

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO**

**Colegio de Ciencias e Ingenierías**

**Estudio de la adición de harina de maíz morado en galletas  
libres de gluten**

**Andrés Córdova Vega  
Doménica Castillo Puente  
Martin Reyes Ramón**

**Ingeniería en Alimentos**

Trabajo de titulación presentado como requisito  
para la obtención del título de  
Ingeniero/a en Alimentos

Quito, 12 de mayo de 2022

# **UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

Colegio de Ciencias e Ingenierías

## **HOJA DE CALIFICACIÓN DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA**

**Estudio de la adición de harina de maíz morado germinado en galletas  
libres de gluten**

**Andrés Córdova Vega**

**Doménica Castillo Puente**

**Martín Reyes Ramón**

**María Gabriela Vernaza Leoro Ph.D.**

Quito, 12 de mayo del 2022

## © DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

**Nombres y apellidos:** Andrés Córdova Vega,

**Código:** 00200079

**Cédula de Identidad:** 1720944980,

**Lugar y fecha:** Quito, 12 mayo de 2022

**Nombres y apellidos:** Doménica Castillo Puento

**Código:** 00200893

**Cédula de Identidad:** 1720745833

**Lugar y fecha:** Quito, 12 mayo de 2022

**Nombres y apellidos:** Martín Reyes Ramón

**Código:** 00200359

**Cédula de Identidad:** 1723829576

**Lugar y fecha:** Quito, 12 mayo de 2022

## RESUMEN

Dentro de la industria de los alimentos, existen varias materias primas con alto valor nutricional, una de estas es el maíz morado. Este contiene varias características funcionales como mayor contenido de proteínas en grano, alto contenido de antocianinas y compuestos fenólicos que actúan como un fuerte antioxidante natural y anticancerígeno. Actualmente, el maíz morado está siendo estudiado para obtener compuestos con carácter funcional o antioxidante y por sus beneficios en la salud al incluirlo en la dieta. La germinación es un método que ha sido efectivo para maximizar las propiedades nutritivas y funcionales de los granos de cereales. El objetivo de este estudio fue estudiar el efecto de la adición de la harina de maíz morado germinado en galletas libres de gluten. Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial 3x2. Las variables de estudio fueron la germinación y sustitución parcial de harina de arroz por harina de maíz morado. Las variables de salida fueron analizadas por el software de Minitab. Con los cuadros ANOVA se obtuvieron resultados significativos ( $p < 0,05$ ) para proteínas, polifenoles y cenizas con respecto a la germinación. Con respecto al porcentaje de maíz morado se obtuvieron resultados significativos ( $p < 0,05$ ) para el coeficiente de esparcimiento y capacidad antioxidante. Para actividad de  $A_w$ , los resultados obtenidos no fueron significativos en cuanto a germinación y al porcentaje de maíz morado ( $p > 0,05$ ). La evaluación sensorial mostró una aceptación adecuada para las tres formulaciones de galletas.

**Palabras clave:** Germinación, maíz morado, chocho, arroz, galletas, polifenoles

## ABSTRACT

Within the food industry, there are several raw materials with high nutritional value, one of these is purple corn. This contains several functional characteristics such as higher protein content in grain and a high content of anthocyanins and phenolic compounds that act as a strong natural antioxidant and anticarcinogenic. Currently, purple corn is being studied for functional or antioxidant compounds and for its health benefits when included in the diet. Germination is a method that has been effective in maximizing the nutritional and functional properties of cereal grains. The objective of this investigation was to study the effect of the addition of sprouted purple corn flour in gluten-free crackers. A 3x2 completely randomized design with factorial arrangement (CRD) was used. The study variables were germination and partial substitution of rice flour by purple corn flour. The output variables were analyzed by Minitab software. With ANOVA tables, significant results ( $p < 0.05$ ) were obtained for protein, polyphenols and ash with respect to germination. With respect to the percentage of purple corn, significant results ( $p < 0.05$ ) were obtained for the spreading coefficient. For water activity, the results obtained were not significant with respect to germination and the percentage of purple corn ( $p > 0.05$ ). The sensory evaluation showed adequate acceptance for the three cookie formulations.

**Key words:** Germination, purple corn, chocho, rice, cookies, polyphenols

**TABLA DE CONTENIDOS**

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>9</b>
<b>1.1 Antecedentes.....</b>	<b>9</b>
<b>1.2. Justificación.....</b>	<b>15</b>
<b>1.3. Objetivo General .....</b>	<b>16</b>
<b>1.3.1. Objetivos Específicos.....</b>	<b>16</b>
<b>2. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>16</b>
<b>2.1 Materias Primas.....</b>	<b>16</b>
<b>2.2 Germinación.....</b>	<b>17</b>
<b>2.3 Diseño experimental.....</b>	<b>17</b>
<b>2.4 Elaboración de las galletas.....</b>	<b>18</b>
<b>2.5 Caracterización de las galletas.....</b>	<b>19</b>
<b>2.6 Evaluación sensorial.....</b>	<b>19</b>
<b>2.7 Análisis estadístico.....</b>	<b>20</b>
<b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>20</b>
<b>3.1 Proteínas.....</b>	<b>22</b>
<b>3.2 Polifenoles.....</b>	<b>24</b>
<b>3.3 Cenizas.....</b>	<b>26</b>
<b>3.4 Aw.....</b>	<b>28</b>
<b>3.5 Coeficiente de esparcimiento.....</b>	<b>29</b>
<b>3.6 Capacidad antioxidante.....</b>	<b>33</b>
<b>3.7 Evaluación sensorial.....</b>	<b>33</b>
<b>3.8 Análisis proximal.....</b>	<b>35</b>
<b>3.9 Índice de absorción de agua en las harinas.....</b>	<b>36</b>
<b>4. CONCLUSIONES.....</b>	<b>36</b>
<b>5. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>37</b>
<b>6. REFERENCIAS.....</b>	<b>38</b>
<b>7. ANEXOS.....</b>	<b>43</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Contenido de humedad necesario para que ocurra la germinación.....	14
<b>Tabla 2.</b> Formulación para elaboración de galletas depositadas en 200 g de producto.....	35
<b>Tabla 3.</b> Tratamientos utilizados para el diseño experimental.....	36
<b>Tabla 4.</b> Métodos utilizados en la determinación fisicoquímica de las galletas.....	17
<b>Tabla 5.</b> Resultados Análisis de las determinaciones fisicoquímicas.....	18
<b>Tabla 6.</b> Resultados de evaluación sensorial.....	19
<b>Tabla 7.</b> Composición proximal de la variedad INIAP-199 “Racimo de Uva” Resultados .....	21
<b>Tabla 8.</b> Composición proximal de la variedad INIAP-199 “Racimo de Uva”.....	34

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Estructura química de las antocianinas.....	10
<b>Figura 2.</b> Principales grupos de polifenoles en los alimentos.....	12
<b>Figura 3.</b> Intervalos de proteínas vs Germinación.....	23
<b>Figura 4.</b> Intervalos de Polifenoles vs Germinación.....	28
<b>Figura 5.</b> Intervalos de Polifenoles vs Maíz morado.....	25
<b>Figura 6.</b> Gráfica de intervalos de cenizas vs % de maíz morado.....	27
<b>Figura 7.</b> Gráfica de Intervalos de cenizas vs germinación.....	27
<b>Figura 8.</b> Gráfica de Intervalos de coeficiente de esparcimiento vs % maíz morado.....	30
<b>Figura 9.</b> Gráfica de Intervalos de capacidad antioxidante vs germinación.....	32
<b>Figura 10.</b> Gráfica de Intervalos de capacidad antioxidante vs % maíz morado.....	35
<b>Figura 11.</b> Gráfico radial para análisis sensorial de muestras (544), (926), (720).....	35
<b>Figura 12.</b> Curva estándar de Ácido Gálico. (x) mM de Ácido Gálico (y) Abs 510 nm.....	48
<b>Figura 13.</b> Curva estándar. (x) mM de trolox (y) Abs 510 nm.....	48

## 1. INTRODUCCIÓN

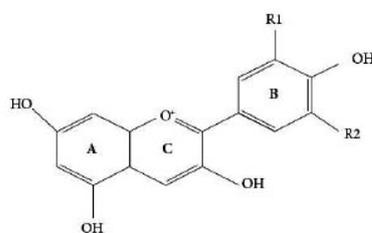
### 1.1 Antecedentes

El maíz morado *Zea mays L.* o “racimo de uva” es una planta andina que se cultiva en las zonas maiceras de la sierra ecuatoriana, específicamente en las provincias de Chimborazo y Cotopaxi y es utilizado como alimento desde hace muchos años (Yañez, et al., 2010). El maíz morado también es conocido como maíz negro debido a su mazorca que es de color negruzco. Esta variedad genética de maíz ecuatoriano está constituida en un 85% por grano y 15% por coronta ( INIAP-199, 2016). Por otra parte, este grano está compuesto por 77% de hidratos de carbono, el almidón presente en el maíz morado presenta valores medios de 27% de amilosa y 73% de amilopectina (Apaza y Atencio, 2017). Entre los componentes químicos del maíz morado se encuentran, grasas, saponinas, sal de potasio, sal de sodio, azufre y fósforo, y compuestos de fenólicos de carácter antioxidante, por lo captan oxígeno e inhiben enzimas que producen de radicales libres (Atmani, et al., 2011; Arroyo, et al., 2010).

El maíz morado presenta alto contenido en antocianinas, las cuales son pigmentos hidrosolubles que se pueden apreciar a la vista humana, debido al color morado ( Guillen-Sanchez, et al., 2014). Las antocianinas pertenecen al grupo de los flavonoides ( Bueno, et al., 2012). Están constituidas por una molécula de antocianidina, llamada aglicona, a esta molécula está unida un azúcar por medio de un enlace  $\beta$ -glucosídico (Rabanal-Atalaya, M., & Medina-Hoyos, A. 2021). El azúcar presente puede encontrarse en forma de monosacáridos, disacáridos o polisacáridos. Las pentosas como las arabinosas, xilosas, o hexosas, en donde la D-glucosa es la más común, son los monosacáridos con mayor presencia (Aguilera-Otíz, et al., 2011). La gentobiosa, soforosa, sambubiosa y rutinosa son los disacáridos más frecuentes. Finalmente

los polisacáridos pueden ser encontrados en forma lineal o ramificada como la genticiana de carácter lineal, y la Xilosilrutinosa o glucosilrutinosa de carácter ramificado (Strack y Wray, 1989). En ciertos casos, los azúcares están relacionados con grupos derivados del ácido acético o en ciertos ácidos cinámicos los p-cumáricos, caféicos, ferúlicos o sinápticos. La presencia del grupo acilo en la molécula de antocianidina puede brindar mayor protección ante condiciones de inestabilidad como el pH y tratamiento térmico (Aguilera-Otíz, et al., 2011).

La estructura básica de la antocianina se compone de un núcleo de flavona la cual se compone de dos anillos aromáticos; un benzopirilio (A) y un grupo fenólico (B), ambos están ligados por una molécula de tres carbonos, tal como se muestra en la Figura 1.



**Figura 1.** Estructura química de las antocianinas (Chatham et al., 2019).

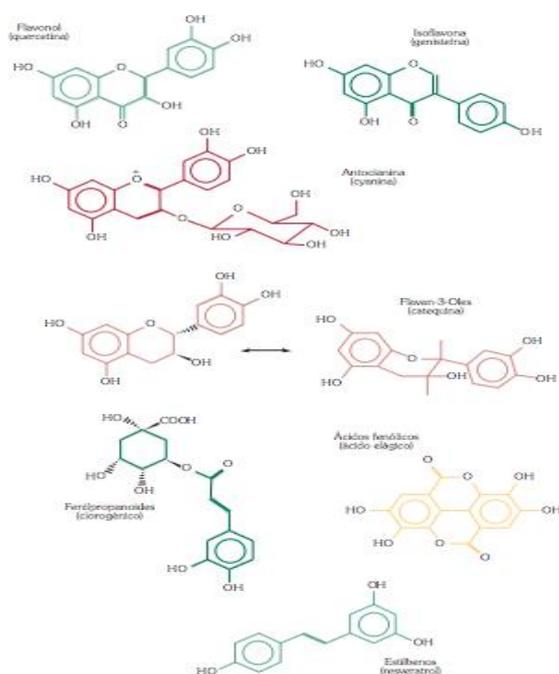
El color de las antocianinas se atribuye a ciertos factores intrínsecos que dependen del número y posición de grupo hidroxilo y metoxilo de la molécula (Aguilera, *et al.*, 2011). Los incrementos en la hidroxilación producen transposiciones hacia gamas azules mientras que incrementos en las metoxilación producen desplazamientos a gamas rojas (Garzon, 2008). Según Ramírez-Díaz (2019), la cáscara de maíz morado contiene aproximadamente 10 veces más antocianinas que otros cereales (Ramírez-Díaz et al., 2019). Este pigmento hidrosoluble, es considerado como un antioxidante natural y anticarcinogénico. En la actualidad se conocen

alrededor de 20 antocianinas, de igual manera, la unión de estas con distintos azúcares monosacáridos, disacáridos o trisacáridos, generan 150 antocianinas más (Aguilera, Reza, Chew, & Meza, 2011).

Actualmente, se han estudiado las propiedades que tiene el maíz morado como la capacidad antioxidante de los polifenoles totales. Los polifenoles son compuestos que presentan una estructura molecular de uno o varios anillos fenólicos, se comportan como antioxidantes evitando el daño celular y el exceso de radicales libres en el organismo (Peñarrieta et al., 2014). Las sustancias fenólicas o polifenoles, componen un grupo robusto de sustancias, como los derivados de ácidos fenólicos y las moléculas poliméricas de elevado peso molecular, como los taninos hidrolizables y condensados (Barberán, 2003). Los polifenoles pueden ser divididos en dos grupos. Los flavonoides, que incluyen a las antocianinas, los flavonoles, flavonas, flavanonas, chalconas, dihidrochalconas, isoflavonas y los flavan-3-oles. Estos son los principales grupos de polifenoles en los alimentos, como muestra la Figura 2 (Barberán, F. A., Ferreres, F., & Gil, M. I. 2000). Por otra parte los no flavonoides como los taninos hidrolizables, los lignanos, los estilbenoides (resveratrol) y los derivados del ácido benzoico como el ácido gálico y eláxico, que son los ácidos hidroxibenzoicos más comunes. Estos compuestos orgánicos tienen un anillo fenólico y un grupo carboxílico. Se encuentran frecuentemente en las frutas en forma de ésteres (Valencia et al., 2017).

La exposición a la luz es una de las principales condiciones para determinar el contenido de gran parte de los polifenoles y antocianinas. El grado de conservación puede determinar el contenido en polifenoles fácilmente oxidables, lo que permite la formación de compuestos polimerizados como la polifenoloxidasas, una enzima que produce pigmentos de color negro, marrón o rojo, lo que a su vez causa el pardeamiento enzimático, afectando las características

organolépticas como el sabor, color y olor en los alimentos (Quiñones, M., Miguel, M., & Alexandre, A. 2012).



**Figura 2:** Principales grupos de polifenoles en los alimentos (Barberán, 2003).

Desde el punto de vista de la actividad biológica de los polifenoles, al tener propiedades antioxidantes, pueden estar relacionados con la prevención de enfermedades cardiovasculares y de algunos tipos de cáncer, ya que evita la proliferación de radicales libres a nivel celular (Barberán, 2003).

Actualmente, existen métodos que han sido efectivos para maximizar las propiedades nutritivas y funcionales del maíz morado. Dentro de estos métodos, la germinación ha resultado una tecnología económica para aumentar la calidad nutritiva y los compuestos bioactivos de

los granos de cereales (Paucar-Menacho et al., 2017). La germinación es un proceso biológico que permite a las plantas utilizar las semillas para conservar las especies dando lugar al crecimiento de un embrión (Vilcacundo-Carrillo et al., 2020). En este proceso, las enzimas endógenas de las semillas son activadas al igual que algunos compuestos de reserva como proteínas de almacenamiento y carbohidratos; estos son hidrolizados en moléculas pequeñas mientras se sintetizan nuevos compuestos bioquímicos, lo que facilita su absorción y biodisponibilidad proteica (Paucar-Menacho et al., 2017). Las transformaciones morfológicas, fisiológicas y bioquímicas derivadas de la germinación son subdivididas en tres fases; reactivación, inducción del crecimiento y producción de raíz primaria (Valencia Bustamante, 2015).

Durante las primeras etapas de la germinación, la respiración puede ser de carácter anaerobio. Cuando se rompe la cáscara, la semilla pasa a respirar de manera aeróbica. Si el medio sobrepasa la cantidad de agua, la cantidad de oxígeno a utilizar será insuficiente para la respiración aerobia de la semilla, por lo tanto esta no podrá desarrollar un embrión durante la germinación. (Raven, et al., 1991). El exceso de agua puede ser beneficioso o perjudicial para la semilla. Sí el nivel de agua excluye o restringe la entrada de oxígeno a la semilla, la germinación se retrasa o no ocurre, en el maíz morado "*Zea mays L*" (Courtis et al. 2013).

Las principales enzimas hidrolíticas involucradas en el transporte de las reservas nutricionales de las semillas son fosforilazas, amilasas, maltasas, las cuales transforman el almidón en azúcares simples como la maltosa y glucosa y gluco-1- fosfato. Las lipasas son enzimas catalizan los lípidos y transforman en ácidos grasos y glicerol. Las proteasas degradan las proteínas y se transforman en péptidos y aminoácidos respectivamente. (Ooiveira, 2014). Gran variedad de semillas germinan en una amplia variedad de temperatura,

pero generalmente, no germinan por debajo o por encima de los intervalos de temperaturas característico de cada especie. Para el maíz morado, el margen mínimo de temperatura para es de 0 °C a 5°C; el máximo de 45°C a 48°C; el intervalo óptimo es de 25° a 30°C. En cuanto a la humedad, el nivel óptimo es de 30,5 %, tal como se muestra en la Tabla 1 (Courtis, et al., 2013). En la industria alimentaria el uso del maíz morado también aporta propiedades funcionales tecnológicas. A nivel de composición química y atributos de estabilidad, el maíz morado presenta bajos contenidos de sólidos solubles en la coronta lo que facilita su uso a nivel industrial ( Quispe Jacobo, F., Arroyo Condorena, K., & Gorriti Gutiérrez, A. 2011). Esta variedad de maíz morado “*Zea mays L.*”, tiene un porcentaje de rendimiento harinero del 65 % que según los estándares de calidad de producción ecuatoriana, es un rendimiento harinero regular (Díaz, M. F., Padilla, C., González, A., & Mora, C. 2002). Para ser considerado un buen rendimiento harinero, tiene que tener un porcentaje del 70 - 75% (INIAP, 2014).

**Tabla 1.** Contenido de humedad necesario para que ocurra la germinación (Courtis, et al., 2013).

<b>Cultivo</b>	<b>Contenido de humedad</b>
Maíz morado ( <i>Zea mays L.</i> )	30,5 %
Soya ( <i>Glycine max</i> )	50%
Algodón ( <i>Gossypium spp.</i> )	50 - 55%
Arroz ( <i>Oryza sativa</i> )	32- 35%

## 1.2. Justificación

El mercado nacional de los productos sin gluten ha tenido un aumento sin precedentes en los últimos años. Entre las razones que explican este aumento, se encuentran los problemas de salud relacionados con la ingesta de gluten. La enfermedad celíaca es una enteropatía crónica que no permite que los nutrientes de los alimentos sean absorbidos por el epitelio intestinal, debido a determinadas proteínas denominadas prolaminas, que están presentes en algunos cereales como trigo, cebada, centeno, que, a su vez, resultan perjudiciales para estos individuos, generando atrofia en el intestino delgado (Moscoso, 2016). Dentro de la materia prima que se puede utilizar con el fin de contrarrestar esta enfermedad, se encuentra el maíz morado, el cual es exento de proteínas formadoras de gluten, tiene antioxidantes y presenta acción antiinflamatoria (Valencia, 2015). Debido a su alto contenido de antocianinas, el maíz morado tiene la capacidad de proteger las células frente a alteraciones cancerígenas (Guillén-Sánchez, 2014). Por otra parte, la germinación de este cereal contribuye a que los carbohidratos, proteínas y grasas presentes se vuelvan aminoácidos predigeridos y azúcares naturales, por lo que suministra suficiente energía capaz de regular la temperatura corporal y mantener las funciones vitales de crecimiento y metabolismo (Guillén-Sánchez, 2014). De acuerdo con el Iniap en el 2016, se produjo 5.76 t/ año de maíz morado lo que indica una baja producción y poca demanda de esta variedad del maíz “racimo de uva” (INIAP, 2014). En Ecuador, el uso de maíz morado es destinado en su mayoría para la elaboración de la colada morada, una bebida tradicional de este país; lo que comprueba el uso limitado y sus pocas aplicaciones en otros productos alimenticios.

**1.3. Objetivo General:** Estudiar el efecto de la adición de harina de maíz morado germinado en galletas libres de gluten.

#### **1.3.1. Objetivos Específicos:**

1. Analizar las características fisicoquímicas de galletas libres de gluten con diferentes cantidades de harina maíz morado germinado y no germinado.
2. Evaluar el contenido de polifenoles en las diferentes formulaciones de galletas libres de gluten.
3. Estudiar el potencial antioxidante en base a las diferentes formulaciones de galletas de maíz morado germinado y no germinado.

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1 Materias Primas:**

Se utilizó harina de maíz morado de la variedad “*Racimo de Uva*” proporcionado por INIAP ( Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias). Se utilizó margarina industrial *Cremapan* de la empresa LEVAPAN, sin sal, con un porcentaje de grasa de 11g (17% VD) en 14g (una cucharada). Indicada para mejorar la retención de aire en batidos y lograr mejor volumen y crocancia en galletas. Las harinas que se utilizaron fueron harinas libres de gluten de arroz (*La pastora*) y chocho (*Ethinsnack*) adquiridas en el mercado local. La harina de arroz presentó las siguientes especificaciones: 3,63 g de proteína, 10,8 g de carbohidratos y 0,3g de grasa para un tamaño de porción de 50g. Para la harina de chocho: 7 g de proteína, 3g de carbohidratos y 4g de grasa en un tamaño de porción de 15 g.

## 2.2 Germinación

En el presente estudio, se realizó la germinación de las semillas de maíz morado. Se remojó el grano con agua potable por 24 h, luego se escurrió el agua, con la ayuda de papel toalla se retiró la humedad superficial, luego el grano se puso en canastillas de germinación y estas se cargaron al germinador a 16°C y 90% de humedad relativa. La germinación duró 4 días. Se liofilizó, y se molió para su posterior aplicación.

## 2.3 Diseño experimental:

Se realizó un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial 3x2. Los factores de estudio fueron: germinación y sustitución parcial de la harina de arroz por harina de maíz morado. Los niveles utilizados para la germinación fueron: maíz morado germinado y maíz morado no germinado. Por otra parte, los niveles del segundo factor fueron: 20%-80%, 35%-65% y 50%-50% (harina de arroz, harina de maíz morado). Se realizaron 6 tratamientos con 3 réplicas cada uno, totalizando 18 unidades experimentales.

**Tabla 2:** Formulación para elaboración de galletas depositadas en 200 g de producto

	<b>Formulación 1 (20%HM y 80%HA)</b>		<b>Formulación 2 (35%HM y 65%HA)</b>		<b>Formulación 3 (50%HM y 50%HA)</b>	
<b>Ingredientes</b>	g	%	g	%	g	%
<b>Harina de Maíz Morado</b>	26,4	20	46,2	35	66	50
<b>Harina de Arroz</b>	105,6	80	85,8	65	66	50
<b>Harina de Chocho</b>	68	34	68	34	68	34

<b>Margarina</b>	130	65	130	65	130	65
<b>Azúcar</b>	130	65	130	65	130	65
<b>Mantequilla</b>	40	20	40	20	40	20
<b>Huevo</b>	50	25	50	25	50	25
<b>Esencia de vainilla</b>	3	1.5	3	1.5	3	1.5
<b>miel</b>	10	5	10	5	10	5

**Tabla 3: Tratamientos utilizados en el diseño experimental**

<b>Tratamientos</b>	<b>Maíz Morado</b>	<b>Arroz</b>	<b>Germinación</b>
<b>T1</b>	20%	80%	Germinado
<b>T2</b>	35%	65%	Germinado
<b>T3</b>	50%	50%	Germinado
<b>T4</b>	20%	80%	No Germinado
<b>T5</b>	35%	65%	No Germinado
<b>T6</b>	50%	50%	No Germinado

#### **2.4. Elaboración de las galletas:**

Se elaboraron galletas utilizando la técnica de galletas depositadas, donde se inició con el proceso de encremado. Se mezclaron las grasas (mantequilla y margarina) con el azúcar en la batidora por 1 minuto en velocidad baja y 3 minutos en velocidad media. A continuación, se incorporaron los líquidos, es decir, la miel, vainilla y huevos por 1 minuto en velocidad baja y 3 minutos en velocidad media. Posteriormente, se añadieron los sólidos (harina de maíz

morado, chocho y arroz) con sus respectivos porcentajes por 2 min en velocidad baja. Se colocó la mezcla en una manga para repostería, y se procedió a moldear las galletas en un molde engrasado. Se pesó cada una de las galletas para reducir la variabilidad en el experimento. El peso medio de las galletas horneadas fue de  $3,7 \pm 0,028$  g y el peso medio antes de hornear fue de  $4,6 \pm 0,0727$  g. Finalmente, se precalentó el horno a una temperatura constante de  $170$  °C y se horneó por 5 minutos.

## 2.5. Caracterización de las galletas:

Las galletas obtenidas fueron analizadas siguiendo cada una de las metodologías descritas en la Tabla 4.

**Tabla 4: Métodos utilizados en la determinación fisicoquímica de las galletas**

<b>Determinación Fisicoquímica</b>	<b>Método</b>
Actividad de agua ( $a_w$ )	Mediante Equipo Hypalm
Coeficiente de esparcimiento	Mediante Calibrador Pie de rey digital
Capacidad antioxidante	(Benzie, I. F. F., & Strain, J. J. 1996)
Cenizas	Mufla (AOAC, 2012)
Proteínas	Kjeldahl 991.20 (AOAC, 2012)
Polifenoles	(Singleton, V. L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventos, R. M. 1999)

## 2.6. Evaluación sensorial

Se aplicó una prueba afectiva de aceptación utilizando una escala hedónica de 9 puntos, donde el número 9 significó “me gusta muchísimo” y 1 “me disgusta muchísimo”. Los atributos

que se evaluaron fueron: olor, color, sabor, apariencia y global. Una vez analizados los datos se concluyó que el proceso de germinación no afecta significativamente en la elaboración de las galletas, por lo que la prueba sensorial se realizó con galletas de maíz morado sin germinar. Esta prueba se realizó con las 3 formulaciones planteadas en el DCA.

La prueba se efectuó a 60 jueces no entrenados, en el aula de evaluación sensorial de la Universidad San Francisco de Quito. Cada una de las muestras se codificó de la siguiente manera: **544** para el 20% de harina de maíz morado y 80% harina de arroz, **926** para el 35% harina de maíz morado y 65% de arroz y **720** para el 50% harina de maíz morado y arroz.

## **2.7. Análisis estadístico**

Para analizar los efectos de las variables independientes sobre las variables dependientes, los resultados obtenidos en el DCA con arreglo factorial 3x2, se analizaron mediante el software de Minitab. Los resultados de los tratamientos fueron analizados mediante un análisis de varianza ( $\alpha=0.05$ ). Por otra parte, los resultados de la evaluación sensorial fueron analizados a partir de un diseño completamente aleatorizado con bloqueo en jueces y se procedió a comparar las medias con el test de Tukey con un 95% de confianza.

## **3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Se analizaron cada uno de los parámetros proporcionados por el software Minitab, los cuales se muestran en la Tabla 5. Las tablas de los análisis de varianza (ANOVA) para las variables de salida se muestran en el Anexo 1. Posteriormente, el uso del análisis estadístico permitió ver la influencia del porcentaje de maíz morado y la germinación en cada una de las variables de respuesta. El R cuadrado correspondiente a la  $A_w$  fue bajo, por lo que se realizó

una prueba de distribución normal de Anderson-Darling para comprobar que los datos sean confiables por el ajuste a la línea de tendencia, tal como se muestra en el Anexo 1.

**Tabla 5.** Resultados Análisis de las determinaciones fisicoquímicas

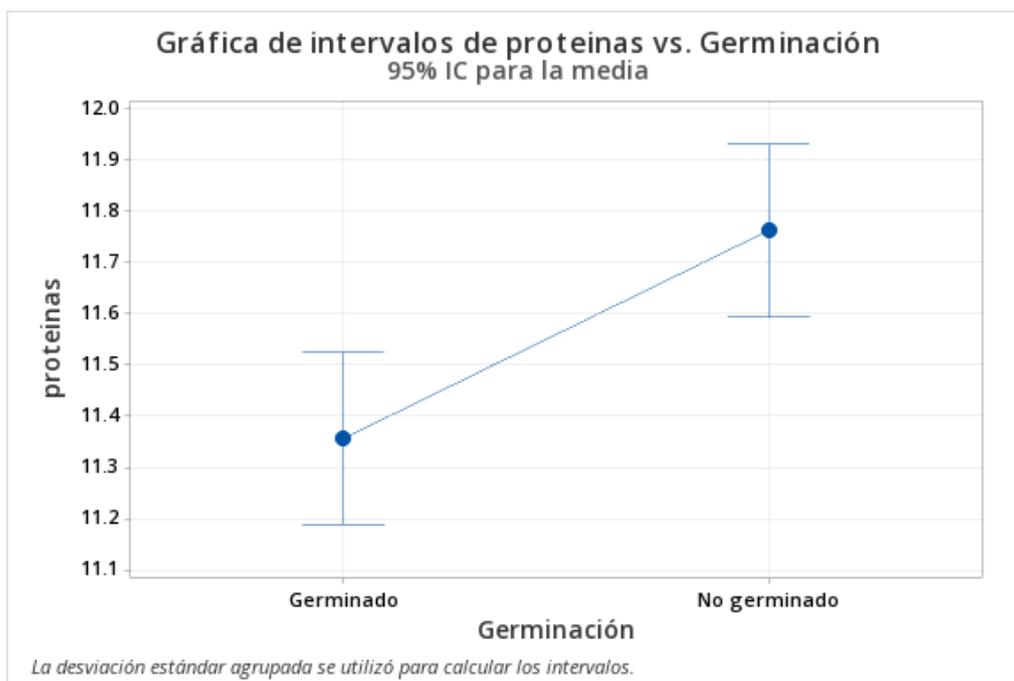
Tratamiento	Aw	Cenizas	Proteínas	Coefficiente de esparcimiento	Polifenoles totales	Capacidad Antioxidante
1	0.36 ± 0.0056	0.45 ± 0.0459	11.18 ± 0.3182	3.27 ± 0.1274	0,46±0,123	3,5±0,046
2	0.37 ± 0.0226	0.27 ± 0.2042	11.16 ± 0.7071	3.10 ± 0.3166	0,58±0,044	4,26±0,034
3	0.35 ± 0.0035	0.45 ± 0.0263	11.92 ± 0.7283	2.90 ± 0.3161	0,65±0,036	4,32±0,017
4	0.33 ± 0.0007	0.33 ± 0.0467	12.05 ± 0.5445	3.53 ± 0.1127	0,36±0,031	3,39±0,057
5	0.31 ± 0.0042	0.46 ± 0.0876	12.05 ± 0.5303	3.50 ± 0.1701	0,51±0,035	3,93±0,011
6	0.31 ± 0.0049	0.18 ± 0.1316	12.01 ± 0.5091	3.32 ± 0.0651	0,61±0,021	5,01±0,02
7	0.33 ± 0.0028	0.27 ± 0.3655	11.39 ± 0.0141	3.49 ± 0.0651	0,69± 0,223	3,56±0,046
8	0.38 ± 0.00	0.52 ± 0.0461	11.72 ± 0.0636	3.49 ± 0.3265	0,57±0,044	4,26±0,034
9	0.39 ± 0.0063	2.94 ± 3.6673	11.62 ± 0.0071	4.07 ± 0.3208	0,7± 0,056	4,35±0,015
10	0.45 ± 0.00	0.40 ± 0.0012	12.03 ± 0.5515	3.67 ± 0.2784	0,4± 0,038	3,49±0,063
11	0.36 ± 0.0021	0.46 ± 0.0747	11.38 ± 0.0212	3.76 ± 0.1845	0,57± 0,035	3,95± 0,102
12	0.34 ± 0.0049	0.54 ± 0.1350	11.55 ± 0.2051	3.52 ± 0.1904	0,6± 0,021	4,98±0,089
13	0.28 ± 0.0049	0.36 ± 0.0064	11.50 ± 0.1980	3.91 ± 0.0400	0,55± 0,103	3,59±0,021
14	0.39 ± 0.0042	0.43 ± 0.0977	11.23 ± 0.2475	3.77 ± 0.2650	0,65± 0,074	4,2±0,012
15	0.35 ± 0.0014	0.40 ± 0.2140	11.41 ± 0.0212	3.72 ± 0.0833	0,63± 0,043	4,32±0,017
16	0.31 ± 0.0028	0.27 ± 0.1416	11.40 ± 0.0071	3.91 ± 0.1358	0,42±0,038	3,39±0,057
17	0.38 ± 0.0035	0.38 ± 0.1339	11.51 ± 0.2051	3.54 ± 0.1650	0,57± 0,035	3,95±0,016
18	0.36 ± 0.0014	0.43 ± 0.0647	11.35 ± 0.0566	3.89 ± 0.2916	0,64±0,025	4,96±0,083

<b>R<sup>2</sup></b>	0,5426	0,8792	0,568	0,9822	0,7690	0,9969
----------------------	--------	--------	-------	--------	--------	--------

Valores medios  $\pm$  desviación estándar. Muestras realizadas por duplicado excepto proteínas. Para polifenoles y capacidad antioxidante muestras realizadas por triplicado.

### 3.1 Proteínas

De acuerdo con la información reportada en el análisis de varianza que se encuentra en el Anexo 1, se puede observar que las proteínas fueron significativas ( $P < 0,05$ ) únicamente respecto a la germinación. De acuerdo con la Figura 3, se observa una disminución de proteínas en el maíz morado germinado. Según estudios de Martín *et al*, (2017), las proteínas mayoritarias en los cereales son las glutelinas y prolaminas( 60-80%), que constituyen una reserva que se sintetiza en las últimas etapas de maduración de la semilla y se transporta durante la germinación de manera que sirven como reserva de nitrógeno al germen. No obstante, el proceso de germinación favorece a la incorporación de humedad, lo que diluye la concentración proteica y mineral en proporciones variables (Argüello Moncayo, S., & Garzón Carrera, G. 2012). De esta manera se obtuvo menor cantidad de proteína en el maíz morado germinado al igual que en la literatura citada.



**Figura 3. Intervalos de proteínas vs Germinación**

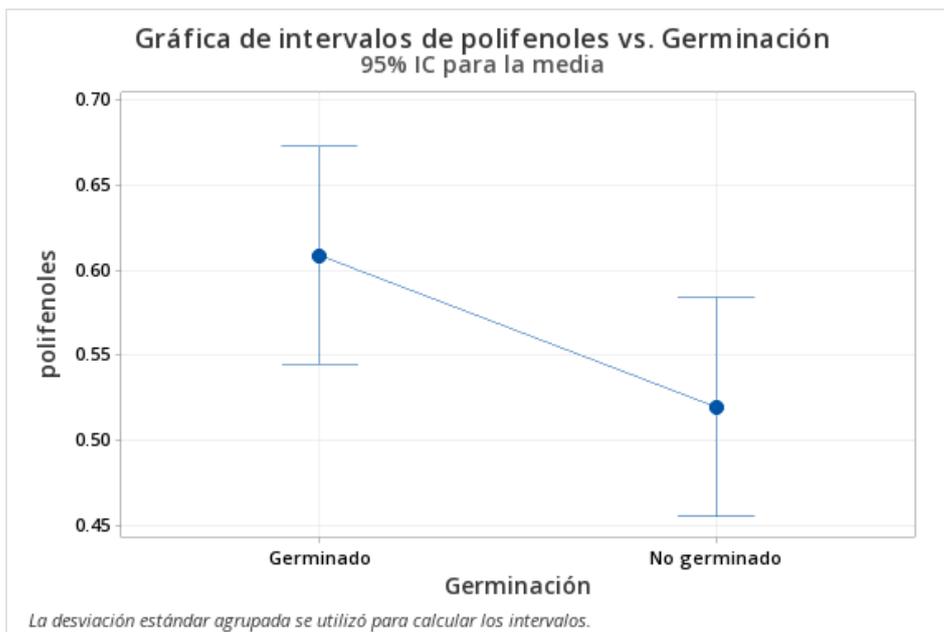
Durante la fase de absorción de agua en la germinación, se reanuda el metabolismo en la semilla. La semilla necesita condiciones adecuadas de humedad, temperatura, oxígeno y proteínas para desarrollar un embrión (Cedeño Saldarriaga, M. A. 2013). De esta manera la semilla pudo haber aumentado el volumen y disminuido su reserva energética y por ende el contenido proteico. De acuerdo con la investigación de Chaparro Rojas *et al*, (2010), en las semillas de maíz morado, la germinación no mejoró la concentración de proteína, la proteína encontrada en las semillas con varios días de germinación fue estadísticamente igual a las proteínas sin germinar desde el día cero. Por tanto, en el presente estudio las condiciones de germinación tampoco influyeron positivamente en el contenido de proteínas.

Por otra parte, para la elaboración de galletas se utilizó una leguminosa con el fin de aumentar la calidad nutricional en cuanto a proteínas. El chocho o *Lupinus mutabilis* es un grano con un contenido promedio de 42% de proteína. Sin embargo, en el proceso de eliminación de alcaloides (desamargado), la proteína se concentra en un 51% (Villacrés et al.,

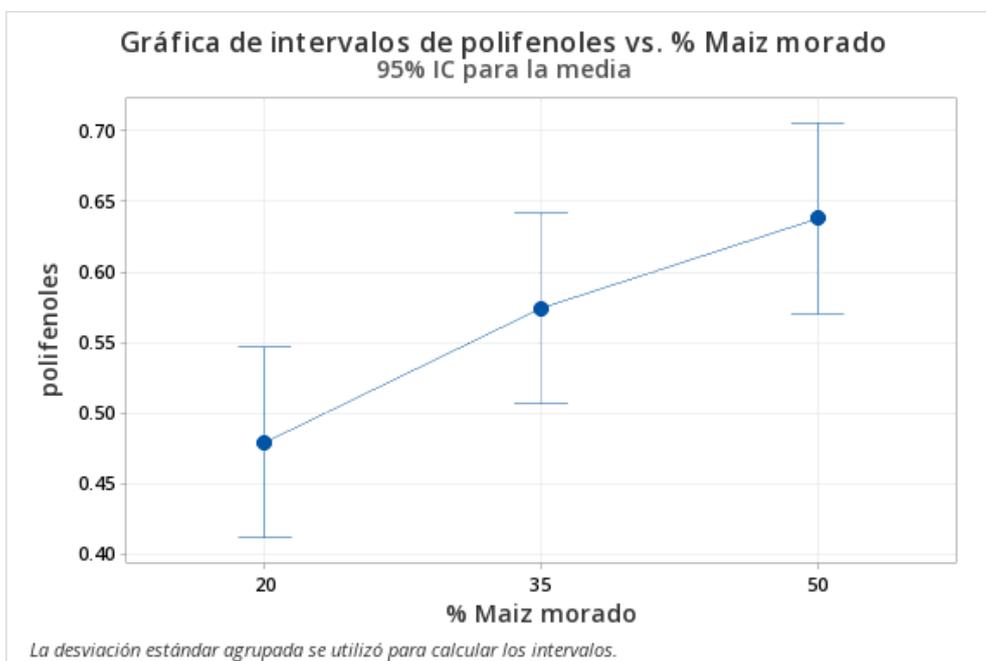
2006). Contiene un elevado porcentaje de grasa del 18-22% en donde predominan los ácidos grasos oléico, linoleico y linolénico (esenciales). El mineral predominante en el chocho es el calcio, el cual se encuentra en una concentración promedio de 0,48% y el fósforo en una concentración promedio de 0,43% lo cual es importante para el equilibrio Ca-P a nivel fisiológico (Baldeón Salgado, P. E. 2012). Finalmente, el aminoácido predominante en el chocho es la lisina. Este aminoácido proviene mayoritariamente de proteínas de origen animal. Sin embargo, la lisina presente en el chocho estimula la absorción de calcio a nivel intestinal, lo que facilita la producción de enzimas, hormonas y anticuerpos (Villacrés, E. 2010). De esta manera el chocho presenta mejor valor biológico como materia prima para la elaboración de galletas.

### **3.2 Polifenoles**

El contenido de fenoles totales se realizó siguiendo la metodología de Folin-Ciocalteu en donde muestra valores promedios expresados como equivalentes de mg de ácido gálico por gramo de galleta, tal como se muestra en la Tabla de resultados de los análisis de determinaciones fisicoquímicas. El análisis de varianza de los fenoles totales encontrados en los resultados del diseño experimental, indica diferencia significativa ( $P < 0,05$ ) con respecto al porcentaje de maíz morado y germinación. De acuerdo a las Figuras 4 y 5, se observa que los polifenoles aumentan con la germinación y porcentaje de maíz morado (50%).



**Figura 4. Intervalos de Polifenoles vs Germinación**



**Figura 5. Intervalos de Polifenoles vs %Maíz morado**

Según estudios de Torres *et al* (2018), la germinación también afecta al contenido de polifenoles en cereales y leguminosas debido a la activación de la enzima polifenoloxidasas y otras enzimas las cuales son sintetizadas durante este proceso. Por lo que la polifenoloxidasas interviene en la síntesis de compuestos polifenólicos. También se menciona que mientras más

largo sea el periodo de germinación mayor será el contenido de polifenoles, mientras que en tiempos cortos de germinación los polifenoles se reducen (Corredor *et al*, 2013). En el presente estudio la germinación fue de 4 días por lo que se atribuye un mayor contenido de polifenoles en relación con el tiempo de germinación.

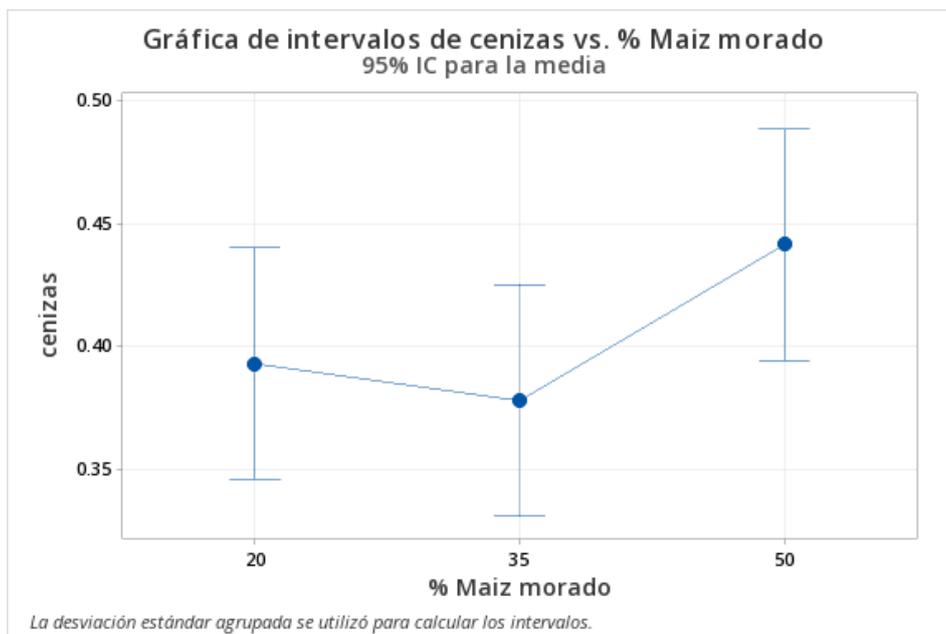
De acuerdo con el estudio de Mex-Álvarez *et al*, (2013), la concentración de compuestos fenólicos presentes en diferentes variedades de maíz morado se encuentran entre 339 y 1558 mg de polifenoles por cada 100 g de harina de maíz. De acuerdo con la Figura 5, se observa que la formulación con 50% de harina de maíz morado, es relativamente alta (600-650 mg de polifenoles). Por lo que el contenido de polifenoles encontrados se relaciona con la literatura citada.

Para maximizar el contenido de polifenoles totales se tienen que tomar en cuenta dos factores que influyen en la concentración de estos. Entre ellos está la especie o el tipo de grano y condiciones climáticas/agronómicas como tipo de suelo o la zona en donde se lo cultiva (Ríos Gonzáles, B. A. 2012). Según Ríos- Gonzáles (2012), las mazorcas o granos donde presentan mayor cantidad de polifenoles se encuentran en las zonas de Iray y Chuquibamba en Perú, debido a que están sembrados en zonas con mayor altitud (Ríos Gonzáles, B. A. 2012). Por otra parte, es importante mencionar que en granos con menor gramaje y mazorcas con un menor diámetro, se encontrará mayor contenido de compuestos fenólicos.

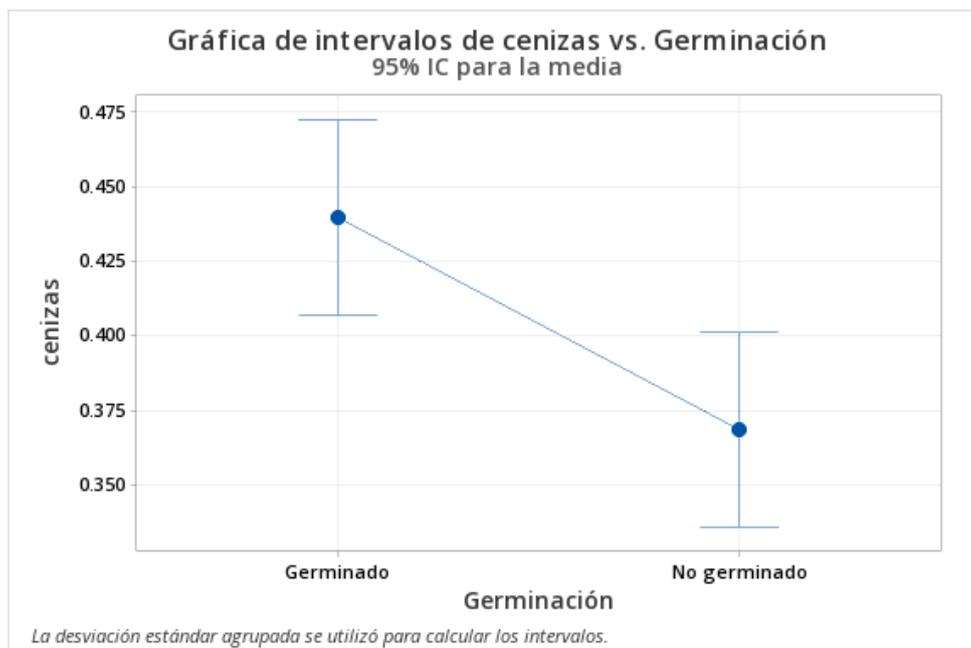
### **3.3 Cenizas**

Las cenizas son el residuo inorgánico que resulta de la incineración de materia orgánica de un producto alimenticio (Márquez Siguan, B. M. 2014). Las condiciones de tratamiento térmico oscilan entre las temperaturas de 500°C y 600°C, en donde los compuestos volátiles y el agua son expulsados como vapores (Cedeño Saldarriaga, M. A. 2013). El constituyente mineral puede permanecer luego del análisis en forma de óxido, sulfato, fosfato, silicato o

cloruro (Cedeño Saldarriaga, M. A. 2013). En este caso las muestras se calentaron a 550°C por 24 horas en la mufla, de acuerdo al método dispuesto por la AOAC ( AOAC, 2012).



**Figura 6. Gráfica de intervalos de cenizas vs % de maíz morado**



**Figura 7. Gráfica de Intervalos de cenizas vs germinación**

De acuerdo al análisis de varianza mostrado en el Anexo 1, se observa que la germinación y el porcentaje de maíz morado tienen un efecto significativo en el contenido de

cenizas ( $p < 0,05$ ). Las Figuras 6 y 7 muestran un aumento de cenizas con respecto a la germinación y al porcentaje de maíz morado (50%).

En otro estudio donde se elaboraron galletas dulces a base de maíz morado, el porcentaje de cenizas fue de 0,30g/100g a 0,55 g/100g de materia seca (Cedeño Saldarriaga, M. A. 2013). Por lo que este rango se asemeja a los resultados obtenidos en el presente trabajo observados en la Figura 7 (0,350-0,475 g/100g muestra).

En el presente estudio, el aumento del contenido de cenizas por el efecto de la germinación pudo haberse dado por la reducción significativa del ácido fítico, ya que este podría haber liberado ciertos minerales atrapados en la molécula (Corredor et al, 2013). El ácido fítico constituye la forma principal de almacenamiento de fósforo en semillas de cereales entre los que se destaca el maíz morado, este mineral es el más abundante y se lo encuentra en forma de fitato de potasio y/o magnesio (Burgos, J., Jara, S., & Quintar, P. 2018).

De la misma manera, en otro estudio se explica que en cereales y leguminosas, el fitato puede ser degradado como fósforo inorgánico debido a un incremento en la actividad de fitasa durante el proceso de germinación ( Burgos, J., Jara, S., & Quintar, P. 2018).

De acuerdo a los resultados obtenidos en esta investigación, se puede afirmar que la germinación es el método más efectivo para disminuir el ácido fítico en cereales o leguminosas por el contenido mayor de cenizas en el maíz morado germinado ( Corredor et al, 2013).

### **3.4 Aw**

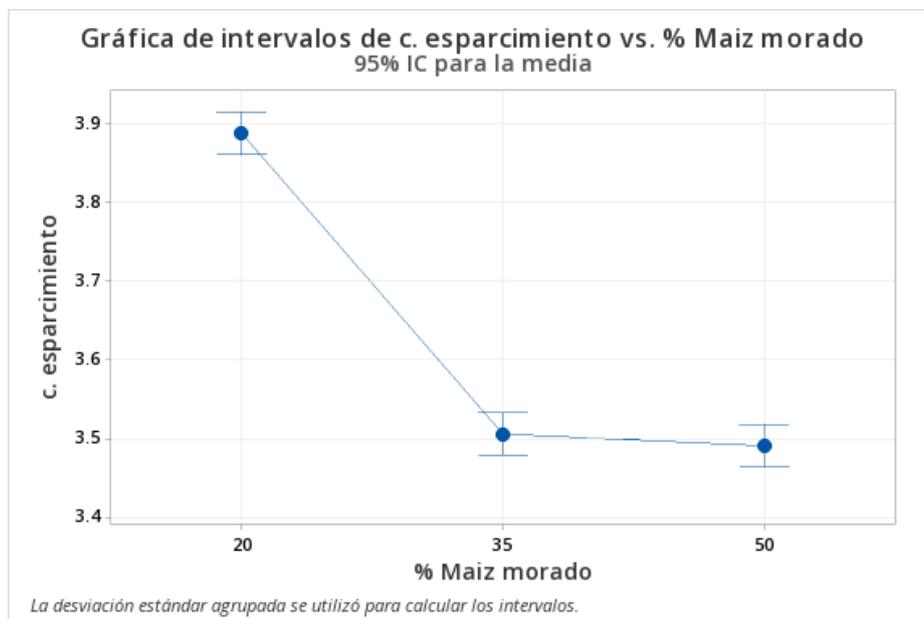
Los resultados obtenidos en el análisis de varianza presentados en el Anexo 1 para actividad de agua no fueron significativos en cuanto a germinación y al porcentaje de maíz morado con un valor ( $P > 0,05$ ). La Aw se puede definir como la relación de presión de vapor de agua del alimento y la presión de vapor del agua en la misma temperatura (Ayub et al., 2008). Por otra parte, la Aw está relacionada con la proliferación de microorganismos que

necesitan la presencia de agua en una forma disponible para llevar a cabo funciones metabólicas (Badui, 2013). Este es un parámetro importante ya que determina la vida útil del producto y el tipo de microorganismos que pueda proliferar en este alimento (Isuiza *et al*, 2018). La Aw está atribuida a la cantidad de absorción de agua de la harina de chocho (34%) que se mantuvo como variable constante. El chocho posee alto contenido de proteínas, pero estas no poseen propiedades de hidratación que se encargan de ligar el agua libre de las moléculas (Badui, 2013). Estas proteínas se relacionan principalmente con la composición de aminoácidos presentes, pues si existe mayor concentración de aminoácidos cargados la hidratación se incrementa (Badui, 2013). Estos factores están relacionados con el presente estudio ya que en la harina de chocho, el aminoácido predominante es únicamente la lisina. Por esta razón, las formulaciones analizadas en el presente estudio presentan una actividad de agua baja, lo cual incrementa su vida útil y control de microorganismos.

### **3.5 Coeficiente de esparcimiento**

El coeficiente de esparcimiento es una característica importante de calidad en una galleta donde se relaciona el diámetro/ altura. Los resultados obtenidos del coeficiente de esparcimiento fueron significativos únicamente para el porcentaje de maíz morado ( $p < 0,05$ ) observados en la tabla ANOVA del Anexo 1. Como se muestra en la Figura 8, mientras menor sea el porcentaje de maíz morado, mayor será el coeficiente de esparcimiento. Esto se asemeja a la investigación realizada por Macías *et al* (2013), en donde se desarrollaron galletas con sustitución parcial de harina de trigo por harina de avena en donde se encontraron que galletas con el 30% de harina de avena tuvieron mayor expansibilidad que las galletas con sustitución de 50%. Esto podría deberse a que el almidón presente en la avena y en el maíz morado incrementan su tamaño por el aumento de temperatura, pero no llegan a

gelatinizar (Jeltema *et al* ,1983). De esta manera se impide tener una distribución adecuada de la matriz proteica envolviendo a menos gránulos de almidón.



**Figura 8. Gráfica de Intervalos de coeficiente de esparcimiento vs % maíz morado**

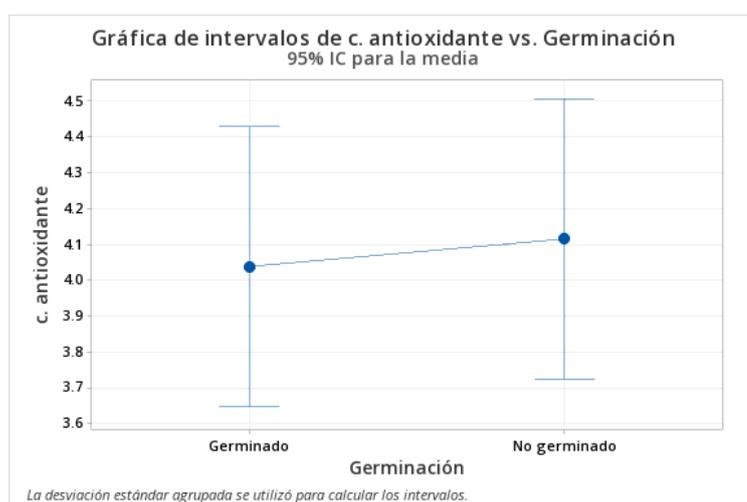
El maíz morado presenta entre un 20% y 22% de amilosa. Este polisacárido lineal del almidón es importante ya que realiza los procesos de gelatinización y retrogradación cuando es cocinado y almacenado (Cedeño Saldarriaga, M. A. 2013). La retrogradación del almidón es un proceso que ocurre cuando las moléculas en los gránulos de almidón comienzan a reorganizarse en una estructura ordenada, este fenómeno depende de varios factores como la fuente de almidón, concentración, temperatura de cocción y presencia de solutos (Sandoval, E. R., Aldana, A. S., & Quintero, A. F. 2007). Este comportamiento reológico incrementa la firmeza y rigidez en las galletas así como la pérdida de la capacidad de retención de agua. Por lo tanto, el coeficiente de esparcimiento en el presente estudio es inversamente proporcional a la cantidad de porcentaje de maíz morado presente en la galleta.

### 3.6 Capacidad antioxidante

La capacidad antioxidante se define como el potencial de un compuesto para inhibir la oxidación de un sustrato hasta obtener valores menores al 1%, normalmente entre 1 y 100 mg/L (Paucar-Menacho *et al*, 2017). Esta medición es importante ya que a partir de esta se puede evaluar la calidad del maíz morado, cantidad de antioxidantes e incluso la biodisponibilidad de compuestos antioxidantes en el cuerpo humano (Mex-Álvarez *et al*, 2013). En el presente estudio se observa que la germinación y el porcentaje de maíz morado si tienen un efecto significativo para la capacidad antioxidante. En la Figura 9, se observa que existe mayor capacidad antioxidante para el maíz morado no germinado. En la literatura se indica que la germinación elimina factores antinutricionales y mejora la funcionalidad de las semillas por el incremento de compuestos bioactivos (como por ejemplo polifenoles). En el presente estudio se observó un aumento de polifenoles con respecto a la germinación, por lo que el resultado de capacidad antioxidante debe estar ligado a este. Sin embargo, el resultado que se presenta en este estudio se pudo deber a la pérdida de antocianinas ya que existe un número de factores que influyen en la estabilidad de estos pigmentos como pH, temperatura, luz, oxígeno, enzimas y/o azúcares. En el presente estudio, el tratamiento térmico en la obtención de las galletas, pudo haber influido en el contenido de antocianinas ya que este compuesto es considerado termolábil.

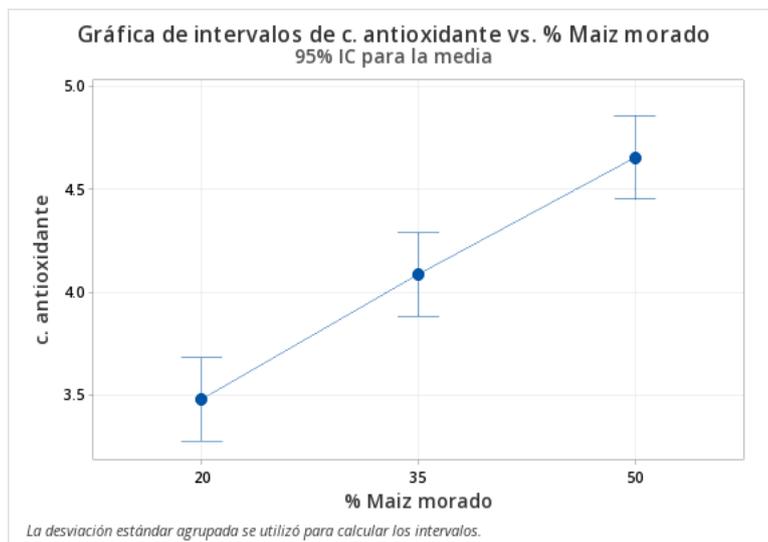
El valor D es un parámetro cinético, que corresponde al tiempo que se necesita para una reducción decimal de una concentración inicial de una sustancia a una temperatura constante (Wang y Stretch, 2001). Según el estudio realizado por Rebolledo (2007), para las antocianinas en el rango de 70 °C hasta 90 °C los valores D fueron altos, pero descendieron con el aumento de la temperatura, lo que significa que existe una lenta degradación de los pigmentos. Por otra parte, en el rango de los 95 °C hasta los 120 °C, el valor D disminuyó considerablemente, lo

que nos muestra que la degradación de los antocianinas es más rápida a este rango de temperatura. Esto se asemeja a lo encontrado en el presente estudio, ya que las galletas fueron horneadas a 160 °C por un periodo corto (5 min). Por otra parte, este pigmento pudo haberse perdido durante la germinación, ya que las antocianinas al ser consideradas un pigmento hidrosoluble, la mayoría pudo haberse disociado durante este proceso que duró 4 días. Finalmente, las enzimas generalmente producen daños sobre las antocianinas, es por esta razón, que la inactivación es beneficiosa para su estabilidad (Rein, 2006). Según García *et al*, (2004). Las enzimas que tienen mayor impacto sobre estos compuestos son las glucosidasas, fenolasas y peroxidasas. El mecanismo por el cual afectan las fenolasas es porque rompen el enlace entre el residuo y la aglicona, lo resulta en una antocianidina muy inestable (Rein, 2006). Por tanto, la polifenoloxidasa que se reactivó durante la germinación, afectó al contenido de antocianinas y por ende a la capacidad antioxidante.



**Figura 9. Gráfica de Intervalos de capacidad antioxidante vs germinación**

Por otra parte, en la Figura 10 se observa que a mayor porcentaje de maíz morado mayor será la capacidad antioxidante debido a que existe mayor cantidad de pigmentos, en donde se encuentran los compuestos bioactivos y antioxidantes.



**Figura 10. Gráfica de Intervalos de capacidad antioxidante vs % maíz morado**

### 3.7 Evaluación sensorial

Los resultados obtenidos de la evaluación sensorial se presentan en la Tabla 6. A partir de las tablas de ANOVA presentadas en el ANEXO 2 de cada atributo evaluado, se observó que no existe diferencia significativa entre las muestras evaluadas.

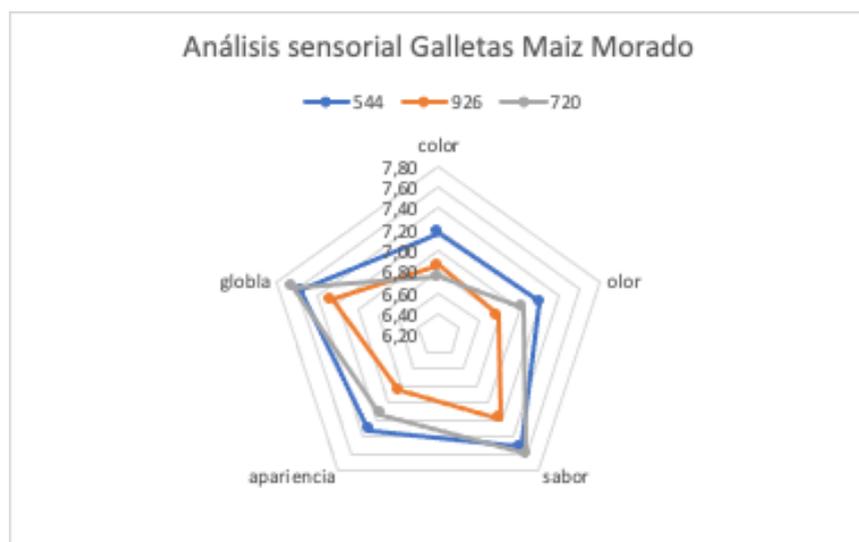
Sin embargo, en la Tabla 6 se observa que la formulación 3 (720) con 50% de maíz morado y 50% de arroz y formulación 1 (544) con 20% de maíz morado y 80% de arroz presentaron mayor puntaje en cuanto al atributo de sabor, con una media de 7,60. Para la formulación 1 (544) y formulación 3 (720), el atributo aceptación global presentó mayor puntaje, con una media entre 7,60 que corresponden a “Me gusta bastante”. En cuanto a la

formulación 2 (926), la media del global tuvo un valor de 7,20 que corresponde a “ Me gusta bastante”. Con respecto al color, la formulación que obtuvo menor puntaje fue la formulación 3 (720). Esto puede deberse a que las galletas presentaban mayor contenido de maíz morado y eran más oscuras, por lo que el consumidor pudo asociarlas con quemadas. Esta evaluación muestra que cada una de las formulaciones tiene una aceptación deseable por parte del consumidor.

**Tabla 6.** Resultados de evaluación sensorial.

Atributo	Resultado obtenido (Escala hedónica 1-9)		
	544 <sup>1</sup>	926 <sup>2</sup>	720 <sup>3</sup>
<b>Color</b>	7.17 ± 1.5532	6.85 ± 1.3879	6.75 ± 1.5690
<b>Olor</b>	7.20 ± 1.3876	6.78 ± 1.5304	7.03 ± 1.4018
<b>Sabor</b>	7.52 ± 1.2142	7.18 ± 1.4671	7.60 ± 1.1960
<b>Apariencia</b>	7.32 ± 1.5126	6.85 ± 1.4359	7.13 ± 1.2818
<b>Aceptación Global</b>	7.57 ± 1.0949	7.27 ± 1.2194	7.65 ± 0.9885

Valores medios ± desviación estándar (n=60). Formulación 1 (**544**): 20% harina de maíz morado, 80% harina de arroz. Formulación 2 (**926**) 35% harina de maíz morado, 65% harina de arroz. Formulación 3 (**720**) 50% harina de maíz morado, 50% harina de arroz



**Figura 11.** Gráfico radial para análisis sensorial de muestras (544), (926), (720)

### 3.8. Análisis Proximal

En la Tabla 7 se presentan los resultados obtenidos de la composición proximal de la variedad INIAP-199 “Racimo de Uva” proporcionado por este instituto. De acuerdo a la Tabla 8 se comprueba que los resultados obtenidos por el INIAP son bastante parecidos al análisis proximal realizado en la Universidad San Francisco de Quito.

**Tabla 7.** Composición proximal de la variedad INIAP-199 “Racimo de Uva”

(Departamento de Nutrición y Calidad, 2020)

Variable	INIAP-199 “Racimo de uva” (g/100g de materia seca)
Humedad	9,58
Proteínas	8,0
Grasa	5,59

Carbohidratos	81,69
Sólidos totales	13
Fibra	3,68
Cenizas	1,44

**Tabla 8.** Composición proximal de la variedad INIAP-199 “*Racimo de Uva*”

(Laboratorio de Análisis de alimentos USFQ, 2022)

<b>Variable</b>	<b>INIAP-199 “<i>Racimo de uva</i>” (g/100g de materia seca)</b>
Humedad	10,19
Proteínas	7,48
Grasa	5,43
Carbohidratos por diferencia	75,60
Cenizas	1,30

### 3.9. Índice de absorción de agua en las harinas

Se realizó la determinación del índice de absorción de agua de las harinas de chocho y haba siguiendo la metodología de Anderson, (1970). Con el fin de determinar su capacidad de absorción y comportamiento en la elaboración de las galletas. Con un resultado de 15,83% de absorción (Haba) y 19,15% de absorción (Chocho).

## 4. CONCLUSIONES

- La adición de maíz morado germinado, no afectó significativamente a la cantidad de proteínas, sin embargo sí tuvo influencia significativa en la determinación cenizas, polifenoles, coeficiente de esparcimiento y capacidad antioxidante.
- Se encontró una relación inversamente proporcional respecto al coeficiente de esparcimiento y directamente proporcional para capacidad antioxidante, polifenoles y cenizas.
- Para actividad de  $A_w$ , los factores estudiados no fueron significativos.
- En cuanto a la capacidad antioxidante, los resultados obtenidos con respecto a la germinación coinciden con la literatura, en cuanto a la disminución de antocianinas por hidrosolubilidad y horneado de galletas.
- El análisis sensorial reveló que no hubo diferencia significativas entre los atributos de color, olor, sabor, apariencia y aceptación global. Las tres formulaciones obtuvieron un promedio del atributo global de 7,49 que corresponden a “ me gusta bastante” en la escala hedónica de 9 puntos.

## **5. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda realizar cuantificación de antocianinas por el método de diferencia de pH para identificar la mayor cantidad presente en las galletas de maíz morado.
- Se aconseja realizar un diseño experimental de mezclas, este diseño de mezclas es una clase de experimento de superficie de respuestas en los cuales el producto investigado se compone de varios ingredientes o componentes. Estos diseños son útiles especialmente en industrias donde se está desarrollando un producto y están implicados fórmulas o mezclas en donde la respuesta depende de las proporciones de los ingredientes incluidos en la mezcla.

- Se recomienda realizar una evaluación sensorial con al menos 100 panelistas, para que así se reduzca el error experimental en los jueces, ya que probablemente existe una falta de conocimiento al no ser entrenados.

## 6. REFERENCIAS

- Aguilera-Otíz, M., Reza-Vargas, M. D. C., Chew-Madinaveita, R. G., & Meza-Velázquez, J. A. (2011). Propiedades funcionales de las antocianinas. *BIOTecnia*, 13 (2), 16.
- AOAC. (1998) Official methods of analysis. Washington D.C: Association of Analytical Chemists.
- Apaza Machaca, R. M., & Atencio Rojas, Y. J. (2017). Tecnología para la elaboración de una cerveza artesanal Tipo Ale, con sustitución parcial de malta (*Hordeum Vulgare*) por guiñapo de maíz morado (*Zea Mays*).
- Argüello Moncayo, S., & Garzón Carrera, G. (2012). *Efecto de la temperatura y el tiempo de remojo en la germinación de maíz morado (Zea mays), quinua (Chenopodium quinoa) y amaranto (Amaranthus hypochondriacus) para incrementar su valor proteico* (Bachelor's thesis, Universidad Estatal de Bolívar. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Escuela de Ingeniería Agroindustrial).
- Baldeón Salgado, P. E. (2012). *Procesamiento del chocho (Lupinus Mutabilis Ssweet) para la obtencion de leche y yogurt como alimentos laternativos de consumo humano* (Bachelor's thesis, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Química. Maestría en Procesamiento y conservación de alimentos).
- Burgos, J., Jara, S., & Quintar, P. (2018). *Harina de maíz morado: Composición nutricional. Elaboración de galletitas. Determinación de calidad galletera y Evaluación sensorial* (Bachelor's thesis).

Burgos, J., Jara, S., & Quintar, P. (2018). *Harina de maíz morado: Composición nutricional. Elaboración de galletitas. Determinación de calidad galletera y Evaluación sensorial* (Bachelor's thesis).

Cedeño Saldarriaga, M. A. (2013). *Evaluación de diferentes combinaciones de harina de maíz morado (Zea Mays) y harina de trigo (Triticum aestivum) en la elaboración de galletas* (Bachelor's thesis, Quito, 2013).

Chaparro Rojas, D. C., Pismag Portilla, R. Y., Elizalde Correa, A., Vivas Quila, N. J., & Erazo Caicedo, C. A. (2010). EFEITO DA GERMINAÇÃO SOBRE O CONTEÚDO E DIGESTIBILIDADE DE PROTEÍNAS EM SEMENTES DE AMARANTO, QUINUA, SOJA E GUANDUL. *Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial*, 8(1), 35-42.

Chatham, L. A., M. Paulsmeyer, and J. A. Juvic. 2019. Prospects for economical natural colorants: Insights from maize. *Theor. Appl. Genet.* 132: 2927-2946. doi: <https://doi.org/10.1007/s00122-019-03414-0>.

Chavarri Huacacolque, P. B. (2019). Optimización del proceso de elaboración de galletas utilizando harina de coronta de maíz morado (*Zea mays* L.).

Chung et al., 2009 H.J. Chung, S.H. Jang, H.Y. Cho, S.T. Lim. *Effects of steeping and anaerobic treatment on GABA ( $\gamma$ -aminobutyric acid) content in germinated waxy hull-less barley LWT - Food Science and Technology*, 42 (10) (2009), pp. 1712-1716 [ArticleDownload PDFView Record in ScopusGoogle Scholar](#)

Corredor, M. P. P., Quevedo, K. C. P., de Martínez, Y. M. B., Martínez, M. L. P., & Alcalá, J. O. Efecto combinado de la imbibición y la germinación sobre la calidad del quinchoncho (*Cajanus cajan* (L) Millsp.).

Cortes-Romero C, Galindo F, Galicia-Isasmendi S, Flores A (2011) GABA: ¿dualidad funcional? Transición durante el neurodesarrollo. *Rev. Neurol.* 52: 665-675.

Cruz Díaz, M., & Panizo, R. S. (2019). Adaptación de una variedad heterogénea de maíz a la región Alto Andina, usando la selección mazorca-hilera modificada. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*, 11(1), 18-29.

Díaz, M. F., Padilla, C., González, A., & Mora, C. (2002). Producción y composición bromatológica de harinas de vigna: de forrajes, integrales y de granos. *Agricultura Técnica*, 62(2), 266-274.

García Martínez, E. M., Fernández Segovia, I., & Fuentes López, A. (2015). Determinación de polifenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu.

Garzón, G. A. (2008). Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos: revisión. *Acta biológica colombiana*, 13(3), 27-36.

Guillén-Sánchez, J., Mori-Arismendi, S., & Paucar-Menacho, L. M. (2014).

Características y propiedades funcionales del maíz morado (*Zea mays* L.) var. subnigrovioláceo. *Scientia Agropecuaria*, 5(4), 211-217.

García-Palazon A, Suthanthangjai W, Kajda P, Zabetakis I. (2004). The effects of high hydrostatic pressure on b-glucosidase, peroxidase and polyphenoloxidase in red raspberry (*Rubus idaeus*) and strawberry (*Fragaria \* ananassa*). *Food Chem* 88: 7-10.

GUTIERREZ, A. G., ACEVEDO, J. A., BALLARTE, L. N., TEIXEIRA, B. J., LLAJARUNA, H. P., AQUÍSE, I. S., ... & JACOBO, F. Q. (2009). Antocianinas, fenoles totales y actividad antioxidante de las corontas del maíz morado (*Zea mays* L.): Método de extracción. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 8(6), 509-518.

Isuiza, G. G. P., Perez, J. F. L., Sánchez, I. C., Olano, J. C., Salas, W., & Delgado, L. F. V. (2018). Vida en anaquel de galletas saladas utilizando pruebas aceleradas. In *Anales Científicos* (Vol. 79, No. 1, pp. 218-225). Universidad Nacional Agraria La Molina.

Jeltema, M.A.; Zabik, M.E. and Thiel, L.J. (1983). Prediction of cookie quality from dietary fiber components. *Cereal Chemistry*. 60(3):227-230.

Jiménez Ortega, A. I., Martínez García, R. M., Quiles Blanco, M. J., Majid Abu Naji, J. A., & González Iglesias, M. J. (2016). Enfermedad celíaca y nuevas patologías relacionadas con el gluten. *Nutrición Hospitalaria*, 33, 44-48.

López, L., Dyner, M., Vidueiros, S., Pallaro, A., & Valencia, M. (2010). *DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE GLIADINAS EN ALIMENTOS ELABORADOS CON AMARANTO, QUÍNOA Y/O CHÍA*. Obtenido de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rchnut/v37n1/art08.pdf>

Macías, S., Binaghi, M., Zuleta, A., Ronayne, P., Costa, K., & Generoso, S. (2013). Desarrollo de galletas con sustitución parcial de harina de trigo con harina de algarroba (*Prosopis alba*) y avena para planes sociales. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 4(2), 170-188.

Márquez Siguas, B. M. (2014). Refrigeración y congelación de alimentos: terminología, definiciones y explicaciones.

- Martín, E., De Mateo, B., Miján, A., Pérez, A., Redondo, P., Sáenz, I., 2007. Pan y cereales. Editor Dirección General de Salud Pública y Alimentación, Madrid, España.
- Mex-Alvarez, R. M. J., Bolívar-Fernández, N. J., Garma-Quen, P. M., Tut-Heredia, J., & Romero-Guillén, K. I. (2013). Actividad antioxidante de cinco variedades de maíz cultivadas en Campeche, México. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 12(6), 558-571.
- Moscoso, F., & Quera, R. (2016). *Enfermedad celíaca. Revisión*. Conicyt.cl. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rmc/v144n2/art10.pdf>
- Paucar-Menacho, L. M., Martínez-Villaluenga, C., Dueñas, M., Frias, J., & Peñas, E. (2017). Optimization of germination time and temperature to maximize the content of bioactive compounds and the antioxidant activity of purple corn (*Zea mays* L.) by response surface methodology. *LWT-Food Science and Technology*, 76, 236-244.
- Peñarrieta, J. M., Tejeda, L., Mollinedo, P., Vila, J. L., & Bravo, J. A. (2014). Phenolic compounds in food. *Revista boliviana de química*, 31(2), 68-81.
- Quiñones, M., Miguel, M., & Aleixandre, A. (2012). Los polifenoles, compuestos de origen natural con efectos saludables sobre el sistema cardiovascular. *Nutrición hospitalaria*, 27(1), 76-89.
- Quispe Jacobo, F., Arroyo Condorena, K., & Gorriti Gutiérrez, A. (2011). Características morfológicas y químicas de 3 cultivares de maíz morado (*Zea mays* L.) en Arequipa-Perú. *Revista de la sociedad química del Perú*, 77(3), 205-217.
- Rabanal-Atalaya, M., & Medina-Hoyos, A. (2021). Análisis de antocianinas en el maíz morado (*Zea mays* L.) del Perú y sus propiedades antioxidantes. *Terra Latinoamericana*, 39.
- Ramírez-Díaz, J. L., Alemán-De la Torre, I., Bautista-Ramírez, E., & Flores-López, H. E. (2019). Antocianinas y color en grano y olote de maíz morado peruano cultivado en Jalisco, México Ángel Daniel Aguilar-Hernández 1 Yolanda Salinas-Moreno 2.
- Rebolledo, P. (2007). Determinación del Potencial de Coloración en Alimentos de un Concentrado de Jugo de Cranberry (*Vaccinium macrocarpon*) Obtenido por Nanofiltración.
- Rein, M. (2006). Copigmentation reactions and color stability of berry anthocyanins. Academic Dissertation. University of Helsinki. Helsinki

Rios Gonzales, B. A. Variabilidad del perfil polifenólico y nutricional de Zea mays L.(Maíz Morado) proveniente de dos zonas geográficas de la región Arequipa.

Sandoval, E. R., Aldana, A. S., & Quintero, A. F. (2007). Evaluación de la retrogradación del almidón en harina de yuca precocida. *Revista Colombiana de Química*, 36(1), 13-30.

Tomás Barberán, F. (2003). Los polifenoles de los alimentos y la salud.

Tomás-Barberán, F. A., Ferreres, F., & Gil, M. I. (2000). Antioxidant phenolic metabolites from fruit and vegetables and changes during postharvest storage and processing. *Studies in natural products chemistry*, 23, 739-795.

Torres, A., Cova, A., & Valera, D. (2018). Efecto del proceso de germinación de granos de Cajanuscajan en la composición nutricional, ácidos grasos, antioxidantes y bioaccesibilidad mineral. *Revista chilena de nutrición*, 45(4), 323-330.

Valencia Bustamante, P. Y. E. (2015). Evaluación tecnológica de la germinación y clarificación de las bebidas tradicionales fermentadas y pasteurizadas de maíz morado (Zea Mays) y quinua (Chenopodium Quinoa) variedad inia 420 negra collana.

Valencia-Avilés, E., Ignacio-Figueroa, I., Sosa-Martínez, E., Bartolomé-Camacho, M. C., Martínez-Flores, H. E., & García-Pérez, M. E. (2017). Polifenoles: propiedades antioxidantes y toxicológicas. *Revista de la Facultad de Ciencias Químicas*, (16), 15-29.

Vilcacundo, Edgar, Antón García, Mario Vilcacundo, Roberto Morán, Iván Samaniego, and Wilman Carrillo. 2020. "Antioxidant Purple Corn Protein Concentrate from Germinated Andean Purple Corn Seeds" *Agronomy* 10, no. 9: 1282. <https://doi.org/10.3390/agronomy10091282>

Villacrés, E. (2010). Evaluación del contenido de ácido fítico y su relación con la biodisponibilidad de minerales, proteína, y lisina en chocho, quinua, amaranto, sangorache procesados y no procesados.

Villacrés, E., Rubio, A., Egas, L., & Segovia, G. (2006). Usos alternativos del chocho: Chocho (*Lupinus mutabilis* sweet) alimento andino redescubierto.

Wang SY, Stretch AW. (2001). Antioxidant capacity in cranberry is influenced by cultivar and storage temperature. *J Agric Food Chem* 49: 969-974.

Yáñez, C., Zambrano Mendoza, J. L., Caicedo, M., Heredia, J., Sangoquiza Caiza, C. A., Villacrés, E., ... & Caballero, D. (2016). Ficha Técnica de la Variedad de maíz negro INIAP-199 "Racimo de Uva".

## 7. ANEXOS

### Anexo 1: ANOVAS

#### Proteínas:

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	5	0.77721	0.15544	4.37	0.017
Lineal	3	0.72928	0.24309	6.83	0.006
Germinación	1	0.67144	0.67144	18.87	0.001
% Maiz morado	2	0.05784	0.02892	0.81	0.467
Interacciones de 2 términos	2	0.04793	0.02396	0.67	0.528
Germinación*% Maiz morado	2	0.04793	0.02396	0.67	0.528
Error	12	0.42698	0.03558		
Total	17	1.20420			

#### Polifenoles:

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	5	0.12784	0.025569	7.99	0.002
Lineal	3	0.11177	0.037256	11.64	0.001
Germinación	1	0.03556	0.035556	11.11	0.006
% Maiz morado	2	0.07621	0.038106	11.91	0.001
Interacciones de 2 términos	2	0.01608	0.008039	2.51	0.123
Germinación*% Maiz morado	2	0.01608	0.008039	2.51	0.123
Error	12	0.03840	0.003200		

Total 17 0.16624

### Cenizas:

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	5	0.049978	0.009996	17.47	0.000
Lineal	3	0.035900	0.011967	20.91	0.000
Germinación	1	0.022756	0.022756	39.77	0.000
% Maiz morado	2	0.013144	0.006572	11.49	0.002
Interacciones de 2 términos	2	0.014078	0.007039	12.30	0.001
Germinación*% Maiz morado	2	0.014078	0.007039	12.30	0.001
Error	12	0.006867	0.000572		
Total	17	0.056844			

### Aw:

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	5	0.008778	0.001756	2.85	0.064
Lineal	3	0.003900	0.001300	2.11	0.153
Germinación	1	0.001422	0.001422	2.31	0.155
% Maiz morado	2	0.002478	0.001239	2.01	0.177
Interacciones de 2 términos	2	0.004878	0.002439	3.95	0.048
Germinación*% Maiz morado	2	0.004878	0.002439	3.95	0.048
Error	12	0.007400	0.000617		
Total	17	0.016178			

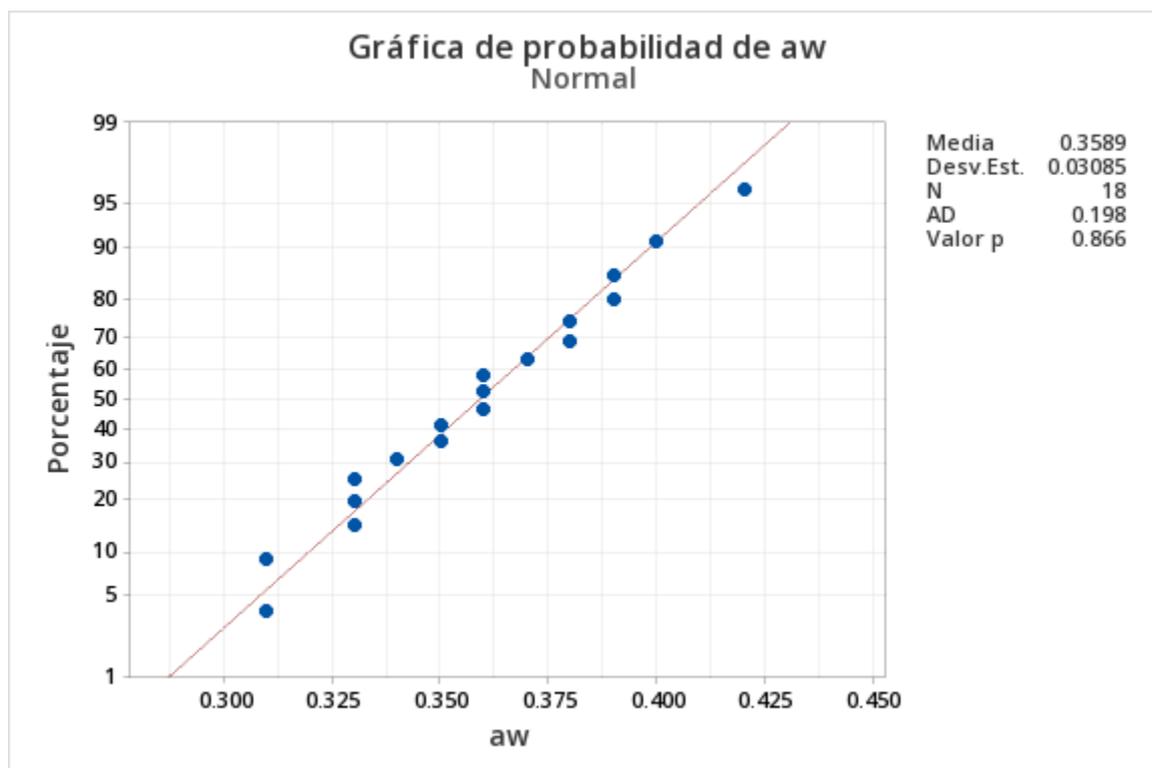
**Coefficiente de esparcimiento:**

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
<b>Modelo</b>	<b>5</b>	<b>0.609711</b>	<b>0.121942</b>	<b>132.23</b>	<b>0.000</b>
Lineal	3	0.609167	0.203056	220.18	0.000
Germinación	1	0.002689	0.002689	2.92	0.113
% Maiz morado	2	0.606478	0.303239	328.81	0.000
Interacciones de 2 términos	2	0.000544	0.000272	0.30	0.750
Germinación*% Maiz morado	2	0.000544	0.000272	0.30	0.750
Error	12	0.011067	0.000922		
<b>Total</b>	<b>17</b>	<b>0.620778</b>			

**Capacidad antioxidante:**

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
<b>Modelo</b>	<b>5</b>	<b>4.90465</b>	<b>0.98093</b>	<b>764.36</b>	<b>0.000</b>
Lineal	3	4.13475	1.37825	1073.96	0.000
Germinación	1	0.02645	0.02645	20.61	0.001
% Maiz morado	2	4.10830	2.05415	1600.64	0.000
Interacciones de 2 términos	2	0.76990	0.38495	299.96	0.000
Germinación*% Maiz morado	2	0.76990	0.38495	299.96	0.000
Error	12	0.01540	0.00128		
<b>Total</b>	<b>17</b>	<b>4.92005</b>			

**Prueba de Normalidad (Aw)**



## Anexo 2: ANOVAS evaluación sensorial

### Análisis de varianza: OLOR

#### Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Bloque 4	59	228,328	3,870	3,28	0,000
T5	2	5,278	2,639	2,23	0,112
Error	118	139,389	1,181		
Total	179	372,994			

### Análisis de varianza: COLOR

#### Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Bloque 3	59	233,200	3,953	2,70	0,000
T4	2	5,433	2,717	1,86	0,161
Error	118	172,567	1,462		
Total	179	411,200			

### Análisis de varianza: SABOR

### Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Bloque2	59	157,533	2,670	2,24	0,000
T3	2	5,833	2,917	2,44	0,091
Error	118	140,833	1,194		
Total	179	304,200			

### Análisis de varianza: APARIENCIA

#### Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Bloque	59	225,533	3,823	3,52	0,000
Tratamiento	2	6,633	3,317	3,06	0,051
Error	118	128,033	1,085		
Total	179	360,200			

### Análisis de varianza: GLOBAL

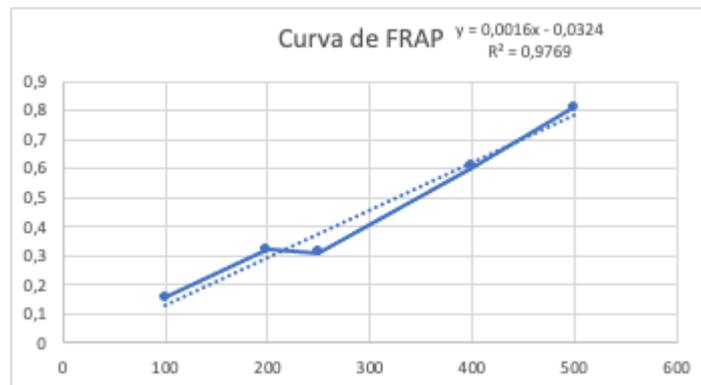
#### Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Bloque1	59	131,578	2,2301	2,95	0,000
Tratamiento 1	2	4,011	2,0056	2,65	0,075
Error	118	89,322	0,7570		
Total	179	224,911			

### Anexo 3: Curva estándar ácido gálico y Frap



**Figura 12.** Curva estándar de Ácido Gálico. (x) mM de Ácido Gálico (y) Abs 510 nm



**Figura 13.** Curva estándar. (x) mM de trolox (y) Abs 510 nm

## Anexo 5: Cuestionario de evaluación sensorial

Género: M  F  Edad: \_\_\_\_\_

Frente a usted hay tres muestras, por favor, pruebe las muestras de izquierda a derecha. Entre cada muestra tome un sorbo de agua y espere 30 segundos. Coloque el número que mejor represente su nivel de agrado para cada atributo de acuerdo a la escala mostrada a continuación. Por favor verificar el número de la muestra antes de colocar la respuesta.

Puntaje	Calificación
9	Me gusta muchísimo
8	Me gusta mucho
7	Me gusta bastante
6	Me gusta
5	Ni me gusta ni me disgusta
4	Me disgusta
3	Me disgusta bastante
2	Me disgusta Mucho
1	Me disgusta muchísimo

Muestra	Sabor	Olor	Apariencia	Color	Global
544					
926					
720					

**Comentarios:**

---



---