

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO**



**Facultad de Ciencias de la Salud**

**“DR. WILMAN RUIZ VIGO”**

**Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica**

**CARACTERIZACIÓN DE ANTOCIANINAS DE LA  
CORONTA DE *Zea mays* L. “MAÍZ MORADO” PARA LA  
ELABORACIÓN DE UN PROTECTOR SOLAR**

**David Moisés Boñón Chiclote**

**Elita Rudy Paredes Cabanillas**

**Asesor(a):**

**Dra. Q.F. Martha Adriana Sánchez Uceda**

**Cajamarca – Perú**

**Enero - 2020**

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO**



**Facultad de Ciencias de la Salud**

**“DR WILMAN RUIZ VIGO”**

**Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica**

**CARACTERIZACIÓN DE ANTOCIANINAS DE LA  
CORONTA DE *Zea mays* L. “MAÍZ MORADO” PARA LA  
ELABORACIÓN DE UN PROTECTOR SOLAR**

Tesis presentada en cumplimiento parcial de los requerimientos para optar el  
Título Profesional de Químico Farmacéutico

**Bach. David Moisés Boñón Chiclote**

**Bach. Elita Rudy Paredes Cabanillas**

**Asesor(a): Dra. Q.F. Martha Adriana Sánchez Uceda**

**Cajamarca – Perú**

**Enero - 2020**

COPYRIGHT © 2020 by

DAVID MOISÉS BOÑON CHICLOTE

ELITA RUDY PAREDES CABANILLAS

Todos los derechos reservados

## PRESENTACIÓN

SEÑORES MIEMBROS DEL JURADO DICTAMINADOR:

De acuerdo a lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos Profesionales en la Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo de Cajamarca, sometemos a vuestro criterio el presente trabajo de investigación intitulado:

**Caracterización de antocianinas de la coronta de *Zea mays* L. “maíz morado” para la elaboración de un protector solar.**

Requisito indispensable con el cual pretendemos obtener el Título Profesional de Químico Farmacéutico.

Asimismo, es el mejor momento para manifestar nuestro sincero reconocimiento y agradecimiento a nuestra Casa Superior de Estudios y a toda su plana docente, quienes con la experiencia que los caracteriza, buena capacidad y dedicación contribuyeron con nuestra formación profesional.

Señores miembros del jurado evaluador, dejamos a disposición el presente trabajo de investigación para su respectiva evaluación y posibles sugerencias.

Cajamarca, enero del 2020

---

David Moisés Boñón Chiclote  
BACH. EN FARMACIA Y BIOQUÍMICA

---

Elita Rudy Paredes Cabanillas  
BACH. EN FARMACIA Y BIOQUÍMICA

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD**

**“DR. WILMAN RUIZ VIGO”**

**ESCUELA PROFESIONAL DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA**

APROBACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
QUÍMICO FARMACÉUTICO

**Caracterización de antocianinas de la coronta de *Zea mays* L.  
“maíz morado” para la elaboración de un protector solar**

**JURADO EVALUADOR**

---

Mg. Q.F. Fredy Martos Rodríguez  
(PRESIDENTE)

---

Mg. Q.F. Yudith Gallardo Coronado  
(SECRETARIA)

---

Dra. Q.F. Martha Adriana Sánchez Uceda  
(VOCAL)

## **DEDICATORIA**

A Dios, quien siempre tiene paciencia y esta de mi lado, dándome los conocimientos necesarios día a día, para cumplir un objetivo trazado. Hoy es una oportunidad muy importante para hacerle saber a mis padres que los quiero mucho y decirles lo contento que me siento con ellos; gracias al apoyo incondicional, tanto moralmente como económicamente, he podido lograr una de mis metas anheladas. Mi motivo, mi camino trazado, la razón de la vida, estuvo encaminada a lograr algún día una carrera profesional, que hoy por hoy es todo un sueño hecho realidad.

*David Moisés*

## **DEDICATORIA**

A Dios, quien me ha permitido llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional. Asimismo, a mis queridos y amados padres quienes a pesar de las dificultades me inculcaron por el buen camino y me aconsejaron para seguir estudiando una carrera profesional; gracias a ellos he podido enfrentarme a la vida, vencer los obstáculos, acostumbrarme a dar solución a los problemas y salir adelante de una u otra manera. Me siento muy contenta de tener los padres que tengo; ya que, sin el apoyo de ellos, nada de esto se hubiera hecho realidad.

*Elita Rudy*

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por darnos la oportunidad de lograr un momento tan especial de nuestra formación académica.

A nuestros respetados y queridos padres, quienes con la responsabilidad y las ganas de ver a sus hijos salir adelante, nos inculcaron y apoyaron a seguir estudiando y terminar nuestra carrera profesional.

A nuestros docentes que laboran en la Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo quienes, con capacidad, profesionalismo, responsabilidad y los conocimientos científicos que los caracteriza, concluyeron con nuestra formación profesional.

A la Dra. Q.F. Martha Adriana Sánchez Uceda asesora de este trabajo de investigación quien, con los años de experiencia como docente, nos apoyó de manera incondicional, durante todo el trayecto que duró esta investigación.

*David Moisés y Elita Rudy*

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo principal, caracterizar las antocianinas de la coronta de *Zea mays* L. “maíz morado” para la elaboración de un protector solar. El tipo de investigación fue experimental explicativa, para ello se recolectaron frutos de maíz morado de la provincia de San Marcos y mediante medidas de bioseguridad se trasladaron a la ciudad de Cajamarca donde fueron secadas por un lapso de 5 días consecutivos en un ambiente fresco a temperatura ambiente. Posteriormente se trasladaron al Laboratorio de Tecnología Farmacéutica de la Universidad Privada Antonio Guillermo Urrello, donde se separaron los granos de las corontas (parte a utilizar), teniendo en cuenta los criterios de inclusión y exclusión. Para el diseño metodológico se utilizó como muestra el extracto de las corontas de maíz morado canteño al que, mediante el método de pH diferencial espectrofotométrico, se cuantificó la concentración de antocianinas totales; asimismo, se elaboró un protector solar a base del extracto de antocianinas de maíz morado y luego se determinó el factor de protección solar. Los resultados mostraron que la coronta de *Zea mays* L. “maíz morado canteño” tiene una concentración total de antocianinas de 8,02 mg/g y el protector solar elaborado a base de antocianinas del maíz morado canteño un factor de protección solar de 43,4 FPS. Por lo que se concluye que la coronta de *Zea mayz* L. “maíz morado”, tienen importante concentración de antocianinas con propiedades fotoprotectoras y apropiadas para la elaboración de un protector solar.

**Palabras claves:** *Zea mayz* L. “maíz morado”, antocianinas, protector solar.

## ABSTRACT

The main objective of this research work was to characterize the anthocyanins of the crown of *Zea mays* L. “purple corn” for the preparation of a sunscreen. The type of research was explanatory experimental, for this, purple corn fruits were collected from the province of San Marcos and through biosecurity measures they were transferred to the city of Cajamarca where they were dried for a period of 5 consecutive days in a cool environment at temperature ambient. Subsequently they were transferred to the Pharmaceutical Technology Laboratory of the Antonio Guillermo Urrelo Private University, where the grains of the crown were separated (part to be used), taking into account the inclusion and exclusion criteria. For the methodological design, the extract of the crowns of purple corn of canteño was used as a sample to which, by means of the spectrophotometric differential pH method, the concentration of total anthocyanins was quantified; also, a sunscreen based on the extract of anthocyanins of purple corn was developed and then the sun protection factor was determined. The results showed that the crown of *Zea mays* L. “purple corn from canteño” has a total anthocyanin concentration of 8,02 mg/g and the sunscreen made from anthocyanins of the purple corn of canteño a sun protection factor of 43,4 SPF Therefore, it is concluded that the crown of *Zea mayz* L. “purple corn”, have an important concentration of anthocyanins with photoprotective properties and appropriate for the preparation of a sunscreen.

**Key words:** *Zea mayz* L. “purple corn”, anthocyanins, sunscreen.

# ÍNDICE

<b>PRESENTACIÓN</b> .....	iii
<b>JURADO EVALUADOR</b> .....	iv
<b>DEDICATORIA</b> .....	v
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	vii
<b>RESUMEN</b> .....	viii
<b>ABSTRACT</b> .....	ix
<b>ÍNDICE</b> .....	x
<b>LISTA DE TABLAS</b> .....	xii
<b>LISTA DE GRÁFICOS</b> .....	xii
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	xiv
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	01
<b>II. MARCO TEÓRICO</b> .....	04
2.1. Teorías que sustentan la investigación .....	04
2.2. Bases teóricas .....	07
2.2.1. <i>Zea mays</i> L. “maíz morado” .....	07
2.2.2. Antocianinas .....	13
2.2.3. Protectores solares .....	19
2.3. Definición de términos básicos .....	24
<b>III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	25
3.1. Unidad de análisis, universo y muestra .....	25

3.2. Métodos de investigación .....	26
3.3. Técnicas de investigación .....	27
3.4. Instrumentos, equipos, materiales y reactivos .....	33
3.5 Técnicas de análisis de datos .....	35
3.6. Aspectos éticos de la investigación .....	35
<b>IV. RESULTADOS .....</b>	<b>36</b>
<b>V. DISCUSIÓN .....</b>	<b>40</b>
<b>VI. CONCLUSIONES .....</b>	<b>46</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>47</b>
<b>VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>48</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>55</b>

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla N° 01:</b> Composición química del grano y la coronta del maíz morado .....	11
<b>Tabla N° 02:</b> Clasificación de las antocianinas .....	14
<b>Tabla N° 03:</b> Concentración de antocianinas en el grano y la coronta del maíz morado .....	16
<b>Tabla N° 04:</b> Factor de protección solar .....	22
<b>Tabla N° 05:</b> Resultados de la concentración de antocianinas de la coronta de maíz morado por el método de pH diferencial (pH 1) .....	36
<b>Tabla N° 06:</b> Resultados de la concentración de antocianinas de la coronta de maíz morado por el método de pH diferencial (pH 4,5) .....	36
<b>Tabla N° 07:</b> Concentración promedio de antocianinas de la coronta de maíz morado por el método de pH diferencial a pH 1 y 4,5 .....	37
<b>Tabla N° 08:</b> Componentes utilizados para la elaboración del protector solar en base al estudio de Flores P, Pérez S (2014) <sup>5</sup> .....	38
<b>Tabla N° 09:</b> Determinación del factor de protección solar del protector solar elaborado a base de extracto de antocianinas de maíz morado .....	39

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico N° 01:</b> Concentración promedio de antocianinas de la coronta de maíz morado por el método de pH diferencial a pH 1 y 4,5 .....	37
--	----

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura N° 01:</b> Estructura química de las antocianinas .....	14
<b>Figura N° 02:</b> Mecanismo antioxidante de las antocianinas .....	17
<b>Figura N° 03:</b> Mecanismo de acción fotoprotector de las antocianinas	18
<b>Figura N° 04:</b> Determinación de antocianinas por el método del pH diferencial .....	29

## **I. INTRODUCCIÓN**

La piel utiliza la luz solar para ayudar a fabricar vitamina D, la cual es importante para la formación normal de los huesos; pero a veces, los rayos ultravioletas pueden ser muy perjudiciales. La piel tiene la función principal de protección frente a las agresiones físicas de cualquier agente, ya sea físico o microbiológico o solar, la epidermis es la capa externa que contiene un a la melanina, pigmento encargado de proteger a la piel de las agresiones de los rayos solares; puesto que, al penetrar los rayos solares al interior de la piel, estos pueden generar, quemazón solares, irritación o desencadenamiento de diversos tipos de alergia, lesiones o procesos que pueden dañar la elasticidad de la piel causando el envejecimiento prematuro; ya que la exposición frecuente a los rayos ultravioleta durante varios años es la causa principal del cáncer de piel, por ello es de vital importancia prevenir estos problemas de salud mediante el uso de protectores solares adecuados.<sup>1,2</sup>

Los bloqueadores solares son efectivos para proteger a la piel de los rayos solares, pero el problema radica en que muchas de las veces generan hipersensibilidad o reacciones adversas inesperadas, desencadenando una serie de reacciones como, rash cutáneo, rubor, alergias y otras reacciones adversas. Motivo por el cual, y considerando que Cajamarca es un lugar donde se cultiva el maíz morado, especie que mayormente se utiliza solo el grano, mientras que las corontas (tusas) son desechadas sin considerar que en estas se encuentra la mayor concentración de principios activos, como:

ácido salicílico, grasas, resinas, saponinas, sales de potasio, sodio, azufre, fósforo y principalmente antocianinas, sustancia de importancia médica; ya que, tienen diferentes propiedades terapéuticas, como antioxidante y protectora de la piel frente a los rayos solares.<sup>2,3</sup> Razón por la que, se decidió extraer y caracterizar las antocianinas de las corontas de *Zea mays* “maíz morado”, con la finalidad de formular y elaborar un protector solar, que justifique la protección contra las radiaciones ultravioletas a la cual está expuesta la piel y a la vez obtener un producto con menos reacciones adversas, comparado con los bloqueadores solares químicos que existen; dejando de esta manera una opción de alternativa terapéutica natural de protección solar para la población en general, siempre y cuando sea supervisada por un profesional de la salud.

Considerando las razones expuestas anteriormente, se planteó la siguiente pregunta:

**¿Las antocianinas de la coronta de *Zea mays* L. “maíz morado” presentarán características que permitan la elaboración de un protector solar?**

Frente a esta pregunta propuesta, se plasmaron los siguientes objetivos:

- **Objetivo General**

Caracterizar las antocianinas de las corontas de *Zea mays* L. “maíz morado” para la elaboración de un protector solar.

- **Objetivos específicos**

- Cuantificar las antocianinas del extracto de las corontas de *Zea mays* L. “maíz morado” mediante método espectrofotométrico.
- Formular y elaborar un protector solar a base del extracto de las corontas de *Zea mays* L. “maíz morado”.
- Determinar el factor de protección solar del protector solar elaborado a base del extracto de las corontas de *Zea mays* L. “maíz morado”.

Planteándose como hipótesis:

Las antocianinas de la coronta de *Zea mays* L. “maíz morado” presentan características que permiten la elaboración de un protector solar.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Teorías que sustentan la investigación

**Rafael E (2017)**<sup>4</sup> realizó la “Extracción y cuantificación de antocianinas de maíz morado (*Zea mays* L.) utilizando dos solventes a diferentes temperaturas y tiempos de extracción”. La muestra fue maíz morado de la variedad canteño y la extracción se realizó por destilación a reflujo, concentrándose el extracto al vacío y utilizándose para la extracción agua destilada y etanol al 20% v/v a tiempos de 30 y 60 minutos y temperaturas de 50 y 70 °C, leyendo las absorbancias a 510 y 700 nm en el espectrofotómetro. Los resultados evidenciaron que se logró extraer un total de 8,74 mg/g de antocianinas totales a una temperatura de 50 °C y un tiempo de 60 minutos.

Por otro lado, **Flores P, Pérez S (2014)**<sup>5</sup> realizaron la “Determinación del factor de protección solar (FPS) in vitro para las antocianinas del maíz morado y su inclusión en el diseño de bioprotectores solares”, el estudio se enfocó en la extracción de antocianinas y a la vez en la formulación de un protector solar a base de antocianinas, utilizando para esto óxido de zinc y extracto de antocianinas. Los resultados confirmaron que se logró extraer un promedio de 3,6739 mg/g (cianidina-3-glucósido) de antocianinas, formulándose un protector solar a base de antocianinas que logró obtener un factor de protección solar in vitro de 38,8; concluyendo que el las antocianinas de maíz

morado en combinación óxido de zinc desempeñan un rol de protección solar adecuado.

Asimismo, **Otiniano R (2012)**<sup>6</sup> estudió la “Actividad antioxidante de antocianinas presentes en la coronta y grano de maíz (*Zea mays* L.) variedad morado nativa cultivada en la ciudad de Trujillo”, para ello utilizaron como muestras granos y corontas de maíz morado, extrayéndose las antocianinas mediante el método de pH diferencial, utilizando para ello, metanol acidificado, ácido clorhídrico y buffer de cloruro de potasio. Los resultados obtenidos dieron a conocer que se logró extraer 10,476 a 14,173 mg/g de antocianinas de las corontas de maíz morado; mientras que, los granos obtuvieron 4,996 hasta 7,169 mg/g expresados como cianidina-3-glucosido; por lo que se concluyó que la capacidad antioxidante de las antocianinas del maíz morado varía de acuerdo al grano y la coronta.

De igual manera los investigadores, **López L y García H (2010)**<sup>7</sup> determinaron la “Actividad antioxidante de extractos metanólicos y acuosos de distintas variedades de maíz mexicano”. Para esto utilizaron como solventes agua destilada y metanol acuoso, el ensayo se centró en determinar la actividad antioxidante y capacidad de inhibir la formación y acción de radicales libres, contenido de compuestos fenólicos totales y antocianinas de extractos acuosos y metanólicos de distintas variedades de maíz mexicano. Los resultados

dieron a conocer que la concentración de compuestos fenólicos varió de 65,75 a 3400 mg/100g y las antocianinas de 1,5 a 2052,75 mg/100g (0,015 a 20,53 mg/g) de harina de maíz.

**Seijas P (2010)**<sup>8</sup> en su estudio sobre “Efecto fotoprotector de extracto antociánico de *Zea mays* var. canteño “maíz morado” en piel de *Mus musculus* ante el fotodaño agudo, subagudo y fotoenvejecimiento inducido por radiación UV-C”, se formuló un gel a concentraciones de 0,05, 0,15 y 0,25 p/v a base de extracto de antocianinas de maíz morado, utilizando como vehículo carbopol 940, los cuales fueron aplicados a los ratones *Mus musculus* inducido a las radiaciones ultravioleta. El tratamiento fue una vez al día por un periodo de tiempo de 4 meses. Los resultados evidenciaron que la concentración del 0,25% p/v fue la que obtuvo mayor efecto fotoprotector frente a las radiaciones UV-C, debido a que el 71% de ratones no presentaron edema ni eritema y el 72% no mostraron fotoenvejecimiento; llegando a concluir, que el extracto de maíz morado tiene efecto fotoprotector frente a las radiaciones solares ultravioleta (UV-C).

Entre tanto, **Gorriti A et al (2009)**<sup>9</sup> hicieron la “Extracción de antocianinas de las corontas de *Zea mays* L. “maíz morado”, la extracción se realizó mediante el método de pH diferencial (2 y 4), utilizándose como solventes agua destilada y solución metanólica al 20 y 40%, intervalos de tiempo de 30, 60, 120 y 240 minutos y

temperaturas de 25, 60, 75 y 90 °C. En sus resultados dieron a conocer que las corontas de maíz morado lograron obtener una concentración de 8,404 a 47,984 mg/g de antocianinas.

Del mismo modo, **Arroyo J et al (2009)**<sup>10</sup> determinaron las “Antocianinas, fenoles totales y actividad antioxidante de las corontas del maíz morado (*Zea mays* L)”, la extracción de antocianinas fue mediante el pH diferencial, utilizando para ello soluciones etanólicas al 20%. Los resultados mostraron que la coronta de maíz morado arrojó un promedio de fenoles totales de 23,426 a 76,962 expresados como mg GAE/g de coronta; así como un total de antocianinas de 11,567 a 37,127 mg/g; además de un 17,06 a 68,80 % de actividad antioxidante mediante el método DPPH.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. *Zea mayz* L. “maíz morado”**

El *Zea mays* L. “maíz morado” es un cereal que existió desde hace muchos años, cuyos orígenes fueron Perú y México. El maíz es una planta que se cultiva en diversos lugares del Perú; así también en el departamento de Cajamarca lo podemos encontrar en diversas provincias de la ciudad, siendo una de ellas la provincia de San Marcos, que es un productor de esta especie.<sup>11,12</sup>

El maíz morado es una especie de origen peruano, que resalta por su fruto constituido por una mazorca (tusa y grano), esta formado por un 85% de granos y un 15% de coronta (tusa). Ambas partes contienen antocianinas, encontrándose mayor proporción en las corontas que en los granos y utilizándose estas, en refrescos, mermeladas, postres, etc.<sup>12,13</sup>

**a) Clasificación taxonómica<sup>11,14</sup>**

<b>Reino</b>	: Plantae.
<b>División</b>	: Magnoliophyta.
<b>Clase</b>	: Liliopsida.
<b>Familia</b>	: Poaceae.
<b>Género</b>	: <i>Zea</i> .
<b>Especie</b>	: <i>Zea mays</i> L.

**b) Variedades de maíz morado**

Existen diferentes variedades de maíz morado que se cultivan en el Perú, siendo las más resaltantes: <sup>14,15,16</sup>

- **Cuzco morado**: Relacionado a la raza cuzco gigante, este fruto es de granos grandes con hileras bien definidas, se adecua a diferentes climas, cultivándose en diversas ciudades como es el caso de Apurímac, Cajamarca y Cuzco.<sup>14,15</sup>

- **Maíz morado canteño:** Este es una variedad similar a la de la variedad cuzco morado; diferenciándose en que los granos y las hileras, son más pequeñas. Se cultivan en las zonas altas del Valle Chillón, en el departamento de Lima y en otros departamentos, encontrándose en mayor proporción en los mercados de Lima.<sup>14,16</sup>

- **Morado de caraz:** Esta variedad deriva de las razas ancashinas, el nombre es aludido, porque se cultiva en la zona de Caraz; así como en el callejón de Huaylas. La ventaja de esta variedad, es que es capaz de adaptarse también a zonas de la costa, siendo esta variedad, la que muestra mayor capacidad de rendimiento y la que presenta la coronta más pigmentada.<sup>15,16</sup>

- **Arequipeño:** esta variedad se asemeja a la del cusco morado, con la diferencia que es más pequeño. La coronta no presenta mucha coloración.<sup>15</sup>

- **Negro de Junín:** Esta variedad precoz y presenta granos grandes, de color negro que se disponen de manera irregular, presentando una mazorca corta y redondeada.<sup>15</sup>

- **Variedad mejorada:** Es una variedad que se ha producido por el Programa de Maíz de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).<sup>14</sup>

En la sierra peruana existe una amplia variabilidad de maíces con potencial utilización industrial y de exportación; uno de ellos es el maíz morado que contiene pigmento morado a negro tanto en el grano como en la tusa, y se le conoce como kulli, cusco morado, morado canteño, los cuales también se cultivan en Cajamarca, especialmente de la provincia de San Marcos, Cajabamba, distrito de Jesús y en otras localidades. La Universidad Nacional de Cajamarca mostró una nueva especie de maíz morado, que tomó once años de investigación. A la nueva especie de maíz morado se le denominó “UNC 47”, y según datos registrados en el estudio, se le atribuye propiedades medicinales, dado que contiene antocianinas previniendo el cáncer, sobre todo en el intestino grueso, pero también es beneficioso para el corazón, pues ayuda a mantener un buen ritmo cardíaco.<sup>16,17</sup>

La nueva variedad de maíz morado, tienen un rendimiento por hectárea sembrada, de unos cuatro mil kilos, valor superior al del maíz blanco, por lo tanto, los agricultores de Cajamarca tendrían una mejor rentabilidad, ya que este

producto, se busca importar a mercados internacionales, donde tiene alta demanda por sus propiedades curativas y bebida refrescante. Además se espera que los agricultores usen esta nueva variedad de maíz morado en sus cultivos por ser segura y fuente de mayores ingresos; por ello se puede decir que este maíz es de Cajamarca para el mundo.<sup>16,17</sup>

### c) Composición química

El maíz morado tiene dentro de su composición química al ácido salicílico, lípidos, resinas, saponinas, sales de potasio, sodio, azufre, fósforo y compuestos fenólicos. El fruto del maíz está formado por un 85% de grano y 15% de coronta (tusa). Además, tanto el grano como la tusa contienen antocianinas (cianidina 3-glucósido), encontrándose en mayor proporción en la coronta.<sup>12,13</sup>

**Tabla N° 01: Composición química del grano y coronta del maíz morado.**

<b>Composición</b>	<b>Grano (%)</b>	<b>Coronta (%)</b>
<b>Humedad</b>	11,4	11,2
<b>Proteínas</b>	6,7	3,74
<b>Grasa</b>	1,5	0,32
<b>Fibra</b>	1,8	24,02
<b>Cenizas</b>	1,7	3,31
<b>Carbohidratos</b>	76,9	57,42

**Fuente:** Rafael E. Extracción y cuantificación de antocianinas de maíz morado (*Zea mays* L.) utilizando dos solventes a diferentes temperaturas y tiempos de extracción. [Tesis]. Perú: Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ciencias Agrarias; 2017.<sup>4</sup>

#### **d) Usos**

La principal fuente de refrescos de chicha morada es obtenida del maíz morado, siendo esta una bebida fermentada de un día o más. Se utiliza también para la elaboración de mazamorra, postres; así como colorante, para la elaboración de bebidas, gelatinas, caramelos, yogurt, etc.<sup>17,18</sup>

#### **e) Propiedades y beneficios**

El maíz morado ejerce propiedades antioxidantes, anticancerígenas, antiinflamatorias y antineurodegenerativa. Las antocianinas tienen propiedad antioxidante, pues estas sustancias ejercen su acción sobre los radicales libres, inhibiendo o retardando su acción. La acumulación de los radicales libres, generan el llamado estrés oxidativo, generando enfermedades crónicas y degenerativas. Además, el extracto de maíz morado también, ayuda a prevenir enfermedades cardiovasculares, reduce la obesidad y previene o controla la diabetes.<sup>12,13</sup>

#### **Colorante de maíz morado**

Los pigmentos del maíz morado son fuente de la naturaleza, contiene 6 formas químicas de antocianinas: pelargonidina - 3 - O -  $\beta$  - D - glucósido, peonidina - 3 - O -  $\beta$  - D - glucósido, cianidina - 3 -  $\beta$  - D - (6 - alonilglucósido), pelargonidina - 3

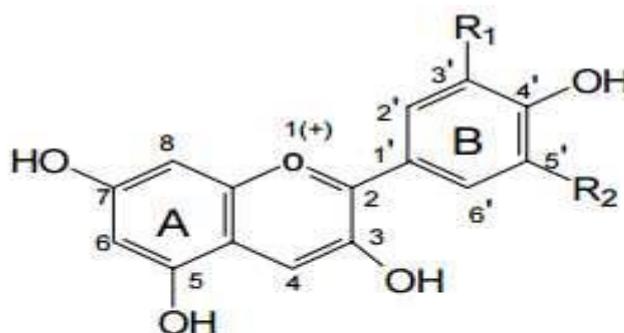
- O -  $\beta$  - D - (6-malonilglucósido) y peonidina - 3 - O -  $\beta$  - D - (6 - malonilglucósido) sustancias responsables del color característico del maíz morado, siendo cianidina - 3 -  $\beta$  - glucósido, la que se encuentra en mayor proporción y la responsable de la actividad antioxidante. <sup>15,18</sup>

### **2.2.2. Antocianinas**

Las antocianinas son un grupo de pigmentos que son solubles en agua, forman parte de la familia de polifenoles y son definidos como flavonoides fenólicos. Hay diferentes tipos de colores que proporcionan los pigmentos de las antocianinas, siendo los colores: rosa, rojo azul, malva y violeta, que se deben a pigmentos localizados en la piel de frutas como manzanas, peras, uvas, zarzamoras y ciruelas. También, se encuentra en flores, rosas, verduras, col morada y maíz morado, proporcionando diferentes colores y diferenciándose entre frutas, flores y verduras, dependiendo la concentración, naturaleza y factores como la temperatura, humedad y luz. <sup>18</sup>

La propiedad de las antocianinas de ser solubles en agua facilita su incorporación en numerosos sistemas acuosos alimenticios. Estas cualidades hacen que las antocianinas sean colorantes naturales atractivos; sin embargo, las antocianinas aisladas son altamente inestables y muy susceptibles a la degradación

durante el almacenamiento y el procesamiento. Su estabilidad se ve afectada por varios factores tales como pH, temperatura de almacenamiento, estructura química, concentración, luz, oxígeno, solventes, presencia de enzimas, flavonoides, proteínas e iones metálicos; de esta forma su inestabilidad es una limitante para su aplicación como colorante comercial en la industria de alimentos.<sup>4,11</sup>



**Figura N° 01: Estructura química de las antocianinas.**

**Fuente:** Rafael E. Extracción y cuantificación de antocianinas de maíz morado (*Zea mays* L.) utilizando dos solventes a diferentes temperaturas y tiempos de extracción. [Tesis]. Perú: Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ciencias Agrarias; 2017.<sup>4</sup>

**Tabla N° 02: Clasificación de las antocianinas.**

AGLICONA	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>
<b>Petunidina</b>	2.3. OH	2.4. OCH <sub>3</sub>
<b>Malvidina</b>	2.5. OCH <sub>3</sub>	2.6. OCH <sub>3</sub>
<b>Pelargonidina</b>	2.7. H	2.8. H
<b>Delfinidina</b>	2.9. OH	2.10. OH
<b>Cianidina</b>	2.11. OH	2.12. H
<b>Peonidina</b>	2.13. OCH <sub>3</sub>	2.14. H

**Fuente:** Rafael E. Extracción y cuantificación de antocianinas de maíz morado (*Zea mays* L.) utilizando dos solventes a diferentes temperaturas y tiempos de extracción. [Tesis]. Perú: Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ciencias Agrarias; 2017.<sup>4</sup>

### **a) Clasificación de las antocianinas**

Las antocianinas se clasifican teniendo en cuenta a las moléculas de azúcar que contienen, por lo que se dividen en varios tipos: monosacáridos, los que presentan una sola molécula de azúcar, principalmente en posición 3 y rara vez en posición 5 o 7 y nunca en otras posiciones, los biósidos que contienen 2 moléculas de azúcar, ambos en posición 3 ó uno en 3 y el otro en la posición 5 y raras veces en 3 y 7, los triósidos, contienen 3 moléculas de azúcar, dos en la posición 3 y uno en la posición 5 y con frecuencia las tres en una estructura ramificada o lineal en posición 7.<sup>16,17</sup>

### **b) Antocianinas del maíz morado**

Las antocianinas del maíz morado es un tipo de flavonoide complejo, que se encuentra en mayor concentración en las corontas que en los granos, siendo el tipo principal de antocianinas la cianidina - 3 -  $\beta$  - glucósido; así como la pelargonidina - 3 - glucósido y peonidina - 3 - O - glucósido.<sup>14,15</sup>

**Tabla N° 03: Concentración de antocianinas en el grano y la coronta del maíz morado.**

<b>MUESTRA</b>	<b>ANTOCIANINAS (mg de antocianinas/g)</b>	<b>RENDIMIENTO (%)</b>
<b>Coronta</b>	6,11	79,47
<b>Grano</b>	0,52	6,75
<b>Grano molido</b>	1,76	20,53

**Fuente:** Rafael E. Extracción y cuantificación de antocianinas de maíz morado (*Zea mays* L.) utilizando dos solventes a diferentes temperaturas y tiempos de extracción. [Tesis]. Perú: Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ciencias Agrarias; 2017.<sup>4</sup>

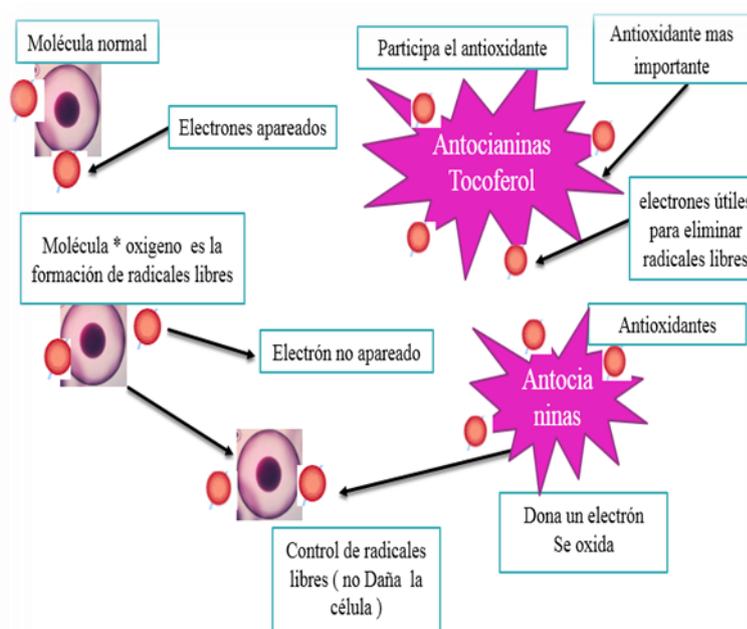
### **Extracción de antocianinas**

Las antocianinas son compuestos solubles en solventes polares y mayormente se extraen utilizando metanol, etanol, ácido clorhídrico, ácido acético y fórmico, cuantificándose en su mayoría mediante el método del pH diferencial, ya que el ácido clorhídrico utilizado en este método mantiene el pH ácido previniendo el desplazamiento del equilibrio químico de deshidratación y formación de acetonas.<sup>4,14</sup>

### **Mecanismo de acción de las antocianinas**

**Antioxidante.** Las antocianinas son compuestos fenólicos, que tienen dentro de estructura química a grupos hidroxilos o metoxilo en el anillo B. Actúan secuestrando especies reactivas de oxígeno (como el radical hidroxilo, anión superóxido y oxígeno singlete) inhibiendo las enzimas productoras de radicales libres, por medio de transferencia de átomos de hidrógeno en la molécula, así como la donación de

electrones. Puesto que los radicales libres son los responsables de la oxidación celular, que dañan principalmente a lípidos proteínas y ácidos nucleicos (ADN).<sup>10,15,17</sup>

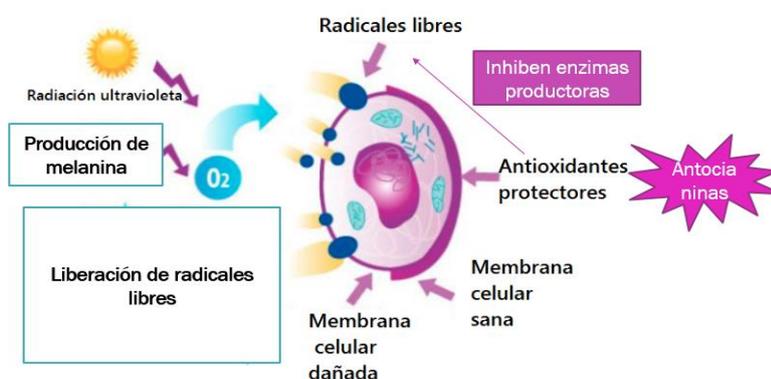


**Figura N° 02: Mecanismo antioxidante de las antocianinas.**

**Fuente:** Arroyo J, Negron L, Purizaca H, Santiago I, Taype E, Quispe F, et al. Antocianinas, fenoles totales y actividad antioxidante de las corontas del maíz morado (*Zea mays* L). Revista Latinoamericana y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas. [Revista virtual]. 2009; 8 (6): 509 – 518.<sup>10</sup>

**Fotoprotectora.** Las antocianinas ejercen su efecto fotoprotector debido a que absorben las longitudes de onda de los rayos ultravioleta, impidiendo la liberación de melanina (pigmento oscuro de la piel), esto se debe principalmente a que ejerce un efecto directo sobre las especies reactivas de

oxígeno derivadas de la alta exposición a los rayos solares, que generan liberación de radicales libres y el estrés oxidativo. Por lo tanto, las antocianinas actúan sobre especies reactivas de oxígeno e inhiben enzimas productoras de radicales libres, por medio de transferencia de átomos de hidrógeno en la molécula, así como la donación de electrones, intervendría en la protección solar frente a los rayos ultravioletas responsables de efectos nocivos en la piel, como es el caso de alergias cutáneas, rash cutáneo y otros problemas que se producen al exponerse a altas temperaturas de los rayos solares.<sup>10,15</sup>



**Figura N° 03: Mecanismo de acción fotoprotector de las antocianinas.**

**Fuente:** Arroyo J, Negron L, Purizaca H, Santiago I, Taype E, Quispe F, et al. Antocianinas, fenoles totales y actividad antioxidante de las corontas del maíz morado (*Zea mays* L). Revista Latinoamericana y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas. [Revista virtual]. 2009; 8 (6): 509 – 518.<sup>10</sup>

### **2.2.3. Protectores solares**

Las diferentes radiaciones que emiten los rayos solares se clasifican en rayos ultravioleta e infrarrojo, radiaciones solares que pueden ser perjudiciales o saludables para la piel. Hay dos tipos de radiaciones ultravioleta que ejercen su efecto en la piel, los rayos ultravioleta B (UVB) que se caracterizan por tener una longitud de onda de 290 a 320 nm y los rayos ultravioleta A (UVA) que alcanzan una longitud de onda de 320 a 400 nm. Los rayos UVB son los de mayor energía, con la diferencia que penetran poco en la piel, generando el verdadero bronceado y también responsable de desencadenar reacciones de eritema o enrojecimiento en la piel. En cambio, los rayos ultravioleta A (UVA) penetran mucho más la piel a diferencia de los UVB y son los responsables de la pigmentación inmediata de la piel, desencadenado alergias, reacciones fototóxicas y a largo plazo el fotoenvejecimiento de la piel. De otro lado las radiaciones infrarrojas (IR), alcanzan una longitud de onda de 760 nm, las cuales parecen ayudar a disminuir los efectos dañinos de los rayos UVB y UVA. Cabe mencionar, que también existe los rayos ultravioleta C (UVC), que son emitidos por la luz del sol, pero a diferencia de los demás, estos son absorbidos por la capa del ozono, por lo que no llegan a penetrar la atmósfera y no están en la luz solar.<sup>19,20</sup>

La fotoprotección en la actualidad, tiene como pilares fundamentales a tres elementos que permitirán minimizar los efectos nocivos de la radiación ultravioleta, estos incluyen el comportamiento adecuado durante la exposición a la luz solar, el uso de ropa y el uso de productos cosméticos que contengan protección solar. No obstante, para protegerse de la radiación solar es crucial evitar la exposición a la luz solar mediante la búsqueda de sombra, además de reducir el tiempo de exposición, especialmente durante determinadas horas del día.<sup>21,22</sup>

### **Índice de protección solar**

Los productos protectores solares contienen dentro de su composición, filtros solares capaces de absorber o reflejar las radiaciones solares, los que a su vez tiene la función principal de proteger a la piel de los efectos dañinos que generan la exposición a los rayos solares. Tiene la principal característica de actuar frente a los rayos ultravioleta A, B e infrarrojo (IR). Los protectores solares tienen un factor de protección solar (FPS) y también un índice de protección solar (IP), el cual indica en número de veces que el protector solar aumenta su capacidad en defensa a la protección de los efectos dañinos de los rayos ultravioletas. Pues el no uso de un protector solar adecuado, frente a la exposición por tiempos largos y en horas no adecuadas a los rayos solares, puede generar insolaciones en

la piel, quemaduras, enrojecimiento de la piel, alteraciones del sistema inmunitario, afecciones oculares y en el peor de los casos cáncer a la piel.<sup>7,9</sup>

La producción de la industria cosmética, usa diferentes métodos para determinar el FPS, siendo algunos de ellos:

FDA o americano, vigente en Estados Unidos.

COLIPA o método europeo, empleado por la mayoría de fabricantes de la industria cosmética. La metodología consiste en valorar la dosis mínima de radiación ultravioleta que produce la primera reacción eritemática (o enrojecimiento), perceptible en la piel humana, mínima dosis eritemática (MED). La MED se determina con y sin protección. La relación entre ambas es el FPS.<sup>23,26</sup>

$$\text{FPS} = \frac{\text{MED con protección}}{\text{MED sin protección}}$$

El método COLIPA clasifica los protectores solares en varios tipos, de acuerdo al factor de protección solar (FPS) en FPS MED, con protección y FPS MED sin protección. Los datos que se obtienen y que figuran en los etiquetados no tienen en cuenta otros factores como la transpiración, la incorrecta aplicación del producto, la intensidad de las radiaciones y el lugar de

exposición al sol. De acuerdo al método COLIPA los protectores solares pueden clasificarse en varios tipos, atendiendo al factor de protección solar (FPS) se tiene (tabla N° 04):<sup>20</sup>

**Tabla N° 04: Factor de protección solar.**

<b>Tipo de fotoprotector</b>	<b>Factor de protección solar (FPS)</b>
Bajo	2 – 4 – 6
Medio	8 -10 -12
Alto	15 – 20 – 25
Muy alto	30 – 40 – 50
Ultra	Mayor de 50

**Fuente:** Duro E, Campillos M, Causín S. El sol y los filtros solares. Rev Medifam. [Revista virtual]. 2003; 13 (3): 159 – 165.<sup>20</sup>

### **Tipos de protectores solares tópicos**

Se dividen en dos grupos:

- **Protectores físicos.** Se les llama protectores físicos, a los que tienen dióxido de titanio, óxido de zinc, kaolín y otros componentes, que ejercen la acción en reflejar y dispersar la luz solar. Tienen la propiedad de intervenir y proteger de la luz ultravioleta y de la infrarroja. Son cosméticamente inadecuados, necesitando mantenerse con replicaciones frecuentes. Su uso está restringido a dermatosis que requieran una protección total, como en la dermatitis solar polimorfa, melasma, etc.<sup>20,22</sup>
- **Protectores químicos.** Los protectores químicos están hechos a base de sustancias químicas que protejan los rayos solares,

sin tener que generar reacciones adversas en la piel. La mayoría de ellos tiene la propiedad de proteger contra las radiaciones ultravioleta A (UVA) y las radiaciones ultravioleta B (UVB). Los componentes que mayor se utiliza son el ácido paraaminobenzoico, ácido salicílico, benzofenona, alcanfor, cumarina, benzoxasol, ácido cinámico, dihidroxiacetona, dihidroxinaftoquinona, guanina, octilmetoxicinamato, ácido fenilbencimidazol sulfónico y metilbencidilina.<sup>5,20</sup>

### **Usos de los protectores solares**

Los bloqueadores solares se deben utilizar siempre y cuando la exposición a los rayos solares sea en horas de la mañana (10 a 12 am) y horas de la tarde (3,30 a 5 pm) donde éstos son más agresivos a la piel; ya que al penetrar, el cuerpo produce melanina que absorbe los rayos y hace que la piel adquiera un tono bronceado para protegerse del sol, este mecanismo de defensa natural del organismo no es suficiente para contrarrestar los efectos nocivos de los dos tipos de rayos ultravioletas (UVA y UVB) que afectan la superficie de la piel; siendo los rayos ultravioletas de tipo A (UVA), responsables de que la piel adquiera un tono bronceado, al inducir a las células a producir melanina, un pigmento natural que colorea la piel; y los rayos ultravioletas de tipo B (UVB), responsables del enrojecimiento de la piel.<sup>19,26</sup>

### 2.3. Definición de términos básicos<sup>19,21,26</sup>

- **Fotoprotector:** Son sustancias, como bloqueadores solares, que tienen como función ayudar a la piel a protegerse de la exposición del sol para prevenir sus efectos perjudiciales.
- **In vitro:** Se refiere a una técnica para realizar un determinado experimento en un tubo de ensayo, o generalmente en un ambiente controlado fuera de un organismo vivo.
- **UV:** Radiación ultravioleta. La luz solar es la fuente principal de la radiación ultravioleta. Las lámparas y camas bronceadoras también son fuentes de radiación ultravioleta.
- **UVA:** Significa radiación ultravioleta A, alcanza una longitud de onda de 320 a 400 nm. Tiene menor energía comparado con los UVB, pero penetran más profundamente en la piel, siendo responsables de generar aparición de la pigmentación inmediata y del desencadenamiento de las alergias solares.
- **UVB:** Radiación ultravioleta B, alcanza una longitud de onda de 290 a 320 nm. Son las radiaciones de mayor energía, con la diferencia que penetran poco en la piel. Estos rayos pueden dañar directamente al ADN de las células de la piel, y son los principales causantes de quemaduras del sol.

### **III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Unidad de análisis, universo y muestra**

##### **3.1.1. Unidad de análisis**

Coronta de *Zea mays* L. “maíz morado variedad canteño”.

##### **3.1.1. Universo**

Todas las corontas de *Zea mays* L. “maíz morado variedad canteño”.

##### **3.1.2. Muestra**

2 kg de corontas de *Zea mays* L. “maíz morado variedad canteño”.

##### **Criterios de inclusión**

- Corontas de maíz morado en buen estado, que alcanzaron su completa maduración.
- Corontas de maíz morado que no mostraron indicios de contaminación microbiológica.
- Corontas de maíz morado con buenas características organolépticas, como: olor, sabor, color, etc.

### **Criterios de exclusión**

- Corontas de maíz morado que se recolectaron antes que el grano alcance su madurez.
- Corontas de maíz morado que fueron afectados por algún microorganismo.
- Corontas de maíz morado que mostraron malas características organolépticas, como: olor, sabor, color, etc.

## **3.2. Métodos de investigación**

### **3.2.1. De acuerdo al fin que persigue:**

La investigación de acuerdo al fin que se persigue fue de tipo básica, pues el propósito de esta investigación fue buscar el conocimiento por medio de la recolección de datos, de forma que se profundice cada vez los conocimientos ya existentes; ya que, es importante conocer los antecedentes para poder generar nuevos criterios.<sup>28</sup>

### **3.2.2. De acuerdo al objeto de estudio:**

De acuerdo al objeto de estudio esta investigación fue explicativa, pues el propósito fue responder las causas, los eventos y fenómenos físicos o sociales que se presentaron.<sup>28</sup>

Pues se dio a conocer la concentración de antocianinas presentes en el maíz morado, y a la vez la propiedad terapéutica del preparado farmacéutico que se formuló y elaboró.

### **3.2.3. De acuerdo a la técnica de contrastación:**

La investigación de acuerdo a la técnica de contrastación fue experimental.<sup>28</sup> Pues el propósito fue extraer las antocianinas de la coronta de maíz morado canteño para cuantificarlas y a la vez utilizarlas en la elaboración de un protector solar.

### **3.3. Técnicas de investigación**

#### **a) Obtención y selección de la especie vegetal**

- Se viajó a la provincia de San Marcos y se visitó a algunos proveedores que siembran y comercializan maíz morado canteño.
- Se dio a conocer el motivo de la visita y a la vez se informó sobre el trabajo de investigación y los objetivos planteados.
- Luego, se compró un total de 12 kg maíz morado canteño con toda coronta, del mismo proveedor.
- En seguida se empacaron y se trasladaron a la ciudad de Cajamarca.
- Paso seguido se puso a secar a temperatura ambiente durante 5 días consecutivos sobre papel periódico, en un ambiente fresco, fuera del alcance de los rayos solares.
- Luego se separaron el grano de las corontas (parte a utilizar).

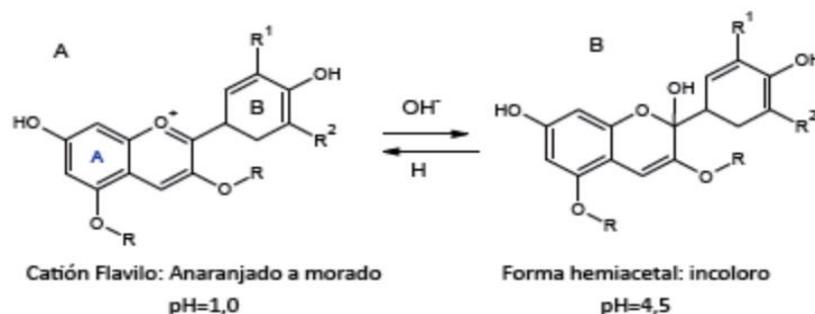
### **b) Extracción de antocianinas<sup>4,9</sup>**

- Las corontas secas, se trituraron, molieron y pasaron por un tamiz N° 100, con la finalidad obtener partículas de 1 mm de diámetro a fin de aumentar la superficie de contacto entre el soluto y el solvente y por lo tanto aumentar la velocidad de extracción.
- Utilizando una balanza analítica, se pesó 5 g de coronta molida y tamizada y se colocó en un recipiente de capacidad mayor a 200 mL.
- Posteriormente se agregó 200 mL de agua destilada y se agitó por completo.
- Se procedió a extraer las antocianinas totales mediante el método de calentamiento. Esta operación se realizó en un equipo de reflujo a una temperatura de 50 °C y un periodo de tiempo de 60 min.
- Se filtró al vacío, utilizando papel Whatman N° 01 y una bomba al vacío para obtener el extracto de antocianinas totales.

### **c) Cuantificación de antocianinas mediante el método de pH diferencial**

Las antocianinas a ciertos pHs presentan diferente actividad debido a que esto repercute en su estabilidad molecular. Los espectros UV-Vis a diferentes pH también cambian y ayudan a determinar si está o no polimerizada. El color llamativo de las antocianinas se debe

principalmente a la carga positiva del catión flavilio. A pH 1 dará un color intenso tal como se encuentran de forma típica en verduras y frutas. Las cargas van cambiando a lo largo de la variación de pH dando las estructuras y colores. El catión flavilio a pH 1 es la forma más estable, mientras que las chalconas (acetona) a pHs > 4,5 son las más susceptibles a degradación. Al conocer las características fisicoquímicas de las antocianinas y su comportamiento en los diferentes pHs se puede medir la concentración de antocianinas totales en el extracto del maíz morado utilizando el método de pH diferencial.<sup>9,25</sup>



A: Estructura del catión flavilio; B: Forma hemiacetal; R = H: Sustituyente glicosídico.

#### **Figura N° 04: Determinación de antocianinas por el método del pH diferencial.**

**Fuente:** Gorriti A, Quispe F, Arroyo J, Córdova C, Santiago I, Taype E. Extracción de antocianinas de las corontas de *Zea mays* L. “maíz morado”. Revista de Ciencia e Investigación. [Revista virtual]. 2009; 12 (2): 64 – 74.<sup>9</sup>

**Preparación de la disolución reguladora (pH 4,5).** La disolución reguladora se preparó con 40 mL de acetato de sodio 1M, 24 mL de HCl 1N y 36 mL de agua destilada.

**Preparación de la disolución reguladora (pH 1).** La disolución reguladora se preparó con 12,5 mL de KCl (soluciones buffer de cloruro de potasio) al 0,2 N y 38,5 mL de HCl al 0,2 N.

**Procedimiento:**

- Se tomó una alícuota de 1 mL del extracto concentrado de antocianinas totales y se diluyó en una fiola de 50 mL (extracto acuoso). El factor de disolución fue el mismo para todo (pH 1,0 y pH 4,5).
- Posteriormente se prepararon dos muestras, una con la solución reguladora a pH 1,0 y otra con la solución reguladora a pH 4,5.
- Se midió 1 mL del extracto acuoso y se aforó a 10 mL con la disolución reguladora a pH 1,0 y la otra con la solución reguladora a pH 4,5.
- En seguida se leyeron las absorbancias en el espectrofotómetro a 350 nm, utilizando agua destilada como blanco, a pH 1 y a pH 4,5 (la lectura se hizo por triplicado para disminuir el margen de error).
- Para el cálculo de la concentración de antocianinas, se utilizó la siguiente fórmula:

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

Dónde:

A = Absorbancia de la muestra a 350 nm (absorbancia a pH 1 ó a pH 4,5).

PM (Peso molecular) = 449,2 g/mol para cianidina - 3 - glucósido.

FD = factor de dilución (1 en 50).

L = longitud de paso de celda en cm = 1 cm.

$\epsilon$  = 26900 (L/mol) cm coeficiente de extinción molar para cianidina - 3 - glucósido.

1000 = factor de conversión de g a mg.

#### **d) Formulación y elaboración del protector solar**

El preparado se formuló y elaboró en base a los insumos propuestos por Flores P y Pérez S (2014)<sup>5</sup> en cuya formulación utilizó lo siguiente:

##### **Formulación**

- Alcohol cetílico	: 18 g
- Glicerina	: 20 g
- Lauril sulfato sódico	: 1 g
- Metilparabeno	: 0,4 g
- Propilparabeno	: 0,4 g
- Óxido de zinc	: 1,6 g
- Extracto de antocianinas (equivalente a 1,6 g de antocianina pura)	: 195,12 g

### **Procedimiento para la elaboración:**

- Se pesó 18 g de alcohol cetílico y se fundió en un vaso precipitado en baño maría a 65 °C.
- Luego se añadió la glicerina manteniendo la temperatura de 65 °C (fase 1).
- En otro recipiente de capacidad de 100 mL, se midió 50 mL de agua destilada, luego se agregó y disolvió 1,6 g de óxido de zinc, 1,6 g de antocianinas, 0,4 g metilparabeno, 0,4 g propilparabeno y 1g de lauril sulfato sódico (fase 2).
- Posteriormente y haciendo uso de una bagueta se mezcló la fase 1 con la fase 2 por un lapso de 120 minutos en el equipo de baño maría, completando a 100 mL con agua destilada y asegurándose que éste se encuentre a una temperatura de 65°C para mantener el alcohol cetílico líquido.
- Paso seguido se dejó enfriar a temperatura ambiente y antes que se solidifique se envasó en un frasco de color ámbar con tapa rosca.
- Finalmente se almacenó en condiciones adecuadas de temperatura y humedad.

### **e) Determinación *in vitro* del Factor de Protección Solar (FPS) del protector solar elaborado**

Para esto se siguió el Método de Mansur J et al (1986)<sup>21</sup> y Sayre M et al (1979):<sup>27</sup>

- Se diluyó el preparado en etanol de 96° a la concentración de 0,2 mg/mL.
- Luego se leyeron las absorbancias a 350 nm en el espectrofotómetro, utilizando agua destilada para el blanco.
- Para el cálculo del factor de protección solar, se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{FPS in vitro} = \frac{\text{FPS patrón} \times A (350 \text{ nm})}{A \text{ patrón} (350 \text{ nm})}$$

Dónde:

FPS patrón = Protector solar con FPS conocido (50).

A = Absorbancia de la muestra a 350 nm.

A patrón = Absorbancia del protector solar con FPS conocido (1,75).

Para la determinación de la absorbancia del patrón, se procedió siguiendo el mismo procedimiento, pero utilizando un protector solar con FPS conocido.

### **3.4. Instrumentos, Equipos, Materiales y Reactivos**

#### **3.4.1. Instrumentos:**

- Programa Estadístico Software I.B.M. Statistical Package for the Social Sciences (IBM - SPSS) versión 22,0.
- Programa Básico Estadístico Excel 2013.

#### **3.4.2. Equipos:**

- Bomba al vacío, Marca CPS y modelo Buschn R5 155 A.
- Molino manual.
- Espectrofotómetro, Marca VIS UNICO y Modelo Genesys 20.
- pH metro Marca Mettler Toledo. MP. 220.
- Cronometro Digital 30 Tiempos Leap.
- Balanza analítica marca: Ohaus, Modelo: Explorer.
- Cocina eléctrica Marca: Sodimac, Modelo: ilko Teba.
- Rotavapor, Marca BUCHI y Modelo R-124.
- Equipo de Baño María, Marca Menmert.
- Agitador magnético, Marca Spectronic y Modelo Genesys.

**3.4.3. Materiales:** Materiales de vidrio y otros de uso común del Laboratorio de Tecnología Farmacéutica de la Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo.

#### **3.4.4. Reactivos:**

- Acetato de sodio al 1M.
- Ácido clorhídrico al 1N.
- Ácido clorhídrico al 0,2 N.
- Soluciones buffer de cloruro de potasio al 0,2 N.
- Alcohol cetílico
- Glicerina

- Lauril sulfato sódico
- Agua destilada
- Metilparabeno
- Propilparabeno
- Óxido de zinc
- Antocianinas

### **3.5. Técnicas de análisis de datos**

Para el análisis estadístico, los datos obtenidos fueron ingresados al Programa Estadístico Software I.B.M. Statistical Package for the Social Sciences (IBM - SPSS) versión 22,0 y posteriormente graficados en tablas y gráficos.

### **3.6. Aspectos éticos de la investigación**

En consideración a los aspectos éticos, este trabajo de investigación de hizo teniendo en cuenta y considerando el cuidado de la biodiversidad de las especies vegetales, ya que según la ley de ambiente (Ley N° 28611 y artículo 85°) establece que los recursos naturales son patrimonio del Estado, por lo que se puede utilizar sus productos, como: hojas, frutos, tallos, raíces, frutos o demás partes de las especies vegetales, a excepción de algunas que están protegidas por ley.<sup>29</sup>

#### IV. RESULTADOS

**Tabla N° 05: Resultados de la concentración de antocianinas de la coronta de maíz morado por el método de pH diferencial (pH 1).**

N° de muestras	Absorbancia	Concentración de antocianinas (mg/g)
1	0,046	8,07
2	0,049	
3	0,050	
<b>Promedio</b>	<b>0,048</b>	

Fuente: Elaboración propia de los tesistas.

**Interpretación:** La tabla N° 05 muestra la concentración de antocianinas de la coronta de maíz morado por el método de pH diferencial a pH 1 observándose como promedio de absorbancia 0,048 y una concentración de antocianinas de 8,07 mg/g.

**Tabla N° 06: Resultados de la concentración de antocianinas de la coronta de maíz morado por el método de pH diferencial (pH 4,5).**

N° de muestras	Absorbancia	Concentración de antocianinas (mg/g)
1	0,045	7,96
2	0,048	
3	0,050	
<b>Promedio</b>	<b>0,047</b>	

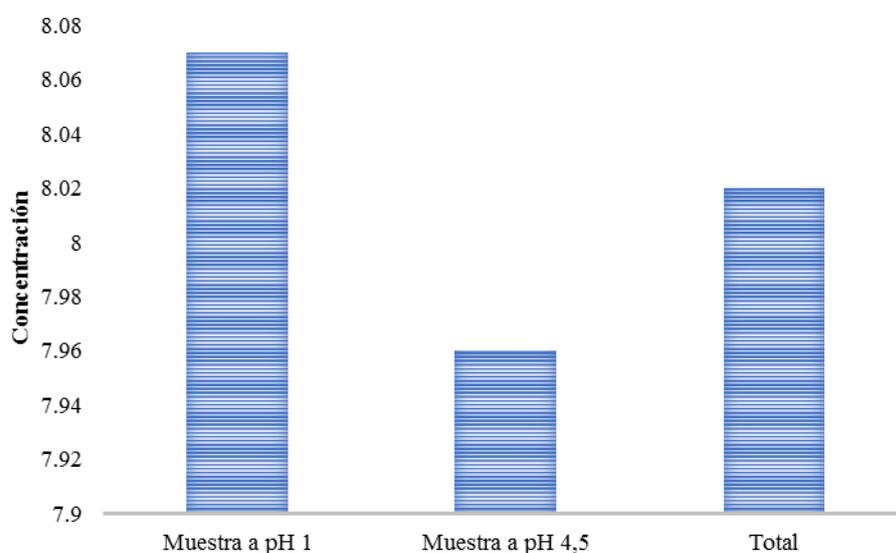
Fuente: Elaboración propia de los tesistas.

**Interpretación:** En la tabla N° 06 se muestran la concentración de antocianinas de la coronta de maíz morado por el método de pH diferencial a pH 4,5, observándose un promedio de absorbancia de 0,047 y una concentración de antocianinas de 7,96 mg/g.

**Tabla N° 07: Concentración promedio de antocianinas de la coronta de maíz morado por el método de pH diferencial a pH 1 y 4,5.**

Muestras	Concentración promedio de antocianinas (mg/g)
Muestra a pH 1	8,07
Muestra a pH 4,5	7,96
Promedio total	8,02

Fuente: Elaboración propia de los tesistas.



**Gráfico N° 01: Concentración promedio de antocianinas de la coronta de maíz morado por el método de pH diferencial a pH 1 y 4,5.**

**Interpretación:** En la tabla N° 07 y el gráfico N° 01 se muestran el promedio total de la concentración de antocianinas de la coronta de maíz morado mediante el método de pH diferencial a pH de 1 y 4,5, obteniéndose un promedio total de 8,02 mg/g

**Tabla N° 08: Componentes utilizados para la elaboración del protector solar.** <sup>5</sup>

<b>Componentes</b>
<b><u>Fase oleosa</u></b>
Alcohol cetílico
Glicerina
<b><u>Fase acuosa</u></b>
Lauril sulfato de sodio
Metilparabeno
Propil parabeno
Óxido de zinc
Antocianinas
Agua destilada

**Fuente:** Flores P, Pérez S. Determinación del factor de protección solar (FPS) in vitro para las antocianinas del maíz morado y su inclusión en el diseño de bioprotectores solares. [Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Químico]. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Facultad de Ingeniería de Procesos; 2014.<sup>5</sup>

**Interpretación:** En la tabla N° 08 se muestra, que la elaboración del protector solar a base de antocianinas de maíz morado, estuvo formulado y elaborado de acuerdo a los componentes que utilizaron Flores P, Pérez S (2014)<sup>5</sup>.

**Tabla N° 09: Determinación del factor de protección solar del protector solar elaborado a base de extracto de antocianinas de maíz morado.**

<b>N° de muestras</b>	<b>Absorbancias (350 nm)</b>	<b>Factor de protección solar (FPS)</b>
<b>1</b>	<b>1,516</b>	<b>43,4</b>
<b>2</b>	<b>1,520</b>	
<b>3</b>	<b>1,522</b>	
<b>Promedio</b>	<b>1,519</b>	

**Fuente:** Elaboración propia de los tesisistas.

**Interpretación:** La tabla N° 09 se muestra el promedio de absorbancias de las muestras y el promedio del factor de protección solar, del protector solar elaborado a base del extracto de la coronta de maíz morado, obteniéndose un promedio de absorbancia de 1,519 y un promedio de factor de protección solar de 43,4.

## V. DISCUSIÓN

Este trabajo de investigación se enfocó en caracterizar las antocianinas de la coronta de *Zea mays* L. “maíz morado” y a la vez elaborar un protector solar a base de las antocianinas del maíz morado. Para la cual se contó con muestras de maíz morado que se obtuvieron de la provincia de San Marcos, razón por la que se viajó a dicha provincia con el propósito de adquirir frutos maduros y en buen estado. Con la muestra obtenida, se pusieron a secar un lapso de 5 días consecutivos, con la finalidad de obtener una muestra adecuada, posteriormente se separaron los granos de maíz morado de las corontas.

La muestra fue corontas de maíz morado que, mediante un proceso de molienda, tamizado y luego de extracto, se procedió a determinar la concentración de antocianinas mediante el método de pH diferencial (método espectrofotométrico), realizándose por triplicado para disminuir el margen de error, obteniéndose como un total de 8,02 mg por cada gramo de extracto (tabla N° 07 y gráfico N° 01). Teóricamente las corontas de maíz morado tienen más concentración de antocianinas que los granos (frutos) y varían de acuerdo a la variedad, estado de madurez y condiciones de extracción, variaciones que pueden ir desde 0,52 mg/g en el grano y 6,11 mg/g en las corontas; consolidando dicha información con el estudio que realizó Rafael E (2017)<sup>4</sup> titulado “Extracción y cuantificación de antocianinas de maíz morado (*Zea mays* L.), cuya muestra fue maíz morado de la variedad canteño y la manera de extracción

fue utilizando agua destilada y etanol como solventes a diferentes temperaturas y tiempos (50 y 70 °C y 30 y 60 min), obteniendo como resultados un promedio de 8,74 mg/g de antocianinas totales a temperatura de 50 °C en un tiempo de 60 minutos. Asimismo, los investigadores, López L y García H (2010)<sup>7</sup> determinaron la “Actividad antioxidante de extractos metanólicos y acuosos de distintas variedades de maíz mexicano”, utilizando para su extracción como solventes agua destilada y metanol acuoso y obteniendo dentro de sus resultados entre 1,5 a 2052,75 mg/100g (0,015 a 20,53 mg/g) de antocianinas. De igual manera, Gorriti A et al (2009)<sup>9</sup> en su investigación sobre la “Extracción de antocianinas de las corontas de *Zea mays* L. “maíz morado”, encontraron concentraciones de antocianinas desde 8,404 a 47,984 mg/g de coronta, determinados según el método de pH diferencial. Otro estudio realizado por, Arroyo J et al (2009)<sup>10</sup> sobre “Antocianinas, fenoles totales y actividad antioxidante de las corontas del maíz morado (*Zea mays* L)”, también dio a conocer que las concentraciones de antocianinas encontradas en las corontas de maíz morado por el método de pH diferencial, variaron entre 11,567 a 37,127 mg/g. Comparando los resultados de este estudio con los estudios antes mencionados, se puede decir que la concentración de antocianinas encontradas en las corontas del maíz morado tienen semejanza y guardan estrecha relación, justificando de esta manera los resultados encontrados. Pues si bien es cierto la temperatura de extracción de las antocianinas no deben ser mayor a 70° C. puesto que, las antocianinas son destruidas por el calor durante el procesamiento y almacenamiento, al incrementar la

temperatura resultan en pérdida del azúcar glicosilante en la posición 3 de la molécula y apertura de anillo con la consecuente producción de chalconas incoloras, generando pérdidas de la concentración de antocianinas. Asimismo, los cambios en el pH provocan una transformación estructural en las antocianinas, los cambios fisiológicos en la maduración de los frutos llevan consigo variaciones en el pH y por lo tanto cambios de color en el tejido vegetal. Las antocianinas se transforman en su color desde pH 1,0 a 7,0, que abarca en la mayoría de los alimentos. Estos cambios estructurales con respecto al pH incluyen la formación de la sal de flavilio, la de la base anhidra y la de la base del carbinol. A un pH que oscila entre 2,0 y 4,0 la principal vía de degradación térmica es la hidrólisis de la molécula de azúcar.

Después de la determinación de la concentración de antocianinas de las corontas de maíz morado, se procedió a reunir los reactivos, materiales y demás excipientes para elaborar un protector solar a base de extracto de antocianinas de maíz morado, óxido de zinc y otros componentes necesarios (tabla N° 08), teniendo en cuenta a los componentes utilizados por Flores P, Pérez S (2014)<sup>5</sup> en su trabajo de investigación: elaboración de un protector solar a base de antocianinas. Los componentes utilizados para la elaboración de este protector solar fueron los mismos (antocianinas, óxido de zinc, etc) a los utilizados por los autores antes mencionados, llegándose a elaborar dicho producto de manera satisfactoria, empleando todos los excipientes correspondientes y

rigiéndose al régimen de las buenas prácticas de manufactura para productos cosméticos; así como por ejemplo, el óxido de zinc, es un producto que tienen propiedades protectoras de la piel, es astringente cutáneo y está indicado para aliviar quemaduras leves, siendo un sedante del ardor y prurito; por lo tanto, al emplear este compuesto incrementaría la acción fotoprotectora del bloqueador solar.

El trabajo no se quedó inconcluso, ya que después se procedió a determinar también el Factor de Protección Solar (FPS) in vitro, de dicho protector elaborado (tabla N° 09), obteniéndose un FPS de 43,4. El factor de protección solar se clasifica en bajo, medio, alto (que va desde 30 - 50) y muy alto (mayor de 50), según (Duro E, Campillos M, Causín S)<sup>20</sup>. Recurriendo a algunos estudios antes realizados, se puede contrastar con él de, Flores P, Pérez S (2014)<sup>5</sup> sobre la “Determinación del factor de protección solar (FPS) in vitro para las antocianinas del maíz morado y su inclusión en el diseño de bioprotectores solares”, para ello se elaboraron un protector solar a base de extracto de antocianinas de maíz morado y óxido de zinc; en cuyos resultados manifiestan que evaluaron el factor de protección solar (FPS) del bloqueador elaborado, obteniendo un FPS de 38,8 y concluyendo que el preparado fue estable mostrando un FPS por encima de lo esperado. Del mismo modo, Seijas P (2010)<sup>8</sup> también hizo una investigación sobre el “Efecto fotoprotector de extracto antociánico de *Zea mays* L. var. canteño “maíz morado” en piel de *Mus musculus* ante el fotodaño agudo, subagudo y fotoenvejecimiento inducido por radiación

ultravioleta C”, para la cual elaboró un gel a base de extracto de maíz morado a concentraciones: 0,05, 0,15 y 0,25% p/v utilizando como vehículo cutáneo carbopol 940; en sus resultados dio a conocer, que la dosis 0,25 % p/v obtuvo el mayor efecto frente a la acción de la radiación ultravioleta C, debido a que el 71% de individuos no presentaron eritema ni edema, el área promedio de hiperqueratosis fue pequeña (1,6 cm<sup>2</sup>) y el 72% de individuos no presentaron fotoenvejecimiento; llegando a concluir que el extracto de maíz morado posee efecto fotoprotector ante la actividad dañina de la radiación.

Con los resultados obtenidos y haciendo un breve resumen se puede decir, que se pudo contrastar la hipótesis planteada; ya que, se determinó que la coronta del maíz morado canteño tienen importante concentración de antocianinas, las que a su vez ejercen propiedades terapéuticas, como antioxidante y fotoprotectora frente a las radiaciones ultravioletas; así se tienen que las antocianinas son antioxidantes por ser compuestos fenólicos cuyo mecanismo de acción estaría involucrado en retardar e inhibir la formación de radicales libres mediante la transferencia de átomos de hidrógeno en la molécula así como la donación de electrones y otras sustancias oxidantes, generado por el estrés oxidativo, que daña a las proteínas, lípidos y ácidos nucleicos, Se señala que el genoma mitocondrial es susceptible al ataque de los radicales libres que produce. En este marco la participación mitocondrial y la presencia de estrés oxidativo podrían asociarse con la patogenia que conduce a la

destrucción celular propia del envejecimiento; asimismo la acción fotoprotectora del bloqueador solar se debería principalmente a las acción de las antocianinas, que actúan inhibiendo la producción de melanina (enzima natural de la piel), secuestrando especies reactivas de oxígeno producto de la oxidación celular e inhibiendo de esta manera la formación de radicales libres, que dañan diferentes moléculas, generando la aparición de diferentes patologías, entre ellas, el envejecimiento prematuro de la piel; es así que un bloqueador a base de antocianinas es de mucha importancia debido a que ayuda a prevenir las reacción de oxidación que se puedan presentar durante la exposición a los rayos solares. Por lo tanto, se deja en evidencia la utilización de dicho producto, que se tiene a la mano y es mucho más económico que un protector solar químico.

## VI. CONCLUSIONES

- Las características de las antocianinas presentes en *Zea mays* L. “maíz morado” fueron adecuadas para la elaboración de un protector solar.
- El extracto de las corontas de *Zea mays* L. “maíz morado” arrojó 8,02 mg/g de antocianinas mediante el método espectrofotométrico de pH diferencial (pH 1 y pH 4,5)
- Se logró elaborar un protector solar a base del extracto de antocianinas de *Zea mays* L. “maíz morado”, teniendo en cuenta las buenas prácticas para la manufactura de productos cosméticos.
- El protector solar elaborado a base del extracto de antocianinas de *Zea mays* L. “maíz morado”, obtuvo un factor de protección solar de 43,4.

## **VII. RECOMENDACIONES**

- Las antocianinas presentes en el maíz morado tienen actividad antioxidante, por lo que se recomienda realizar mas estudios ya sea in vitro o in vivo (en animales de experimentación), con el propósito de elaborar un producto natural que genera mucho mas beneficio que los productos sintéticos.
- Teóricamente las antocianinas de las corontas del maíz morado también tienen propiedad fotoprotectora contra los rayos ultravioleta, por lo que se deja en criterio, hacer más investigaciones acerca de dicha propiedad, con la finalidad de dar una utilidad a dichas corontas que en la mayoría de los casos a veces son desechadas sin que cumplan ninguna utilidad.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Arteaga J, Ocampo L, Ospina D, Mejía M. Fabricación y evaluación de un bloqueador solar a base de dióxido de titanio, aceites y extractos de frutas. *Revista Colombiana de Materiales*. [Revista virtual]. 2013; 1 (5): 146 – 151. [fecha de acceso 18 de noviembre del 2018]. Disponible en:  
[http://www.bibliotecadigital.udea.edu.co/.../ArteagaJuan\\_2014\\_bloqu](http://www.bibliotecadigital.udea.edu.co/.../ArteagaJuan_2014_bloqu)
2. Aguilera M, Reza M, Madinaveitia R, Meza J. Propiedades funcionales de las antocianinas. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*. [Revista virtual]. 2011; 8 (2): 16 – 22. [fecha de acceso 02 de noviembre del 2018]. Disponible en:  
<http://www.biocetecnia.union.mx/index.php/biocetecnia/article/download/8>
3. Araujo M. Estudio de la extracción del colorante de maíz morado (*Zea mays* L.) con el uso de enzimas. [Tesis para obtener el Grado de Magister en Tecnología de Alimentos]. Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina; 1995.
4. Rafael E. Extracción y cuantificación de antocianinas de maíz morado (*Zea mays* L.) utilizando dos solventes a diferentes temperaturas y tiempos de extracción. [Tesis para obtener el Título Profesional de

Ingeniero en Industrias Alimentarias]. Perú: Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ciencias Agrarias; 2017.

5. Flores P, Pérez S. Determinación del factor de protección solar (FPS) in vitro para las antocianinas del maíz morado y su inclusión en el diseño de bioprotectores solares. [Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Químico]. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Facultad de Ingeniería de Procesos; 2014.
6. Otiniano R. Actividad antioxidante de antocianinas presentes en la coronta y grano de maíz (*Zea mays* L.) variedad morada nativa cultivada en la ciudad de Trujillo. [Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial]. Perú: Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería; 2012.p. 74.
7. López L, García H. Actividad antioxidante de extractos metanólicos y acuosos de distintas variedades de maíz mexicano. Revista Electrónica Nova Scientia [Revista virtual]. 2010; 2 (1): 51 – 65. [fecha de acceso 15 de noviembre del 2018]. Disponible en:  
[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid...0705201](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid...0705201)
8. Seijas P. Efecto fotoprotector de extracto antociánico de *Zea mays* var canteño “maiz morado” en piel de *Mus musculus* var. Balb ante el fotodaño agudo, subagudo y fotoenvejecimiento inducido por

radiación UV-C. [Tesis para obtener el Grado de Doctor en Ciencias Biológicas]. Perú: Universidad Nacional de Trujillo, Programa de Doctorado en Ciencias Biológicas; 2010.

9. Gorriti A, Quispe F, Arroyo J, Córdova C, Santiago I, Taype E. Extracción de antocianinas de las corontas de *Zea mays* L. “maíz morado”. Revista de Ciencia e Investigación. [Revista virtual]. 2009; 12 (2): 64 – 74. [fecha de acceso 05 de noviembre del 2018]. Disponible en:  
<http://www.revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/farma/arti>
10. Arroyo J, Negron L, Purizaca H, Santiago I, Taype E, Quispe F, et al. Antocianinas, fenoles totales y actividad antioxidante de las corontas del maíz morado (*Zea mays* L). Revista Latinoamericana y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas. [Revista virtual]. 2009; 8 (6): 509 – 518. [fecha de acceso 15 de noviembre del 2018]. Disponible en:  
<http://www.redalyc.org/pdf/856/8561741006.pdf>
11. Manrique A. El maíz en el Perú. 2° ed. Perú: CONCYTEC; 1997. p. 332 - 345.
12. Guillén J, Mori S, Paucar L. Características y propiedades funcionales del maíz morado (*Zea mays* L.) variedad subnigrovioláceo. Rev

Scientia Agropecuaria. [Revista virtual]. 2014; 5 (1): 211 – 217.

[fecha de acceso 05 de noviembre del 2018]. Disponible en:

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=357634227005>

13. Flores D. *Zea mays* L. variedad morada y su efecto protector de daño osteoarticular en artritis inducida en ratas. [Tesis para obtener el Grado Académico de Doctor en Ciencias de la Salud]. Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Escuela de Post Grado; 2008.
14. Hernández V. Extracción de antocianina a partir de maíz morado (*Zea mays* L.) para ser utilizado como antioxidante y colorante en la industria alimentaria. [Tesis para obtener Título Profesional de Ingeniero en Industrias Alimentarias]. Perú: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias; 2016.
15. Pérez H. Utilización de la antocianina del maíz morado (*Zea Mays* L.) y stevia (*Stevia Rebaudiana* Bertoni) en la elaboración de un producto tipo mermelada y su aceptabilidad. [Tesis para obtener el Título Profesional de Licenciado en Nutrición]. Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; Facultad de Nutrición; 2014.

16. Justiniano E. Fenología e intensidad de color en corontas del maíz morado (*Zea mays* L.) en sus diferentes estados de desarrollo en la localidad de la Molina. [Tesis para obtener el Título Magister en Ciencias]. Perú: Universidad Agraria la Molina; escuela de Post Grado; 2010.
  
17. Astrid G. Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos. Rev biol. Colomb. [Revista virtual]. 2008; 13 (3): 27 - 36. [fecha de acceso 02 de noviembre del 2018]. Disponible en:  
<http://www.scielo.org.co/pdf/abc/v13n3/v13n3a2.pdf>
  
18. González A, Báez R, Del Valle G. Antocianinas en uva (*Vitis vinifera* L.) y su relación con el color. Rev. Fitotec. Mex [Revista virtual]. 2005; 28 (4): 359 – 368. [fecha de acceso 02 de noviembre del 2018]. Disponible en:  
<https://www.revistafitotecniamexicana.org/documentos/28-4/8a.pdf>
  
19. Montenegro C. Protectores solares. Rev Dermatol. [Revista virtual]. 1996; 7 (2): 25- 27. [fecha de acceso 22 de enero del 2019]. Disponible en:  
<http://www.cidermperu.org/php/fofia/pdf/f0044.pdf>

20. Duro E, Campillos M, Causín S. El sol y los filtros solares. Rev Medifam. [Revista virtual]. 2003; 13 (3): 159 – 165. [fecha de acceso 20 de enero del 2019]. Disponible en:  
<http://www.scielo.isciii.es/pdf/medif/v13n3/>
21. Mansur J, Brender M, Azulay R. Correlación entre a la determinación del factor de protección solar en seres humanos por espectrofotometría. An Bras Dermatol. 1986; 61 (2): 167 - 172.
22. Contreras M, Sifontes G, Alamo P. Evaluación de la influencia de la formulación en el FPS in vitro de un protector solar. [Tesis para obtener el Título de Especialista en Ciencia y Tecnología Cosmética]. Venezuela: Universidad Central de Venezuela; Facultad de Farmacia; 2012.
23. López R. Guía para el uso y elección de protectores solares y componentes para la industria cosmética y consumidores finales. [Tesis para obtener el Título de Química farmacéutico Biológica]. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza; 2012.
24. Moya T, Osorio R. Actividad fotoprotectora de formulación tópica a base del extracto hidroalcohólico de *Fragaria vesca* L. (fresa). [Tesis para obtener el Título Profesional de Químico Farmacéutico]. Perú:

Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Farmacia y Bioquímica; 2017.

25. Yucra D, Amurio E, Navarro E, Puita E, Saucedo F; Caballero O. Bloqueador solar a base de pepino “BLOKSOL”. Rev UCEBOL. [Revista virtual]. 2010; 1 (1): 51 - 53. [fecha de acceso 14 de noviembre del 2018]. Disponible en:  
[http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/ucs/n3/n3\\_a13.pdf](http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/ucs/n3/n3_a13.pdf)
26. Miró J. Desarrollo y aplicación de métodos para el control de calidad de principios activos en cosmética y para farmacia. [Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniería Química]. España: Universidad Politécnica de Valencia, Facultad de Ingeniería; 2015.
27. Sayre M, Agin, P, Levee J, Marlowe E. A Comparison of *in vivo* and *in vitro* testing of sunscreens formulas. Photoc Photob. 1979; 2 (9): 550 - 566.
28. Hernández S, Fernández C, Baptista P. Metodología de la investigación. 2<sup>a</sup> ed. México: McGraw Hill Interamericana; 1998.
29. Ley General del Ambiente N° 28611. [en línea]. Perú: Ministerio del Ambiente; 2015. [fecha de acceso 25 de abril del 2019]. Disponible en: <http://cdam.minam.gob.pe/novedades/leygeneralambiente2.pdf>

# **ANEXOS**

## ANEXO N° 01

### GALERÍA FOTOGRÁFICA



**Fotografía N° 01:** Maíz morado en la provincia de San Marcos



**Fotografía N° 02:** Conociendo a los productores del maíz morado



**Fotografía N° 03:** Selección del maíz morado



**Fotografía N° 04:** Maíz morado ya seleccionado para el transporte hacia la ciudad de Cajamarca



**Fotografía N° 05:** Secado del maíz morado a temperatura ambiente



**Fotografía N° 06:** Desgranado de maíz morado ya secado



**Fotografía N° 07:** Pulverizado de la coronta del maíz morado



**Fotografía N° 08:** Tamizaje de la coronta del maíz morado en un tamiz número 100



**Fotografía N° 09:** Pesado de la muestra para extracción de antocianinas totales



**Fotografía N° 10.** Armado del equipo para realizar el método de calentamiento para la extracción de antocianinas



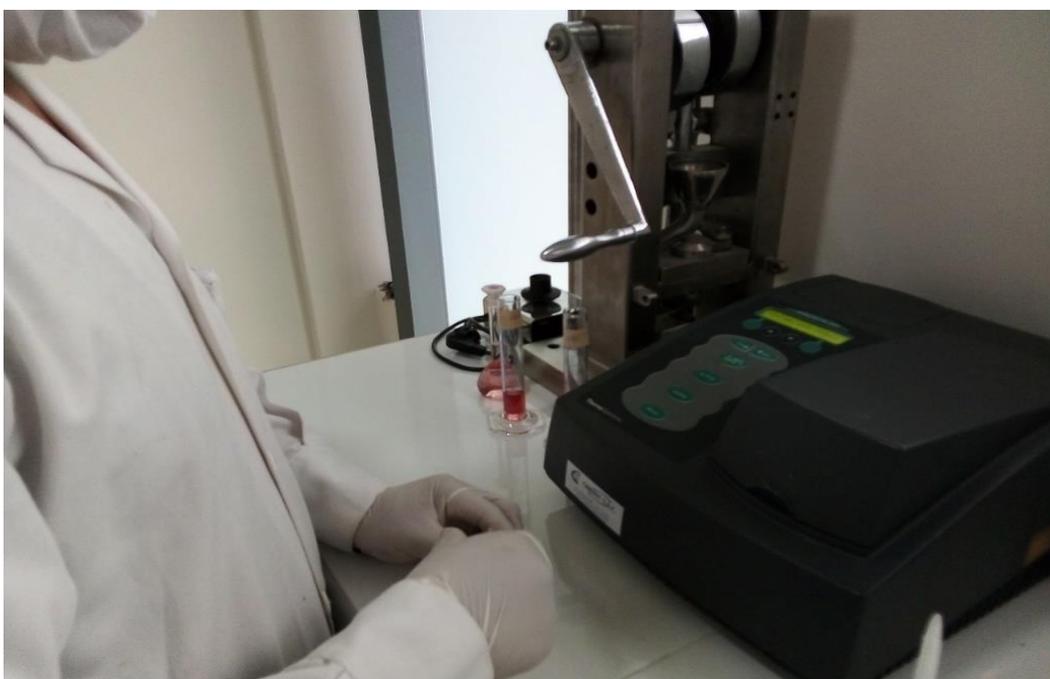
**Fotografía N° 11:** Preparación de la solución reguladora de pH 1 y pH4.5



**Fotografía N° 12:** Muestras obtenías después del procedimiento



**Fotografía N° 13:** Regulando el pH de la solución buffer de cloruro de potasio



**Fotografía N° 14:** Obteniendo las absorbancias de las antocianinas totales



**Fotografía N° 15:** Muestras utilizadas para obtener las antocianinas totales



**Fotografía N° 16:** Materiales para la elaboración del bloqueador solar



**Fotografía N° 17:** Disolución a baño maría del alcohol céptico



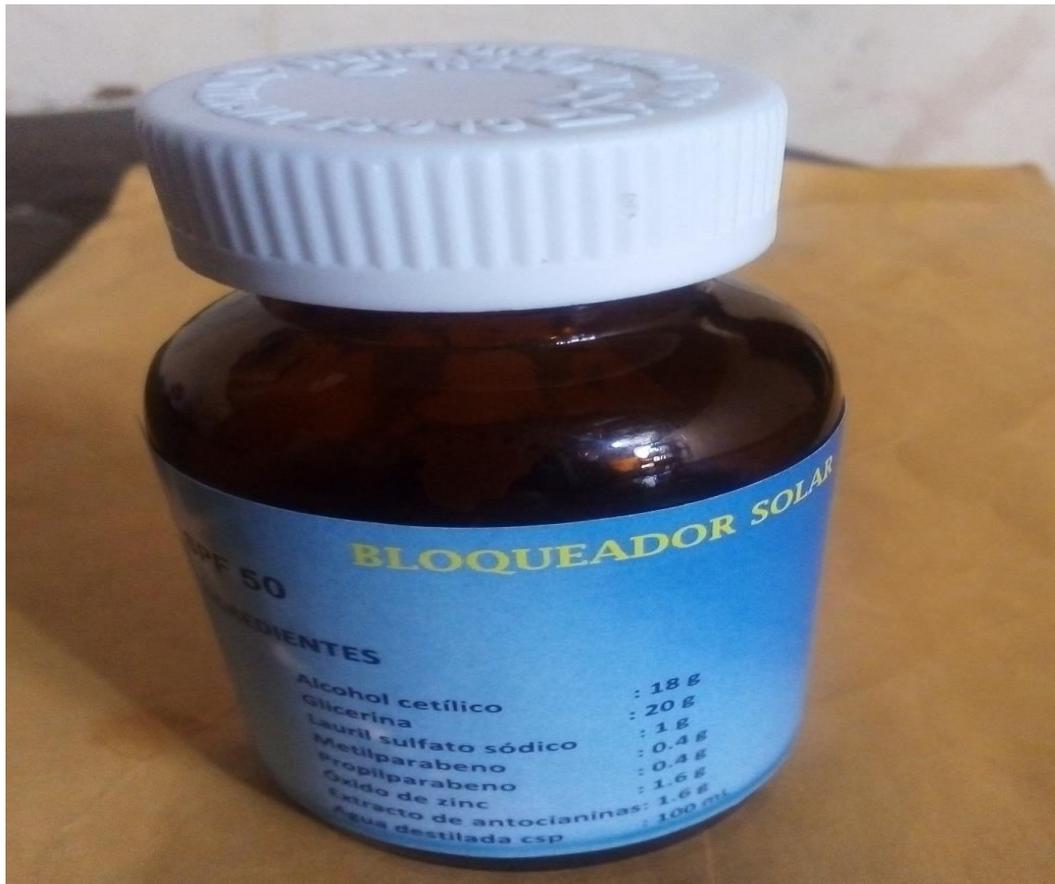
**Fotografía N° 18:** Mezcla de la fase acuosa y fase oleosa



**Fotografía N° 19:** Muestra de las dos fases después de las dos horas de agitación



**Fotografía N° 20:** Envasado del producto final



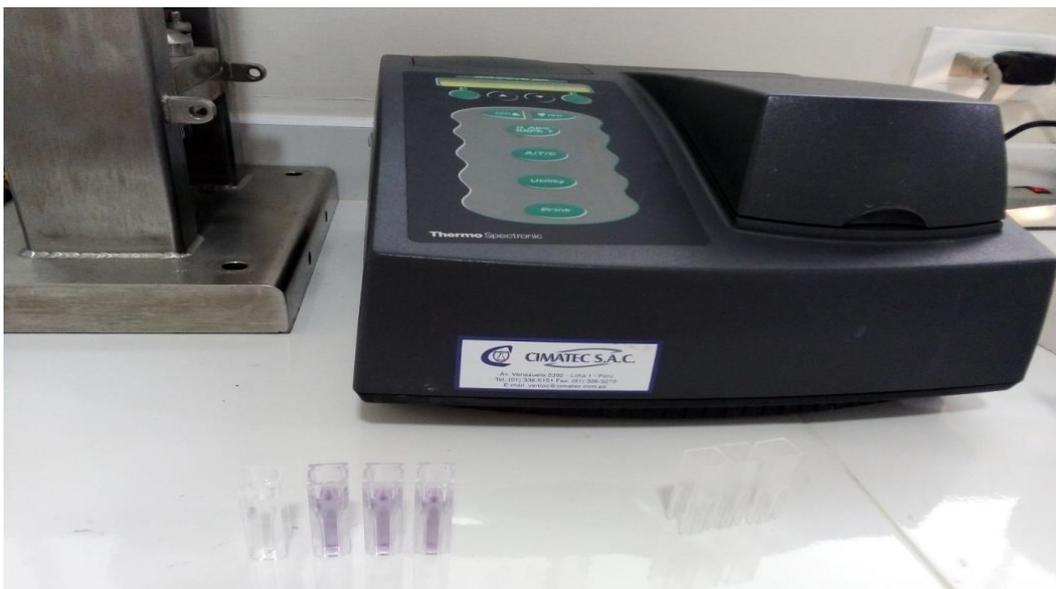
**Fotografía N° 21:** Producto final (bloqueador de la coronta del maíz morado)



**Fotografía N° 22:** Determinación in vitro del factor de protección solar, Patrón factor 50 más muestra obtenida



**Fotografía N° 23:** Filtrado del patrón factor 50



**Fotografía N° 24:** Lectura de las absorbencias del patrón y la muestra para determinar el factor de protección solar del bloqueador elaborado de la corona del maíz morado

## ANEXO N° 02

### CÁLCULOS MATEMÁTICOS

#### 1. Determinación de la concentración de antocianinas

Para el cálculo de la concentración de antocianinas, se utilizó la siguiente fórmula:

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

Dónde:

A = Absorbancia de la muestra (absorbancia a pH 1 ó a pH 4,5)

PM (Peso molecular) = 449,2 g/mol para cianidina-3-glucósido.

FD = factor de dilución (1 en 50)

L = longitud de paso de celda en cm = 1 cm.

$\epsilon$  = 26900 (L/mol) cm. coeficiente de extinción molar para cianidina-3-glucósido

1000 = factor de conversión de g a mg.

#### Ejemplo de la determinación de la concentración de antocianinas a Ph 1

ABS = 0,048

$$\text{Total de antocianinas (mg/g)} = \frac{0,048 * 449,2 * 10 * 1000}{26900}$$

**Total de antocianinas = 8,07 m/g**

### **Ejemplo de concentración de antocianinas a Ph 4,5**

ABS = 0,047

$$\text{Total de antocianinas (mg/g)} = \frac{0,047 * 449,2 * 10 * 1000}{26900}$$

**Total de antocianinas = 7,96 m/g**

## **2. Determinación del factor de protección solar del bloqueador**

Para el cálculo del factor de protección solar, se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{FPS in vitro} = \frac{\text{FPS patrón} \times A (350 \text{ nm})}{A \text{ patrón} (350 \text{ nm})}$$

Dónde:

FPS patrón= Protector solar con FPS conocido (50).

A = Absorbancia de la muestra a 350 nm.

A patrón = Absorbancia del protector solar con FPS conocido (1,75).

### **Ejemplo del factor de protección solar del bloqueador solar elaborado a base de antocianinas de la coronta del maíz morado**

ABS de la muestra = 1,519

ABS del patrón = 1,75

$$\text{FPS} = \frac{50 * 1,519}{1,75}$$

**FPS = 43,4**