. (Fernández, 1995, pág. 43)

#### 2.2.4.4 Características en el espectro UV/VIS

El espectro de absorción de las antocianinas tienen dos bandas diferentes, una de ellas se encuentra en la región del ultravioleta (260-280nm) y la otra está en la región visible (490-550) y la longitud de onda máxima dependerá de la aglucona que se tenga. (Acevedo, 2003) citado por (Diaz, 2009, pág. 6)

El espectro presenta una forma y esta nos entrega información acerca del número y posición de las sustituciones glucosídicas así como el número de acilaciones, así mismo la Absorbancia a 440 nm relacionada con la Absorbancia en la longitud de onda máxima se presenta dos veces para las antocianinas con sustituciones glicosídicas en la posición número 3 a diferencia de las que presentan sustituciones en la posiciones número 3, 5 o solo en la 5. (Diaz, 2009, pág. 6)



### 2.3 Definición de términos básicos

- a) **Antocianina:** (Del griego: *anthos*= flor, y *kyáneos*= azul) Cada uno de los pigmentos que se encuentran disueltos en el citoplasma de las células de diversos órganos vegetales, y a los cuales deben su color las corolas de todas las flores azules y violadas y de la mayoría de las rojas, así como también el epicarpio de muchos frutos.
- b) **Carotenoides:** Pigmentos ampliamente distribuidos en plantas y animales que incluyen a carotenos y xantofilas.
- c) **Cianidina:** Antocianinas que confieren el color rojo.
- d) **Colorantes:** Los colorantes son sustancias de origen natural o artificial que se usan para aumentar el color de los alimentos, ya sea porque el alimento a perdido color en su tratamiento industrial o bien para hacerlo más agradable a la vista y más apetecible al consumidor.
- e) **Colores sintéticos:** Colorantes que son obtenidos químicamente.
- f) **Colores naturales:** Pigmentos extraídos de plantas.
- g) **Delfinidina:** Antocianinas que confieren el color azul.
- h) **Enzima:** Es una biomolécula capaz de catalizar (aumentar la rapidez) una reacción química. Su nombre proviene del griego *énsymo* (dentro de la levadura). Las enzimas tienen una estructura tridimensional sin la que no pueden desarrollar su actividad. En esa estructura poseen un centro activo al que se unen los sustratos y en el que se produce la reacción catalítica.
- i) **Flavonoides:** Son los pigmentos más comunes y contribuyen a un amplio rango de colores que va desde el amarillo hasta el rojo y el azul. Los flavonoides que más contribuyen a la formación de colores son las antocianinas, entre ellas el color anaranjado está dado por la pelargonidina, el rojo por la cianidina y el azul por la delfinidina.
- j) **Grupos hidroxilo.-** Se utiliza el término **grupo hidroxilo** cuando el grupo funcional -OH se cuenta como un sustituto de un compuesto orgánico. Las moléculas orgánicas que contienen el grupo hidroxilo son conocidas como alcoholes.
- k) **Hidrólisis:** Rotura de un enlace por adición de los elementos del agua dando dos o más productos.
- l) **Monosacáridos:** .Glúcido formado por una sola unidad de azúcar.
- m) **Pelargonidina:** Antocianinas que confieren el color anaranjado.
- n) **Pigmento:** Sustancia colorante que, disuelta o en forma de gránulos, se encuentra en el citoplasma de muchas células vegetales y animales.

- o) **Polifenol:** Compuesto orgánico de naturaleza glucídica con poder antioxidante.
- p) **Xantófilas:** Grupo de carotenoides amarillos o pardos, que son derivados oxigenados de los carotenos y que están ampliamente distribuidos en plantas.

## 2.4 Hipótesis de investigación

### 2.4.1 Hipótesis general

- Los pigmentos antociánicos que posee la coronta del maíz morado (*Zea mays* L.) presentan características óptimas para ser utilizados como colorantes en el yogurt.

### 2.4.2 Hipótesis específicas

- La extracción de los pigmento antociánico se obtendrá a través de los parámetros basado en el método Wrolstad.
- Al menos con uno de los metodos de extracción de antocianinas con etanol a distintas concentraciones y ácido cítrico al 1% se obtienen diferentes cantidades promedio de antocianinas.
- Al menos uno de los yogures con colorante de coronta de maíz morado en estudio atribuyen diferente preferencia en cuanto a su color.

## 2.5 Operacionalización de las variables

### 2.5.1 Variable independiente:

Extracción de pigmentos antociánico (Concentración de etanol y ácido cítrico)

### 2.5.2 Variable dependiente:

Uso como colorante en el yogurt (Cuantificación de antocianinas totales, tonalidad del yogurt y análisis organolépticos)

**Tabla 5:** Operacionalización de las Variables

Variable independiente	Dimensiones	Indicadores	Ítems
<b>Extracción de pigmentos antociánicos de la coronta del maíz morado (<i>zea mays l.</i>)</b>	Extracción del pigmento con solventes (método de Wrolstad).	Concentración de etanol para la extracción de colorante.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>X<sub>1.1</sub></b>= Extracción con etanol al 60%.</li> <li>▪ <b>X<sub>1.2</sub></b>= Extracción con etanol al 70%.</li> <li>▪ <b>X<sub>1.3</sub></b>= Extracción con etanol al 80%.</li> <li>▪ <b>X<sub>1.4</sub></b>= Extracción con etanol al 90%.</li> </ul>
		Concentración de ácido cítrico, para la extracción de colorante.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>X<sub>2.1</sub></b>= ácido cítrico al 1%</li> </ul>
Variable dependiente	Dimensiones	Indicadores	Ítems
<b>Uso como colorante en el yogurt</b>	Concentración	Cuantificación de antocianinas totales.	<b>Y<sub>1.1</sub></b> =Cantidad de antocianinas en g
	Análisis de color	Influencia del colorante en la tonalidad del yogurt (colorimetría)	<b>Y<sub>2.1</sub></b> = L* <b>Y<sub>2.2</sub></b> = a* <b>Y<sub>2.3</sub></b> = b*
	Análisis sensorial	Análisis organolépticos. (Escala hedónica).	Calificación del yogurt con 3 formulaciones: <b>Y<sub>3.1</sub></b> = 1g para 100ml <b>Y<sub>3.2</sub></b> = 2g para 100ml <b>Y<sub>3.3</sub></b> = 3g para 100ml

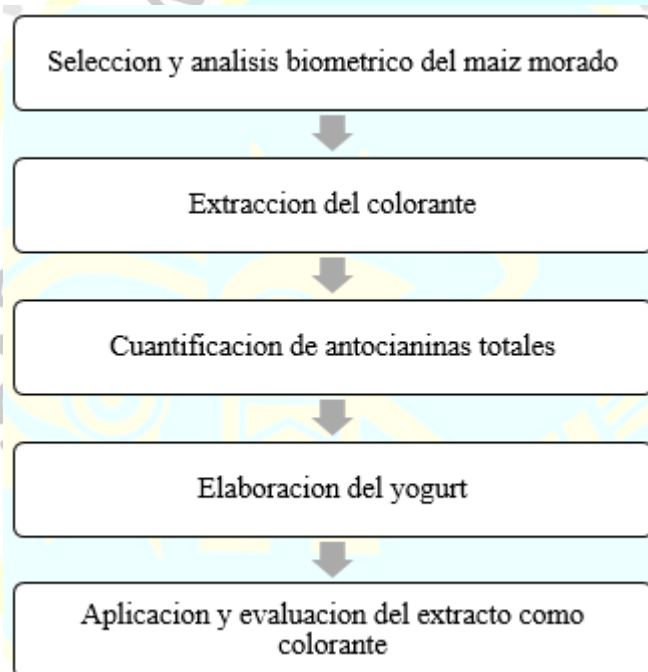
Nota: Elaboración propia

## CAPÍTULO III METODOLOGÍA

### 3.1 Diseño metodológico

La investigación experimental se realizó en los laboratorios de química de la Institución Educativa Emblemática Luis Fabio Xammar en la cual se utilizó como materia prima las corontas del maíz morado variedad canteño adquirido en el mercado central de la ciudad de Huacho.

El esquema experimental que se utilizó para la conducción y ejecución de la investigación es la siguiente:



**Figura 4.** Conducción y Ejecución de la Investigación

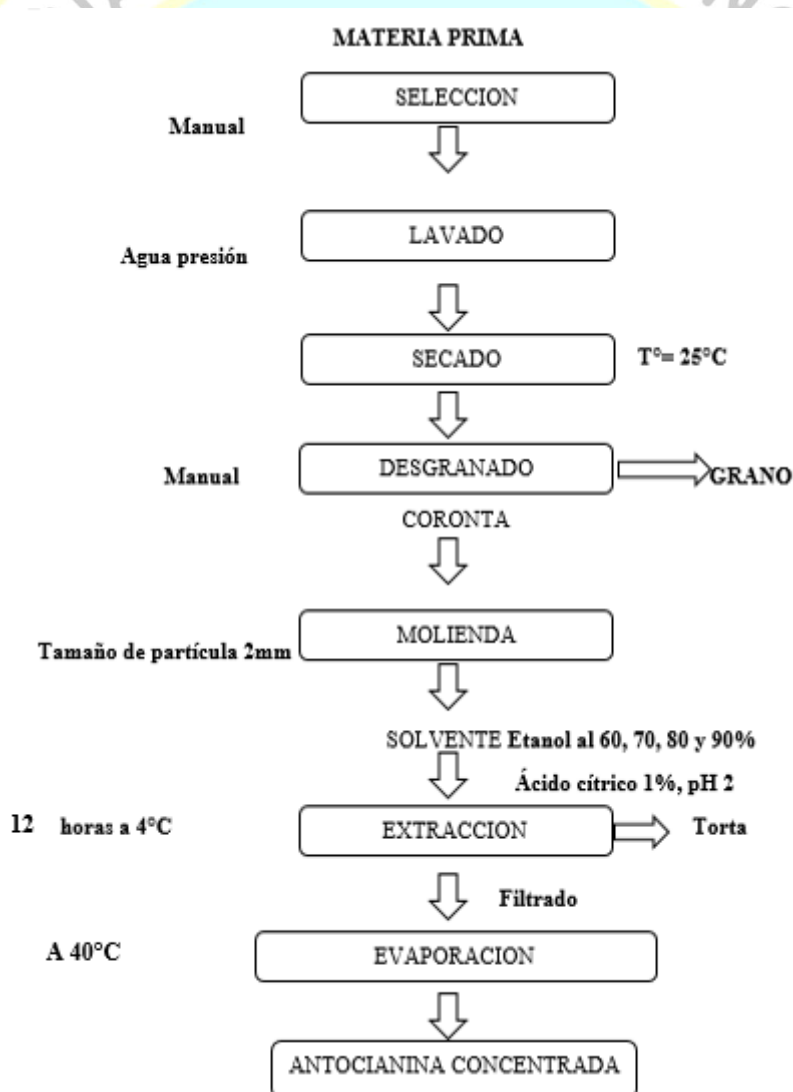
#### 3.1.1 Selección y análisis biométrico del maíz morado

Antes de proceder a la extracción del colorante se procedió a seleccionar la materia prima, para luego ser lavada y secada a una temperatura de 25 °C, seguidamente se determinó las características de la mazorca del maíz morado a través de un análisis biométrico, para ello se utilizó un vernier con la cual se obtuvo tanto la longitud como el diámetro del maíz morado así mismo para obtener la masa tanto de la mazorca, coronta y granos se utilizó una balanza analítica, (Marca CE modelo: FH-6000, Max: 1000g d:0.1g).



### 3.1.2 Extracción del colorante

Una vez lavadas y secadas las mazorcas se procedió a desgranarla manualmente obteniéndose así la coronta para ser cortada y molida con molmo de martillo y cuchilla, tamizada hasta un tamaño de partícula de 2 mm, listas las muestras se procedió a colocarlas en cuatro matraces, 5 gramos de coronta molida en cada matraz, para luego ser sometidas a cuatro tratamientos de extracción , la cual se realizó cada una con 100 ml de solución etanólico a una concentración de 60,70,80 y 90% acidificado con ácido cítrico a una concentración del 1%, pH de 2, dejándola reposar por 12 horas a una temperatura de 4°C, luego se procedió a filtrar el colorante, una vez obtenido el extracto de cada muestra, se procedió a concentrarlo hasta sequedad a 40 °C.



**Figura 5.** Diagrama de Flujo del Proceso de Extracción de Colorante Antociánico. (Wrolstad, Durst, & Lee, 2005)

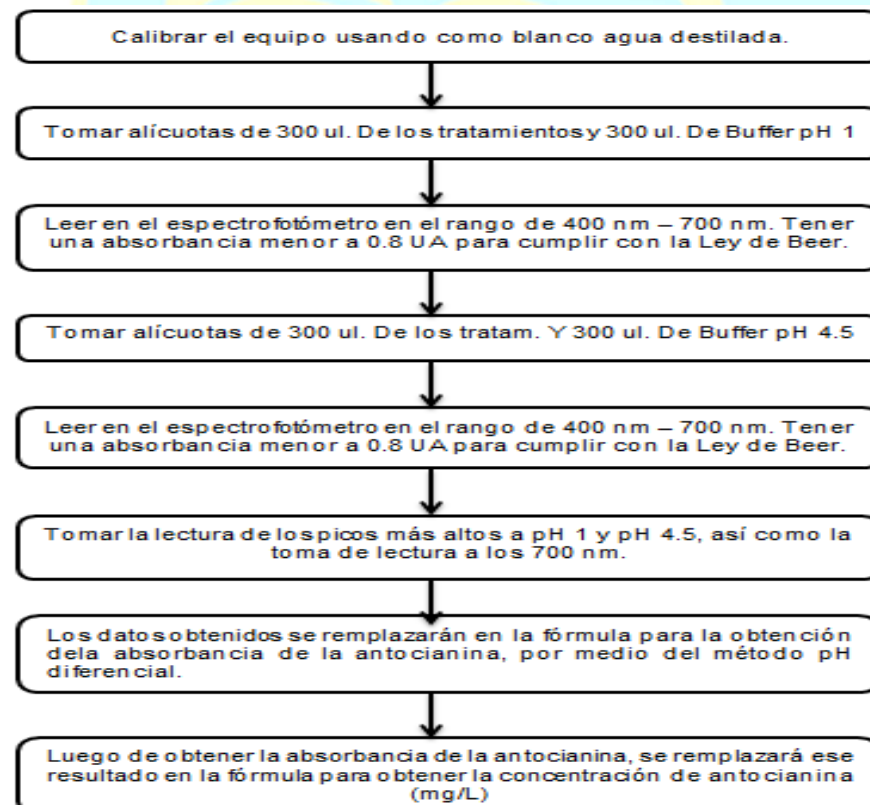
### 3.1.3 Cuantificación de antocianinas totales

Para determinar las antocianinas presentes en el extracto de la coronta de maíz morado, se utilizó el método del pH diferencial mediante el espectrofotómetro Spectronic modelo 20 Génesys, marca SIMATEC, los ensayos se realizaron con 4 repeticiones y su contenido se expresó como cianidina-3-glucósido, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$\text{Total antocianinas (mg/L)} = \frac{A \times PM \times FD \times 1000}{(\epsilon \times l)}$$

Dónde:

- **A** =  $(A_{510} - A_{700}) \text{ pH } 1,0 - (A_{510} - A_{700}) \text{ pH } 4,5$
- **PM** = Peso molecular
- **FD** = Factor de dilución
- **L** = Longitud de paso de celda en cm
- **E** = coeficiente de extinción molar para cianidina-3-glucósido
- **1000** = Factor de conversión de g a mg.



**Figura 6.** Diagrama de Flujo del Proceso de Extracción de Colorante Antociánico. (Wrolstad et al, 2005)

### 3.1.4 Elaboración del yogurt

Para la obtención del yogurt se seguirá el siguiente flujograma:

- a) **Recepción:** La leche se decepcionó en envases limpios y desinfectados con agua potable desinfectada con una solución de hipoclorito al 0.1 %.
- b) **Filtrado:** La leche se filtró con la ayuda de un colador, con el fin de eliminar partículas extrañas procedentes del lugar donde se realizó el ordeño.
- c) **Pesado:** Todos los insumos fueron pesados con la finalidad de conocer el peso inicial de la materia prima, estos datos permitieron controlar las operaciones posteriores y sobre todo calcular el rendimiento total.
- d) **Estandarizado:** El estandarizado se consiguió añadiendo a la leche fresca, leche en polvo y azúcar en la proporción de 30 y 100 gramos por litro de leche respectivamente.
- e) **Homogenizado:** Aquí se mezclaron los insumos batiendo suavemente por un tiempo de 5 min obteniéndose así una mezcla homogénea.
- f) **Pasteurización:** En esta etapa se sometió la leche a una temperatura de 85 °C por un tiempo de 15 minutos con el objetivo de eliminar la carga bacteriana.
- g) **Enfriado:** Una vez pasteurizado, la leche paso a un enfriamiento hasta llegar a los 43°C.
- h) **Inoculación:** Aquí se agregó el cultivo a la leche que se encontraba a una temperatura de 43 en la proporción de 10 mililitros por litro de leche.
- i) **Homogenizado:** Aquí se realizó un batido para obtener una mezcla homogénea entre la leche y el cultivo.
- j) **Incubación:** Esta operación consistió en mantener la mezcla anterior a una temperatura promedio de 43°C, por un tiempo de 5 horas. Transcurrido este tiempo se observó la coagulación del producto adquiriendo la consistencia adecuada.
- k) **Refrigeración:** El producto fue enfriado hasta una temperatura de 1 a 5 °C por el transcurso de 12 horas.
- l) **Batido:** Se adiciono el colorante de coronta de maíz morado y luego se batió suavemente hasta obtener una mezcla homogénea.
- m) **Envasado:** El producto obtenido se llenó en envases de polipropileno y se conservó a temperatura de refrigeración de 4 °C hasta su respectivo análisis.

### 3.1.5 Aplicación y evaluación del extracto antociánico

Una vez obtenido el yogurt base se midió 100ml de este, luego se procedió a incorporar el extracto antociánico mediante agitación manual, para ello se han establecido tres formulaciones correspondientes al extracto con mayor contenido de antocianinas.

**Tabla 6:** *Formulaciones del extracto de coronta de maíz morado*

Tratamiento	Descripción
T1	1g de extracto en 100ml de yogurt
T2	2g de extracto en 100ml de yogurt
T3	3g de extracto en 100ml de yogurt

*Nota:* Elaboración propia

La evaluación sensorial de las muestras del estudio se realizó con un panel de degustadores semi entrenados compuesto de 15 personas con la finalidad de obtener un veredicto mucho más real. Se evaluó el atributo del color, para ello se utilizó el método de análisis comparativo con escalas hedónicas de 1 a 7 puntos, establecido por Anzaldúa, (1994), como se muestra en la tabla 7. Esta característica organoléptica fue observada durante 3 semanas cada 7 días en condiciones de almacenamiento, además se evaluó el color en términos de los valores L\*, a\* y b\*, se calculó el tono mediante la expresión:  $(b^*/a^*)$  y el croma fue calculado como:  $[(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2}$  así como el pH.

**Tabla 7:** *Escala hedónica para la determinación de los atributos (color, sabor y aspecto)*

valor	características organolépticas		
	Color	sabor	Aspecto
7	Excelente	excelentemente	Excelentemente
6	muy bueno	muy agradable	muy agradable
5	Bueno	agradable	Agradable
4	Regular	indiferente	Indiferente
3	Malo	desagradable	Desagradable
2	muy malo	muy desagradable	muy desagradable
1	Pésimo	pesimamente desagradable	pesimamente desagradable

*Nota:* Anzaldúa (1994), **color** (Excelente: color acentuado propio del fruto; Pésimo: color diferente al del fruto).



## 3.2 Población y muestra

### 3.2.1 Población

Maíz morado de la variedad canteño adaptada a costa y sierra, adquirido en el mercado central de la Ciudad de Huacho.

### 3.2.2 Muestra

Para la elaboración del colorante:

- 5 kg de maíz morado

Para la elaboración del yogurt batido:

- 1 L de leche
- 100 ml de cultivo madre de yogurt
- 100 g de azúcar

## 3.3 Técnicas de recolección de datos

### Técnicas

- Análisis documental: para realizar la investigación bibliográfica.
- Pruebas experimentales: desarrollo del diseño experimental.
- Análisis físico químico y evaluación sensorial.

### Instrumentos

- Fichas de recolección bibliográfica
- Libreta de campo
- Escala Hedónica para determinación de atributos.

## 3.4 Técnicas para el procesamiento de la información

Las observaciones analizadas en la cuantificación del contenido de antocianinas en el extracto concentrado de la coronta del maíz morado se evaluaron en un análisis de varianza correspondiente a un diseño completamente al azar, la cual fue contrastada con la prueba F, así mismo se realizaron las comparaciones con la prueba tukey para determinar la diferencia entre los tratamientos y así poder determinar con cuál de ellos se obtiene la mayor extracción de antocianinas.

El modelo aditivo lineal es el siguiente:

$$Y_{ij} = \underbrace{\mu + \tau_i}_{\mu_i} + \varepsilon_{ij}$$

$i=1, 2, 3, 4$

$j=1, 2, 3, 4$

**Donde:**

$Y_{ij}$ : Cantidad de antocianinas extraídas con la  $i$ -ésima concentración de etanol en la  $j$ -ésima repetición.

$\mu$ : Efecto del promedio general de la cantidad de antocianinas mg/g

$\mu_i$ : Es el promedio de la cantidad de antocianinas extraídas con la  $i$ -ésima concentración de etanol.

$\tau_i$ : Es el efecto de la  $i$ -ésima concentración de etanol.

$\varepsilon_{ij}$ : Error experimental en la  $i$ -ésima concentración de etanol y la  $j$ -repetición.

El análisis de varianza correspondiente a un diseño completamente al azar es el siguiente:

**Tabla 8:** Análisis de varianza ANVA

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	Fcal
Tratamiento	t-1	SC(Trat)	SC(Trat)/(t-1)	CM(Trat)/CM(Error)
Error	n-t	SC(Error)	SC(Error)/(n-t)	
Total	n-1	SC(Total)		

*Nota:* Departamento académico de estadística e informática UNA La Molina (2017)

Prueba Estadística:

$$F_{cal} = \frac{CM(Trat)}{CM(Error)}$$

Regla de decisión:

La hipótesis nula ( $H_0$ ) se rechaza con un nivel de significancia  $\alpha$  si:

$F_{cal} > F_{(1-\alpha, t-1, n-t)}$ , donde  $F_{(1-\alpha, t-1, n-t)}$  es el valor tabular

Prueba de comparación Tukey:

$$ALS(T) = AEST(T) \sqrt{\frac{CME}{2} \left( \frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j} \right)}$$

Para el análisis de las tres formulaciones de extracto concentrado de coronta de maíz morado se sometió a una prueba organoléptica bajo una escala hedónica en cuanto a su color y su estabilidad en el yogurt, para ello se empleó la prueba de Friedman, que es el equivalente

no paramétrico de un análisis de dos vías o Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), la cual fue contrastada con el estadístico Ji cuadrado ( $X^2$ ), así mismo se realizaron comparaciones múltiples para determinar la diferencia entre las formulaciones y así poder determinar cuál de ellos tiene mayor preferencia por el panel de jueces.

Prueba estadística:

$$S = \frac{(k-1) \left[ bB \frac{b^2 k (k+1)^2}{4} \right]}{A - \frac{bk(k+1)^2}{4}}$$

Donde, b es el número de filas (bloques) y k es el número de columnas (Tratamientos)

Comparar este valor calculado con el valor  $X^2$  tabulado con k-1 grados de libertad y  $1-\alpha$  Si  $S > X^2_{(1-\alpha, k-1)}$  se rechaza.

Prueba de comparación: Si la hipótesis nula es rechazada, la prueba de Friedman presenta un procedimiento para comparar los tratamientos por pares. Se dirá que los tratamientos  $i$  y  $j$  difieren significativamente si se cumple que:

$$|R_i - R_j| > t_{\left(1-\frac{\alpha}{2}, (b-1)(k-1)\right)} \sqrt{\frac{2b(A-B)}{(b-1)(k-1)}}$$

Todos los resultados fueron analizados en el programa estadístico Minitab 2016

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1 Análisis de resultados

##### 4.1.1 Caracterización de la materia prima

**Tabla 9:** Caracterización biométrica de la coronta del maíz morado

<b>Características</b>	<b>Resultados</b>
Diámetro de la mazorca (cm)	3,5
Diámetro de la coronta (cm)	2,60
Longitud de la coronta (cm)	15,70
Peso de la mazorca (g)	65
Peso de la coronta (g)	17
Peso de los granos (g)	48

*Nota:* Elaboración propia

Según la tabla 9 se presenta los resultados de la caracterización biométrica del maíz morado, donde podemos observar que las mazorcas de maíz morado tuvieron un peso promedio de 65 g de los cuales 48 g fueron granos y 17 g fueron coronta. La longitud de la coronta tuvo un promedio de 15,70 cm con un diámetro de 3,5 en la mazorca y 2,60 en la coronta.

##### 4.1.2 Espectro de absorción y contenido de antocianinas mg/g

Para determinar si los datos obtenidos son estadísticamente diferentes se evaluó un análisis de varianza correspondiente a un diseño completamente al azar (DCA), aplicando la prueba de hipótesis para la comparación de medias para la variable cantidad de antocianinas contrastándose con la prueba F, en la cual se obtuvo como resultado que al menos con uno de los tratamientos de extracción se obtienen diferentes cantidades de antocianinas, al existir diferencia significativa entre los tratamientos se procedió a realizar la prueba de comparación de tukey en la cual se determinó que el T3 (Etanol al 80% con ácido cítrico al 1%) es el tratamiento que permite extraer la mayor cantidad de antocianinas, llegándose a obtener hasta 7,056 mg/g de coronta.



#### 4.1.2.1 Diseño completamente al azar DCA para la variable cantidad de antocianinas

##### Factor:

- Concentración de etanol %

##### Tratamiento

- Etanol al 60% con ácido cítrico al 1%
- Etanol al 70% con ácido cítrico al 1%
- Etanol al 80% con ácido cítrico al 1%
- Etanol al 90% con ácido cítrico al 1%

##### Unidad experimental

- 5 kg Mazorca de maíz morado

##### Variables respuesta

- Cantidad de antocianinas mg/g

##### Modelo aditivo lineal

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

$$Y_{ij} = \mu_i + \varepsilon_{ij}$$

$i=1, 2, 3, 4$

$j=1, 2, 3, 4$

##### Donde:

$Y_{ij}$ : Cantidad de antocianinas extraídas con la  $i$ -ésima concentración de etanol en la  $j$ -ésima repetición.

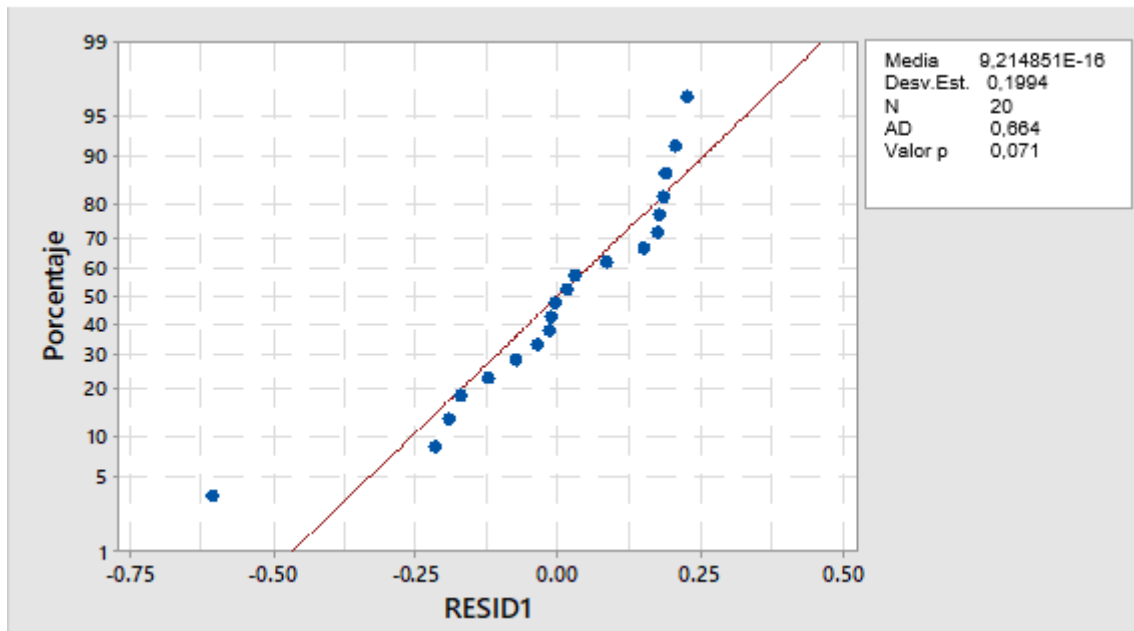
$\mu$ : Efecto del promedio general de la cantidad de antocianinas mg/g

$\mu_i$ : Es el promedio de la cantidad de antocianinas extraídas con la  $i$ -ésima concentración de etanol.

$\tau_i$ : Es el efecto de la  $i$ -ésima concentración de etanol.

$\varepsilon_{ij}$ : Error experimental en la  $i$ -ésima concentración de etanol y la  $j$ -repetición.

**Normalidad de errores:** Se verificó el supuesto de que los errores se distribuyen normalmente.



*Figura 7.* Probabilidad Normal del RESID1.

$H_0$ : Los errores se distribuyen normalmente

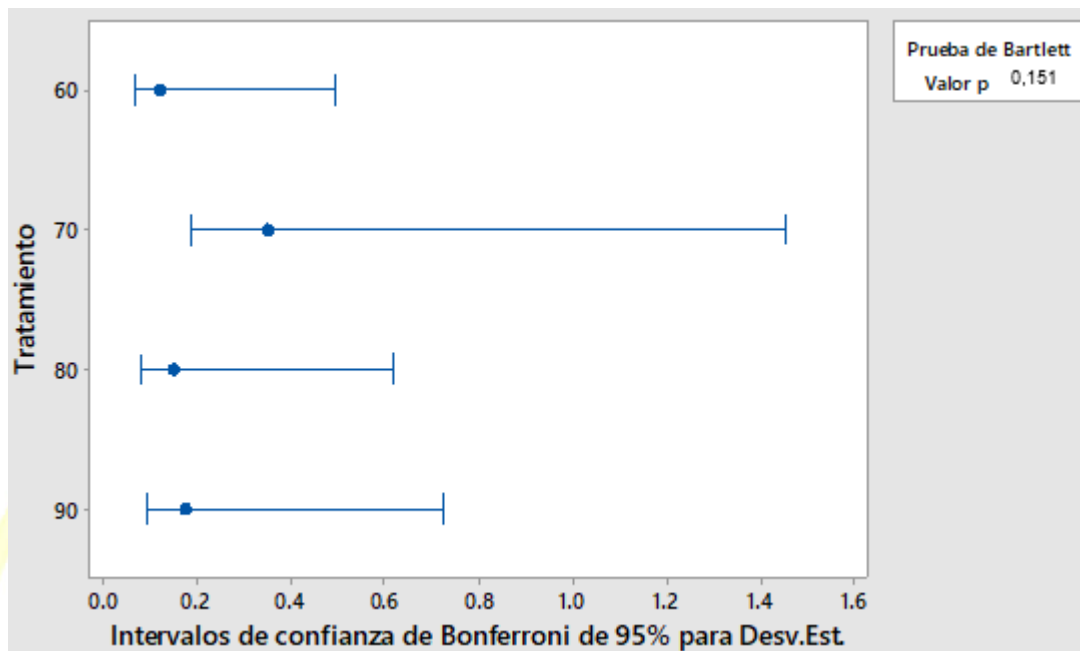
$H_1$ : Los errores no se distribuyen normalmente

$\alpha = 0,05$

P-valor= 0,071

Según la figura 7 podemos observar que a un nivel de significación de 0,05 no existe evidencia estadística para rechazar  $H_0$ , por lo tanto, no se puede afirmar que los errores no se distribuyen normalmente, por lo tanto, se cumple con el supuesto de normalidad errores.

**Homogeneidad de varianzas:** Se verifico el supuesto que existe homogeneidad de varianzas.



**Figura 8.** Prueba de igualdad de varianzas: Cantidad de Antocianinas vs. Tratamiento.

$$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2 = \sigma_i^2$$

$$H_1: \text{Al menos un } \sigma_i^2 \text{ es diferente}$$

$$\alpha = 0,05$$

$$P\text{-valor} = 0,151 \text{ (Prueba de Bartlett)}$$

Según la figura 8 se puede observar que a un nivel de significación de 0,05 no existe evidencia estadística para rechazar  $H_0$ , por lo tanto, no se puede afirmar que las varianzas de los tratamientos sean heterogéneas, se cumple el supuesto de homogeneidad de varianzas.

### Análisis de Varianza

Al cumplirse la normalidad de errores y la homogeneidad de varianzas podemos a realizar el análisis de la varianza, para ello primero planteamos nuestras hipótesis y trabajaremos con un  $\alpha = 0,05$

$$H_0: \mu_i = \mu$$

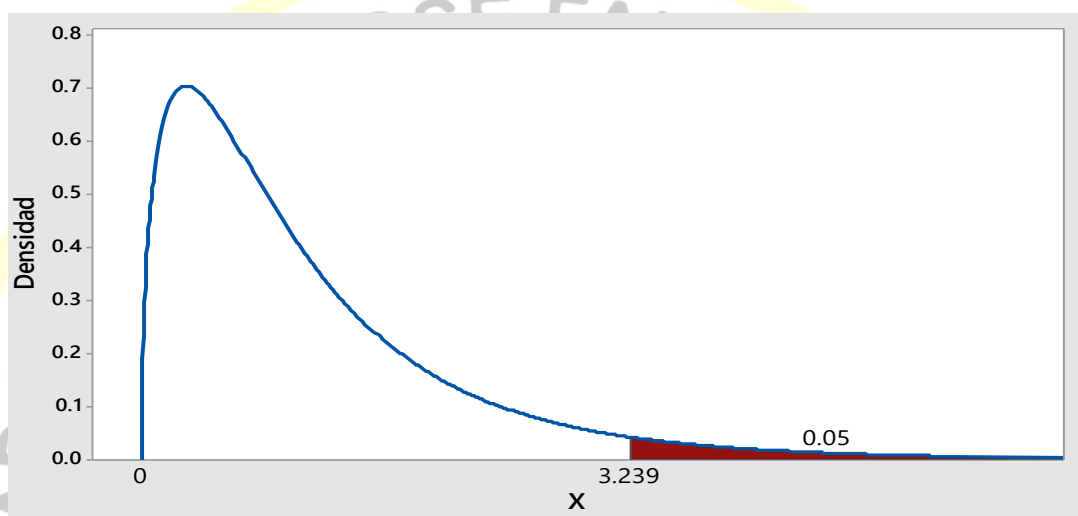
$$H_1: \mu_i \neq \mu \text{ para al menos algún } i$$

**Tabla 10:** Análisis de varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	3	112,981	37,6603	797,97	0,000
Error	16	0,755	0,0472		
Total	19	113,736			

Nota: Elaboración propia

En la tabla 10 podemos observar que el Valor  $p = 0,000$ , es decir el  $p \leq 0,05$ , entonces rechaza la  $H_0$  y se acepta la  $H_1$ . Luego procedemos a graficar para comprobar:



**Figura 9.** Distribución F para;  $df_1=3$ ;  $df_2=16$ .

En la Figura 9 se puede observar que el  $F_{cal} = 797,97 > F_{(0,95, 3,16)} = 3,24$  por lo tanto se rechaza  $H_0$  y se acepta la  $H_1$ , es decir que a un nivel de significación del 0,05 se puede afirmar que al menos con una de las concentraciones de etanol con ácido cítrico al 1% se obtienen diferentes cantidades de antocianinas.

Como el resultado del análisis de varianza y la gráfica de distribución nos muestra que con al menos uno de los tratamientos se obtienen diferentes cantidades de antocianinas procederemos a la prueba de comparaciones con el fin de saber entre que tratamientos existe diferencias y cuál es el tratamiento con el cual se obtiene la mayor cantidad de antocianinas para esto se utilizó la prueba de tukey como se muestra en la tabla 11.



## Hipótesis

$H_0: \mu_1 = \mu_2$ ;  $H_0: \mu_1 = \mu_3$ ;  $H_0: \mu_1 = \mu_4$ ;  $H_0: \mu_2 = \mu_3$ ;  $H_0: \mu_2 = \mu_4$ ;  $H_0: \mu_3 = \mu_4$

$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$ ;  $H_1: \mu_1 \neq \mu_3$ ;  $H_1: \mu_1 \neq \mu_4$ ;  $H_1: \mu_2 \neq \mu_3$ ;  $H_1: \mu_2 \neq \mu_4$ ;  $H_1: \mu_3 \neq \mu_4$

$\alpha = 0.05$

**Tabla 11:** Comparaciones por parejas de Tukey

Tratamiento	N	Media	Agrupación
80	5	7,0560	A
90	5	6,1000	B
70	5	2,634	C
60	5	1,3020	D

Nota: Elaboración propia

Nivel de confianza 95%, método tukey

En la tabla 11 podemos observar que a un nivel de significación de 0,05 existen diferencias significativas entre todas las concentraciones 60,70, 80 y 90 % de etanol con respecto a la cantidad de antocianinas extraídas pues las letras mostradas son diferentes.

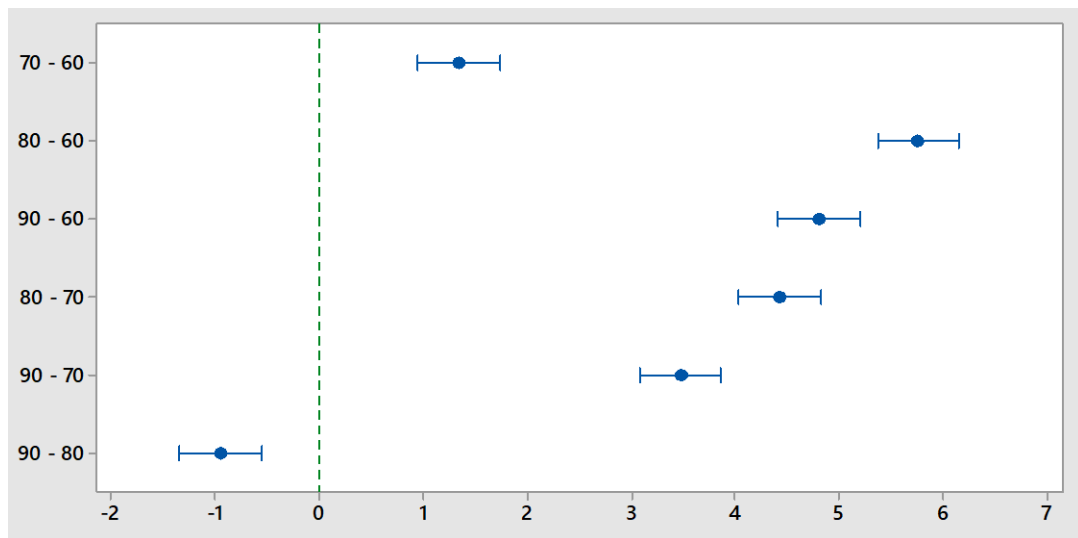
**Tabla 12:** Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias

Diferencia de TTO Niveles	Diferencia de medias	EE de diferencia	IC simultaneo de 95%	Valor T	Valor P Ajustado
70 - 60	1,332	0,137	( 0,939; 1,725)	9,69	0,000
80-60	5,754	0,137	( 5,361; 6,147)	41,88	0,000
90-60	4,798	0,137	( 4,405; 5,191)	34,92	0,000
80-70	4,422	0,137	( 4,029; 4,815)	32,18	0,000
90-70	3,466	0,137	( 3,073; 3,859)	25,23	0,000
90-80	-0,956	0,137	(-1,349; -0,563)	-6,96	0,000

Nota: Elaboración propia

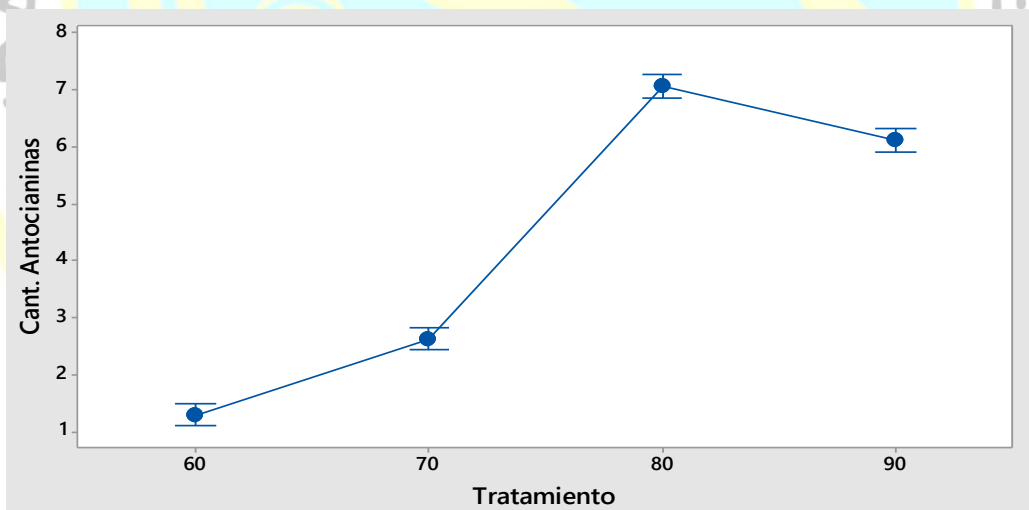
Nivel de confianza individual = 98,87%

En la tabla 12 de las pruebas simultáneas también podemos observar que a un nivel de significación de 0,05 existen diferencias significativas entre todas las concentraciones 60,70, 80 y 90 % de etanol con respecto a la cantidad de antocianinas extraídas pues los p valor  $\leq 0,05$ .



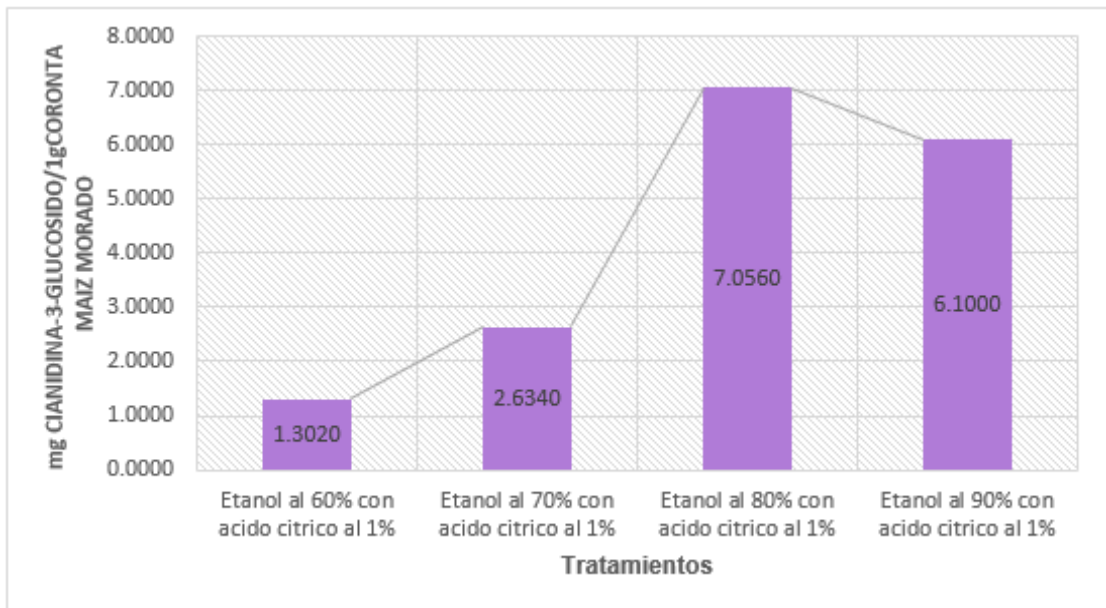
**Figura 10.** ICs simultáneos de 95% de Tukey.

En la Figura 10 de las pruebas simultáneas también podemos observar que a un nivel de significación de 0,05 existen diferencias significativas entre todas las concentraciones 60,70, 80 y 90 % de etanol con respecto a la cantidad de antocianinas extraídas los intervalos no contienen al cero.



**Figura 11.** Intervalos de Cantidad de Antocianinas vs. Tratamiento.

Según la figura 11 a un nivel de significación de 0,05 se puede afirmar que existen diferencias significativas entre todas las concentraciones 60,70, 80 y 90 % de etanol con respecto a la cantidad de antocianinas extraídas.



**Figura 12.** Contenido de Antocianinas Totales Vs Tratamientos. (Elaboración propia)

La figura 12 podemos observar claramente que con el tratamiento etanol al 80% con ácido cítrico al 1% se obtiene la mayor cantidad de antocianina extraída (7,0560mg), así mismo se puede observar que con el tratamiento etanol al 60% con ácido cítrico al 1% se obtiene la menor cantidad de antocianinas (1,320mg)

#### **4.1.3 Evaluación del extracto de coronta de maíz morado como colorante de yogurt.**

La evaluación sensorial fue realizada por el panel de degustadores semi entrenados compuesto de 15 personas la cual evaluaron el atributo del color, utilizando un método de análisis comparativo con escalas hedónicas de 1 a 7 puntos, establecido por Anzaldúa, (1994). En la tabla 13 se muestra las calificaciones obtenidas.

**Tabla 13:** Calificaciones de los Jueces con respecto al color

JUECES	TRATAMIENTOS		
	TTO1	TTO2	TTO3
1	1	5	6
2	1	5	6
3	2	5	6
4	1	4	5
5	3	4	6
6	1	5	7
7	3	5	6
8	3	5	7
9	1	6	6
10	3	5	6
11	3	5	6
12	1	5	6
13	3	5	6
14	1	6	6
15	4	6	6

Nota: Elaboración propia

En la tabla 13 se observa las calificaciones de cada uno de los 15 jueces con la cual se realizó la prueba de la normalidad de errores: donde se verificó el supuesto de que los errores no se distribuyen normalmente, así mismo se realizó la prueba Homogeneidad de varianzas: donde se verificó el supuesto que no existe homogeneidad de varianzas, como a continuación se muestra en la figura 13 y 14.

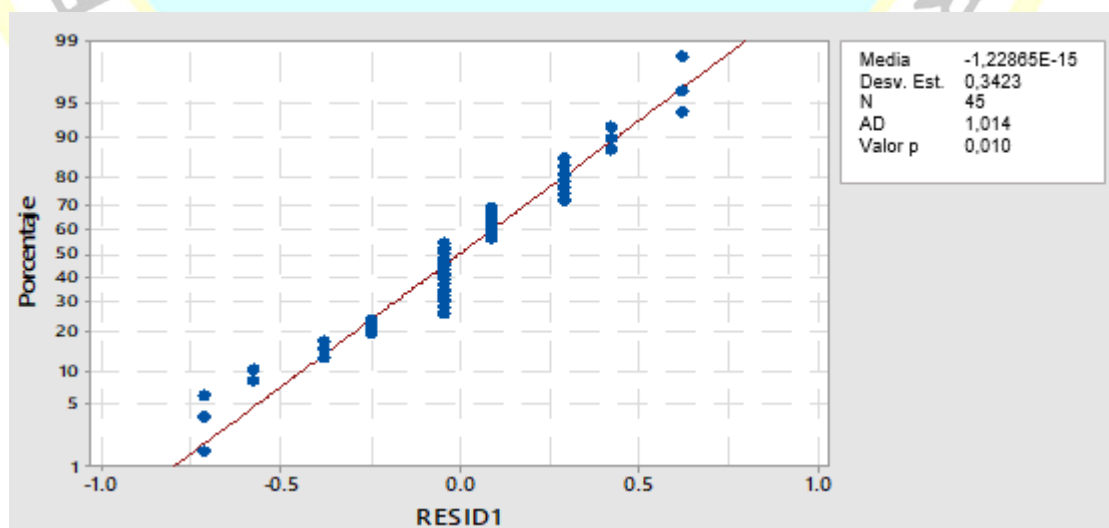


Figura 13. Probabilidad Normal de la calificación de Jueces.



$H_0$ : Los errores se distribuyen normalmente

$H_1$ : Los errores no se distribuyen normalmente

$\alpha = 0,05$

Prueba de Anderson Darling: p-valor= 0,010

Según la figura 13 se puede observar el estadístico AD (Anderson-Darling) y el P valor, el cual al ser menor que 0,05 hace que la hipótesis nula se rechace, concluyéndose que los errores no se distribuyen normalmente.

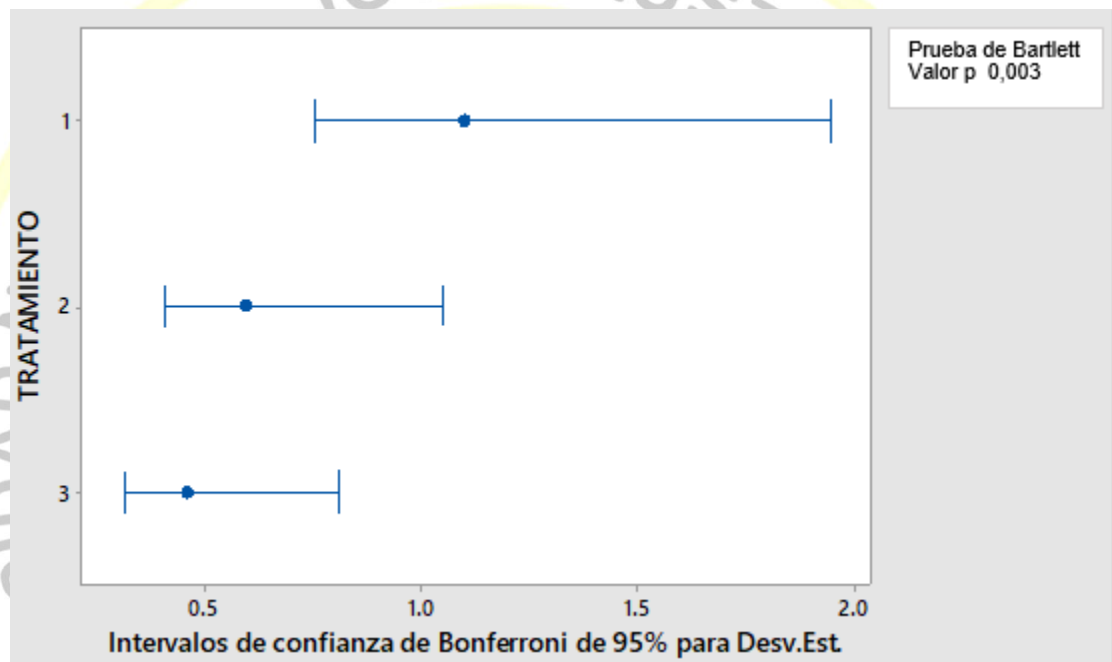


Figura 14. Prueba de varianzas iguales: Puntuación vs Tratamiento. (Elaboración propia)

$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2 = \sigma_i^2$

$H_1$ : Al menos un  $\sigma_i^2$  es diferente  $i=1, 2, 3$

$\alpha = 0.05$

P-valor = 0.003 (Prueba de Bartlett)

Según la figura 14 el P-valor para la prueba de Bartlett es menor que 0,05 lo cual hace que la  $H_0$  se rechace concluyendo que al menos una varianzas es no es homogénea con las demás. Concluyendo hasta aquí podemos decir que no se cumplen los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas, por lo que pasaremos a tomar una prueba alternativa no paramétrica, para ello se muestra en la tabla 15 el ordenamiento de las calificaciones de los jueces.

**Tabla 14:** Prueba de Friedman: Puntuación vs. Tratamiento bloqueado por Jueces

Tratamiento	N	Mediana Est.	Suma de clasificaciones
1	15	2,000	15,0
2	15	5,000	31,5
3	15	6,000	43,5

Nota: Elaboración propia

$S = 27,30$   $GL = 2$   $P = 0,000$

$S = 28,74$   $GL = 2$   $P = 0,000$  (ajustados para los vínculos)

Mediana principal = 4,333

**Hipótesis:**

$$H_0: T1 = T2 = T3 = 0$$

$$H_1: \text{Al menos un } T1 \neq 0$$

En la tabla 14 podemos observar el estadístico de Friedman, en la cual nos muestra que el P-Valor es menor que 0,05 por lo tanto se rechaza  $H_0$  y se concluye que al menos una de los tratamientos es diferente en cuanto a la preferencia de color según el criterio de los jueces. Como la prueba de Friedman resulto significativa entonces se justifican las pruebas de comparación como a continuación se muestra en la tabla 15.

**Tabla 15:** Prueba de comparaciones

Comparaciones	[Ri-Rj]	ALS(FR)	Sig
1 vs 2	15-31,5=16,5	1,928	*
1 vs 3	15-43,5=28,5	1,928	*
2 vs 3	31,5-43,5=12	1,928	*

Nota: Elaboración propia

Hipótesis:

$$H_0: T1 = T2 \quad H_0: T1 = T3 \quad H_0: T2 = T3$$

$$H_1: T1 \neq T2 \quad H_1: T1 \neq T3 \quad H_1: T2 \neq T3$$

Según la tabla 15 al hacer las comparaciones de los tratamientos a un nivel de significancia del 5% se puede afirmar que existen diferencias significativas entre todos los tratamientos en cuanto a la preferencia según el criterio de los jueces. Por lo tanto el mejor yogurt en cuanto a su color es el T3.

#### 4.1.4 Color del yogurt, cambios de pH y estabilidad de las antocianinas.

El T3 se pudo mezclar rápidamente por lo tanto formo una mezcla homogénea, no hubo formación de puntos de color ni tampoco sinéresis. Las mediciones se llevaron a cabo por 21 días, iniciando el tiempo 1 el día en que se mezcló con el colorante y tiempo 2 a los 21 días de almacenamiento. Al medir el color con el colorímetro las muestras del yogurt con colorante reportaron valores para las coordenadas: L\*, a\* y b\* se calculó el tono mediante la expresión:  $(b^*/a^*)$  y el croma fue calculado como:  $[(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2}$  en la tabla 16 se muestran los resultados.

**Tabla 16:** Resultados del análisis instrumental del color en las coordenadas L\*a\* y b\* del yogurt batido con colorante de maíz morado.

Coordenadas	Valores	
	(1)	(2)
L	78,1	79,8
Hue	23	38
Croma	16	14

Nota: Elaboración Propia

(1): valores determinados en el tiempo 1.

(2): valores determinados en el tiempo 2.

Durante los primeros 7 días se dieron los mayores cambios en cuanto al color de los yogures, ya que se pudo observar que la luminosidad se incrementó en 2,2 % llegando a 79,8, pero luego volvió a sus valores iniciales en la siguiente evaluación que fue a los 14 días para mantenerse hasta el final de los 21 días teniendo solo una muy pequeña variación, en cuanto al tono se puede observar que los valores se fueron incrementando siendo en el tiempo uno de 23° y para el tiempo dos de 38° todo lo contrario ocurrió para los valores de croma estos decrecieron levemente de 16° en el tiempo uno a 14° al tiempo dos como lo muestra la tabla 16.

En cuanto al pH no hubo mayor variación solo en los primeros 7 días que se incrementó de 3,6 a 3,8 para luego mantenerse en valores similares a los iniciales.

## 4.2 Contrastación de hipótesis

**Prueba de hipótesis en el estudio de la extracción del colorante de la coronta del maíz morado.**

### Hipótesis

H<sub>0</sub>: Utilizando el método de extracción de antocianinas con etanol a distintas concentraciones y ácido cítrico al 1% se obtiene igual cantidad promedio de antocianinas.

$$H_0: \mu_i = \mu$$

$$i=1, 2, 3, 4$$

H<sub>1</sub>: al menos con uno de los métodos de extracción de antocianinas con etanol a distintas concentraciones y ácido cítrico al 1% se obtienen diferentes cantidades promedio de antocianinas.

$$H_1: \mu_i \neq \mu \text{ para al menos algún } i$$

$$i=1, 2, 3, 4$$

**Tabla 17: Análisis de Varianza**

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	3	112,981	37,6603	797,97	0,000
Error	16	0,755	0,0472		
Total	19	113,736			

*Nota:* Elaboración propia.

Valor p = 0,000

$p \leq 0,05$ , entonces rechaza la H<sub>0</sub> y se acepta la H<sub>1</sub>

A un nivel de significación del 0,05 se puede afirmar que al menos con uno de los métodos de extracción se obtienen diferentes cantidades promedio de antocianinas.

**Prueba de hipótesis en el estudio de la obtención del yogurt coloreado con el colorante de la coronta del maíz morado.**

**Hipótesis**

$H_0$ : Los yogures con colorante de coronta de maíz morado en estudio atribuyen igual preferencia en cuanto a su color.

$H_0$ :  $T_1 = T_2 = T_3 = 0$

$H_1$ : Al menos uno de los yogures con colorante de coronta de maíz morado en estudio atribuyen diferente preferencia en cuanto a su color.

$H_1$ : Al menos un  $T_1 \neq 0$

$\alpha=0,05$

**Prueba de Friedman: PUNTUACION vs. TRATAMIENTO bloqueado por JUECES**

$S = 27,30$  GL = 2 P = 0,000

$S = 28,74$  GL = 2 P = 0,000 (ajustados para los vínculos)

En el estadístico de Friedman, el P-Valor es menor que 0,05 por lo tanto se rechaza  $H_0$  y se concluye que al menos al menos uno de los yogures con colorante de coronta de maíz morado en estudio atribuyen diferente preferencia en cuanto a su color según el criterio de los jueces.



## CAPÍTULO V

### DISCUSIÓN

#### 5.1 Discusión de resultados

Para realizar la extracción del pigmento antociánico sobre la coronta del maíz morado se determinó utilizar el menor tamaño de partícula (2 mm), ya que el grado de molienda define una buena difusión del soluto en el solvente, como lo menciona Fernández (1995) al realizar la extracción sobre la materia prima partida obtenida por molienda en el molino de martillo y cuchilla a tres tamaños de partícula (10, 5 y 2 mm), observó que cuanto menor sea el tamaño de partícula mayor será el contenido de antocianinas que se podrá extraer, es decir cuanto más diminutas sean las partículas mayor es el espacio interfaz entre el sólido y el líquido.

En la extracción del pigmento antociánico el tiempo seleccionado para la maceración fue el de 12 horas. Según Fernández (1995) determina que la máxima extracción de antocianinas se logra con 24 horas de maceración; sin embargo con los tiempos de 6 y 12 horas se obtienen similares cantidades al máximo. De otra parte si se alarga el tiempo de maceración no es conveniente porque a la vez permite extraer otros componentes como azúcares, pectinas, sales y taninos así como también se posibilita el desarrollo de microorganismos (Yufer, 1996)

La temperatura de maceración que se prefirió utilizar en la extracción del pigmento fue la de 4°C. Fernández (1995) menciona que al aumentar la temperatura de maceración mayor será cantidad de antocianinas extraídas, sin embargo a la temperatura de 40 °C de maceración hay degradación de color. Además si el tiempo de maceración es prolongado como en nuestro caso podría conllevarnos a una alteración microbiana. (Yufer, 1996)

En cuanto a la relación materia prima/solvente utilizada en la extracción del pigmento antociánico fue de 1/12. Fernández (1995) muestra que al aumentar el volumen del solvente en la maceración mayor será la cantidad de antocianinas extraídas, no obstante en sus

resultados se observa que desde la relación materia prima/solvente 1/12 el incremento en la extracción ya es mínima.

En cuanto al solvente utilizado Yang et al. (2007) menciona que el uso de metanol o etanol como solventes de extracción tienen un efecto significativo sobre el rendimiento final de antocianinas, pero que comparado con el etanol, el mayor rendimiento de antocianinas se obtiene utilizando el metanol, no obstante en este estudio se utilizó el etanol pues el pigmento extraído sería incorporado al yogurt como colorante por ende este producto es de grado alimentario. La toxicidad del metanol impide que pueda ser empleado cuando las sustancias extraídas van a ser usadas para un consumo alimenticio (Salinas et al., 2005)

Fernández (1995) señala que el ácido sulfúrico y clorhídrico son los ácidos que posibilitan obtener mayor cantidad de antocianinas con respecto al ácido cítrico y acético. Sin embargo para la extracción de antocianinas se prefirió utilizar como ácido en la maceración el cítrico, ya que el concentrado final es de grado alimentario y el ácido sulfúrico y clorhídrico pueden dejar olor, sabor residual e incluso causar daños severos en el organismo.

La mayor cantidad de antocianinas extraídas de la coronta del maíz morado fue utilizando etanol al 80% con ácido cítrico al 1% llegando a obtener hasta 7,056mg/g de muestra. Salinas et al. (2005) en su estudio de extracción de antocianinas utilizó dos disolventes distintos, uno fue etanol: ácido acético: agua; el otro fue metanol: ácido acético: agua; ambas en las proporciones 10:1:9 en la cual obtuvo de 259,4 mg/100g de muestra. Yang et al., (2007) en un trabajo relacionado con la extracción óptima de antocianinas de corontas del maíz morado utilizando mezclas etanólicas y metanólicas al 80, 90 y 100% (v/v) acondicionadas convenientemente en medio ácido con los ácidos acético y cítrico al 0,25, 0,5 y 1% (v/v) encontraron valores de 5,90 mg / g de muestra. En ambos casos los valores fueron inferiores a los hallados en la investigación. Fernández (1995) realizó un estudio sobre la influencia de los parámetros de maceración de la coronta en el rendimiento de la extracción de antocianinas utilizando como solvente agua desionizada, en la cual sus resultados mostraron que la mayor cantidad de antocianinas se encuentra en la coronta del maíz morado alcanzando 610,998 mg Acy/100gr, cuyo valor es muy similar al encontrado en la investigación. Por otro lado, Gorriti et al. (2009) realizó una investigación sobre las

condiciones óptimas para la extracción de antocianinas en la cual uno de los factores estudiados fue la proporción del solvente de extracción en los niveles: agua, EtOH al 20 y agua, EtOH al 40%; sus resultados reportaron valores de hasta 46,534 mg de antocianina/g muestra. Así mismo Araujo (1995) realizó un estudio sobre la extracción de antocianinas a partir de la coronta con el uso de enzimas lográndose obtener hasta 1288 mg AcyT/100g valores superiores al encontrado en la investigación debido a que se utilizaron enzimas.

En cuanto al color y la estabilidad del colorante en el yogurt, los resultados de colorimetría reportan que hubo un incremento en el valor Hue del tiempo uno al tiempo dos. Esto quiere decir que el color de los yogures cambio a hacia un tono menos rojizo y esto se debe a la degradación de las antocianinas (Salinas et al., 2005), pero estos cambios no fueron evidentes a simple vista por lo que el batido de yogurt con el colorante fue positiva. La estabilidad del color puede atribuirse al pH y acidez del producto pues de acuerdo al valor del pH se presenta una variación en el color que adquieren las antocianinas cuando están en solución, es decir a un pH ácido de 2 se puede observar un color rojo y a un pH entre 2 y 4 un color azulado (Salinas et al., 2005)

## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 Conclusiones

En cuanto a la característica organoléptica se determinó que el producto con mayor preferencia en cuanto a su color fue el T3 registrando un valor en escala hedónica de 6 calificado como muy bueno.

Los parámetros que permitieron extraer el mayor contenido de antocianinas en el proceso de extracción fueron los siguientes: Tamaño de partícula 2mm, la proporción del solvente etanol al 80% con ácido cítrico al 1%, pH 2 dejándole reposar por 12 horas a una temperatura de 4°C.

La mayor concentración de antocianinas que se llegó a obtener es de 7,056 mg/g de coronta utilizando una proporción de etanol del 80% con ácido cítrico al 1%.

El color del yogurt en los primeros siete días no presento cambios, entre los 7 y 14 días se dio la mayor variación en la cual hubo incremento del pH, el tono cambio porque incremento el Hue y disminuyo la luminosidad, pero estos cambios se acentuaron entre los 14 y 21 días por la cual estas variaciones no causaron efectos observables en el color del yogurt, por lo tanto se puede determinar que el pigmento de la coronta del maíz morado funciona como colorante en el yogurt.

## 6.2 Recomendaciones

Se recomienda realizar el estudio en cada una de las etapas de extracción así como en la estabilidad del almacenamiento teniendo en cuenta los valores del pH

Se aconseja estimar el contenido de antocianina etapa por etapa en el proceso de extracción y almacenamientos de extractos para determinar qué porcentaje de antocianina tiene el extracto al ser comercializado.

Se recomienda probar otro método para eliminar el agua del extracto como por ejemplo el secado por aspersion ya que la liofilización tiene un alto costo.





## REFERENCIAS

### 7.1 Fuentes documentales

- Araujo, J. M. (1995). *Estudio de la extracción del colorante de maíz morado (Zea mays L.) con el uso de enzimas*, (Tesis de Maestría). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima Peru.
- Diaz, C. H. (2009). *Estabilización por copigmentación de antocianinas extraídas de coronta de maíz morado (Zea mays) utilizando como copigmentos antocianinas extraídas de camote morado (ipomoea batatas), cascara de rabano (raphanus sativus) y ácido benzoico*, (Tesis de Maestría). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima - Perú., Lima.
- Fernández, N. A. (1995). *Estudio de la extracción y pre - purificación de antocianinas de maíz morado (Zea mays L.)*, (Tesis de Maestría). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima - Perú.
- Lock, O. (1997). *Colorantes naturales* (1 ed.). Lima, Perú: Fondo editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Sevilla, R. (1985). *Estudio de factibilidad del cultivo de maíz morado*. Lima, Peru: Fondo de promoción y exportación (FOPEX).
- Socaciu, C. (2008). *Food Colorants Chemical and Functional Properties*. Boca Raton, Florida: CRC Press Taylor & Francis Group.
- Yufera, E. (1996). *Química orgánica básica y aplicada: de la molécula a la industria* (2 ed.). Barcelona, España: Reverte.

### 7.2 Fuentes bibliográficas

- Anzaldúa, A. (1994). *La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica*. Zaragoza, España: Acribia.
- Badui, S. (2013). *Química de los alimentos* (5 ed.). México: Pearson.
- Carhuapoma, M., & López, S. (2008). *Maíz morado purple corn Moléculas bioactivas, antioxidantes y anticancerígenas* (1 ed.). Lima, Peru: UNMSM – CONCYTEC.
- Coultate, T. P. (2002). *Manual de química y bioquímica de los alimentos* (3ed ed.). Zaragoza, España: Acribia.
- Departamento académico de estadística e informática UNA La Molina . (2017). *Metodos estadísticos para la investigación I*. Guia de Curso, UNA La Molina, Lima.
- Fennema, O. (2000). *Química de los alimentos* (3 ed.). Zaragoza, España: Acribia.
- Manrique, A. (2001). Maiz Morado Peruano. *Agro Enfoque*, 16(126), 18-22.

### 7.3 Fuentes hemerográficas

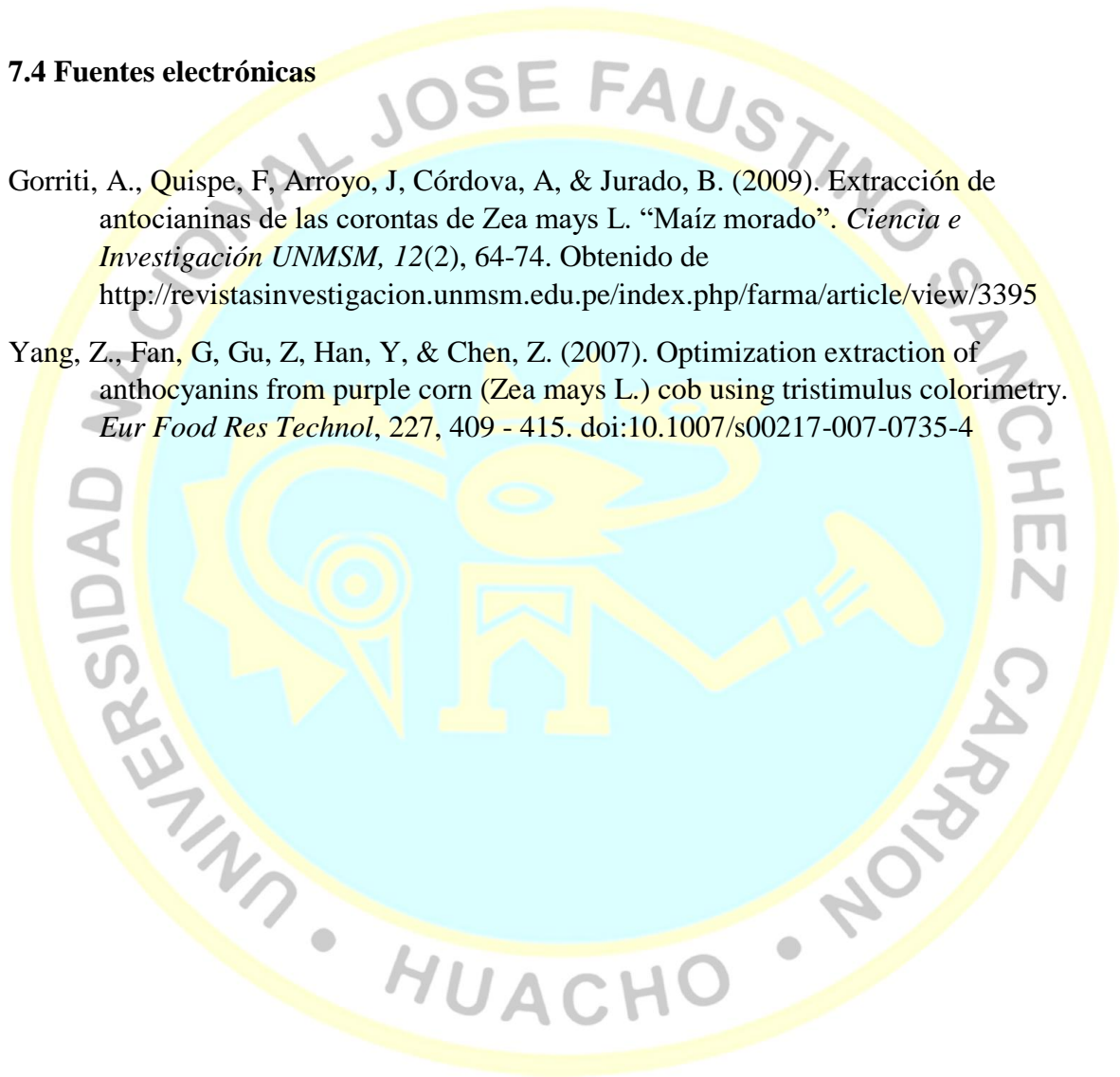
Salinas, Y., Rubio, D., & Diaz, A. (2005). Extracción y uso de pigmentos del grano de maíz (*Zea mays* L.) como colorantes en yogur. *Rev Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 55(3), 293-298.

Wrolstad, R. E., Durst, R. W., & Lee, J. (2005). Tracking colour and pigment changes in anthocyanins products. *Food Science & Technology*, 16(9), 423–428.

### 7.4 Fuentes electrónicas

Gorriti, A., Quispe, F., Arroyo, J., Córdova, A., & Jurado, B. (2009). Extracción de antocianinas de las corontas de *Zea mays* L. “Maíz morado”. *Ciencia e Investigación UNMSM*, 12(2), 64-74. Obtenido de <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/farma/article/view/3395>

Yang, Z., Fan, G, Gu, Z, Han, Y, & Chen, Z. (2007). Optimization extraction of anthocyanins from purple corn (*Zea mays* L.) cob using tristimulus colorimetry. *Eur Food Res Technol*, 227, 409 - 415. doi:10.1007/s00217-007-0735-4



## ANEXOS

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
<p><b>Problema general</b> ¿Cuál es la funcionalidad de los pigmentos antociánico extraídos de la coronta del maíz como colorantes en yogurt?</p>	<p>Objetivo general Determinar la funcionalidad de los pigmentos antociánico extraídos de la coronta del maíz morado como colorantes en yogurt.</p>	<p><b>Hipótesis General</b> Los pigmentos antociánicos que posee la coronta del maíz morado (<i>Zea mays L.</i>) presentan características óptimas para ser utilizados como colorantes en el yogurt.</p>	<p>Variable independiente Extracción de pigmentos antociánico</p>	<p>Extracción del pigmento con solventes (método de Wrolstad).</p>	<p>Concentración de etanol para la extracción de colorante.  Concentración de ácido cítrico, para la extracción de colorante.</p>	<p><b>Tipo de investigación:</b> aplicada. <b>Nivel de investigación:</b> experimental. <b>Población:</b> maíz morado de la variedad canteño adaptado a la costa y sierra, adquirida en el mercado central de Huacho. <b>Muestra:</b> 5kg de maíz morado para la elaboración del colorante. <b>Tratamientos para la extracción del colorante:</b> Etanol al 60 % y ácido cítrico al 1%, Etanol al 70% y ácido cítrico al 1%, Etanol al 80% y ácido cítrico al 1%, Etanol al 90 % y ácido cítrico al 1%, Tratamientos para colorear el yogurt: T1= 1.0 gr, T2= 2gr, T3= 3 gr.</p>
<p><b>Problemas específicos</b> ¿Cuáles son los parámetros que se utilizaran en el proceso de extracción del pigmento antociánico de la coronta del maíz morado? ¿Cuál es la concentración de los pigmentos antociánicos extraídos de las corontas del maíz morado (<i>Zea mays L.</i>)? ¿Qué características organolépticas en cuanto a su color presentará el yogurt coloreado con pigmentos antociánico de la coronta del maíz morado (<i>Zea mays L.</i>)?</p>	<p><b>Objetivos específicos</b> Determinar los parámetros que se utilizarán en el proceso de extracción del pigmento antociánico de la coronta del maíz morado Determinar la concentración de los pigmentos antociánicos extraídos de las corontas del maíz morado (<i>Zea mays L.</i>) Determinar las características organolépticas que presentará el yogurt coloreado con los pigmentos antociánico de la coronta del maíz morado (<i>Zea mays L.</i>)</p>	<p><b>Hipótesis Específica</b> La extracción de los pigmento antociánico se obtendrá a través de los parámetros basado en el método Wrolstad.  Al menos con uno de los metodos de extracción de antocianinas con etanol a distintas concentraciones y ácido cítrico al 1% se obtienen diferentes cantidades promedio de antocianinas.  Al menos uno de los yogures con colorante de coronta de maíz morado en estudio atribuyen diferente preferencia en cuanto a su color.</p>	<p>Variable dependiente  Uso como colorante en el yogurt</p>	<p>Concentración  Análisis de colorimetría  Análisis Sensorial</p>	<p>Cuantificación de antocianinas totales.  Influencia del colorante en la tonalidad del yogurt.  Análisis organolépticos.</p>	<p>Diseño de la investigación: <b>Método de extracción:</b> Wrolstad <b>Cuantificación de antocianinas:</b> Esta se dará a través de un análisis de varianza correspondiente a un diseño completamente al azar, que será contrastado con la prueba F, así mismo se realizaran las comparaciones con la prueba tukey para determinar la diferencia entre los tratamientos. <b>Evaluación sensorial:</b> para ello se utilizará el método de análisis comparativo con escalas hedónicas de 1 a 7 puntos, esta característica organoléptica será observada durante 3 semanas cada 7 días en condiciones de almacenamiento para evaluar la vida útil del yogurt. <b>Análisis de las formulaciones:</b> para ello se empleará la prueba de Friedman, que es el equivalente no paramétrico de un análisis de dos vías o Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), la cual será contrastada con el estadístico Ji cuadrado (<math>X^2</math>), así mismo se realizaran comparaciones múltiples para determinar la diferencia entre las formulaciones. <b>Evaluación del color:</b> Esta será en términos de los valores <math>L^*</math>, <math>a^*</math> y <math>b^*</math>. <b>Técnicas:</b> <b>Análisis documental:</b> para realizar la investigación bibliográfica. <b>Pruebas experimentales:</b> desarrollo del diseño experimental. Análisis físico químico y evaluación sensorial. <b>Instrumentos:</b> Fichas de recolección bibliográfica Libreta de campo Escala Hedónica para determinación de atributos.</p>

Escala hedónica de siete puntos de categorización

Valor	Grado de aceptabilidad
7	Excelente
6	Muy bueno
5	Bueno
4	Regular
3	Malo
2	Muy malo
1	Pésimo

Anzaldúa (1994)

Formulario de información organoléptica de las tres muestras de yogurt

<b>Nombre:</b>			
<b>Fecha:</b>			
<b>Edad:</b>			
Frente a usted hay tres muestras codificadas de yogurt de fresa, las cuales debe de observar uno a la vez, luego debe de marcar con una X su juicio sobre el color en cada muestra.			
<b>Muestra grado de aceptabilidad</b>	<b>321</b>	<b>123</b>	<b>231</b>
Excelente			
Muy bueno			
Bueno			
Regular			
Malo			
Muy malo			
Pésimo			
OBSERVACIONES			
MUCHAS GRACIAS!			



**Calificación de los Jueces con respecto al color**

N°	JUECES	MUESTRAS		
		321	123	231
1	01	1	5	6
2	02	1	5	6
3	03	2	5	6
4	04	1	4	5
5	05	3	4	6
6	06	1	5	7
7	07	3	5	6
8	08	3	5	7
9	09	1	6	6
10	10	3	5	6
11	11	3	5	6
12	12	1	5	6
13	13	3	5	6
14	14	1	6	6
15	15	4	6	6



*Espectro de absorción y contenido de antocianina mg/g en cada tratamiento*

**Cant. Antocianinas**

<b>Tratamiento</b>	<b>mg/g</b>	<b>Absorvancia</b>
60	1,18	0,077
60	1,29	0,084
60	1,32	0,086
60	1,23	0,08
60	1,49	0,097
70	2,86	0,186
70	2,03	0,132
70	2,63	0,171
70	2,84	0,185
70	2,81	0,183
80	7,02	0,457
80	7,24	0,471
80	7,04	0,458
80	6,84	0,445
80	7,14	0,465
90	6,28	0,409
90	6,13	0,399
90	6,25	0,407
90	5,93	0,386
90	5,91	0,385

*Ordenamiento de las calificaciones de los jueces dentro de cada bloque*

<b>JUECES</b>	<b>TRATAMIENTOS</b>		
	<b>TTO1</b>	<b>TTO2</b>	<b>TTO3</b>
1	1	2	3
2	1	2	3
3	1	2	3
4	1	2	3
5	1	2	3
6	1	2	3
7	1	2	3
8	1	2	3
9	1	2,5	2,5
10	1	2	3
11	1	2	3
12	1	2	3
13	1	2	3
14	1	2,5	2,5
15	1	2,5	2,5

**Nota:** Elaboración propia



---

**Mg. Javier Ivan Sanchez Neyra**  
**ASESOR**

---

**Mg. Víctor Luis Silva Toledo**  
**PRESIDENTE**

---

**Dr. Luis Alberto Baldeos Ardian**  
**SECRETARIO**

---

**Mg. José Augusto Arias Pittman**  
**VOCAL**