



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## DIRECCION DE POSGRADO

### MAESTRÍA EN AGROINDUSTRIA MENCIÓN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

#### MODALIDAD: INFORME DE INVESTIGACIÓN

**Título:**

---

Desarrollo de una bebida funcional a base de chachafruto (*Erythrina  
edulis*)”.

---

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Magister en Agroindustrias  
mención Tecnología de Alimentos

**Autor**

BQF. López Sampedro Sandra Elizabeth Mg.

**Tutor**

Quím. Rojas Molina Jaime Orlando Mg

**LATACUNGA –ECUADOR**

**2022**

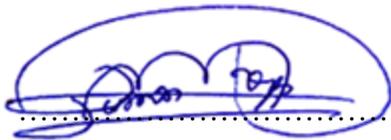
## APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación “Desarrollo de una bebida funcional a base de chachafruto (*Erythrina edulis*)” presentado por la BQF. Sandra Elizabeth López Sampedro Mg, para optar por el Título de Magíster en Agroindustrias, Mención Tecnología de Alimentos.

### CERTIFICO

Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y se considera que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación para la valoración por parte del Tribunal de Lectores que se designe y su exposición y defensa pública.

Latacunga, Septiembre 02 del 2022.



Quím. Jaime Orlando Rojas Molina Mg.

CI 050264543-5

## APROBACIÓN TRIBUNAL

El trabajo de Titulación: “Desarrollo de una bebida funcional a base de chachafruto (*Erythrina edulis*)” ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, previo a la obtención del título de Magíster en Agroindustria, Mención Tecnología de Alimentos; el presente trabajo reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la exposición y defensa.

Latacunga, Septiembre 02 del 2022

.....  
Ing. Ana Maricela Trávez Castellano Mg.  
CI: 050227093-7  
Presidente del tribunal

.....  
Ing. Zoila Eliana Zambrano Ochoa Mg.  
CI: 050177393-1  
Lector 2

.....  
Ing. Pablo Gilberto Herrera Soria Mg.  
C.I. 050169025-9  
Lector 3

## DEDICATORIA

*Este trabajo va dedicado a mi mami Teresita,  
Quien fue y será mi fortaleza por siempre creer en mí;  
Y q ahora es mi hermoso ángel del cielo.  
A mis amores pequeñitas, Sayred y Anny.  
A mi compañero de vida, mi mejor elección Edgar;  
A mi Papito Juan, mis hermanos Juanca y Markin  
Y a todos quienes me han acompañado en mi caminar.  
Porque todo lo bueno en la vida lo alcanzamos  
con esfuerzo, perseverancia y mucho amor*

*Sandra*

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por sus infinitas bendiciones; por la salud y la vida.

A mi hermosa familia por la paciencia y comprensión.

A la UTC por ser parte importante en la consolidación de nuevos conocimientos, en especial a los Ingenieros Franklin, Orlando, Monserrath, Eliana, Maricela, Pablo por su apoyo, confianza y amistad.

**Sandra**

## **RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA**

Quien suscribe, declara que asume la autoría de los contenidos y los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Titulación.

Latacunga, Septiembre 02 del 2022



.....

BQF. Sandra Elizabeth López Sampedro Mg.

CI: 060405249-8

## RENUNCIA DE DERECHOS

Quien suscribe, cede los derechos de autoría intelectual total y/o parcial del presente trabajo de titulación a la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Latacunga, Septiembre 02 del 2022



BQF. Sandra Elizabeth López Sampedro Mg.

CI: 060405249-8

## **AVAL DEL PRESIDENTE**

Quien suscribe, declara que el presente Trabajo de Titulación: “Desarrollo de una bebida funcional a base de chachafruto (*Erythrina edulis*)” contiene las correcciones a las observaciones realizadas por los miembros del tribunal en la predefensa.

Latacunga, Septiembre 02 del 2022



Ing. Ana Maricela Trávez Castellano Mg.

CI: 050227093-7

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**DIRECCIÓN DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN AGROINDUSTRIA CON MENCIÓN EN TECNOLOGÍA DE  
ALIMENTOS.**

**Título:** Desarrollo de una bebida funcional a base de chachafruto (*Erythrina edulis*)".

**Autor:** López Sampedro, Sandra Elizabeth Mg.

**Tutor:** Rojas Molina, Jaime Orlando Mg.

**RESUMEN**

El consumo de alimentos funcionales se ha incrementado en los últimos años, razón por la cual la innovación en la formulación de productos con valor nutricional y funcional es importante, en este contexto materias primas vegetales poco utilizadas constituyen un potencial de estudio; se planteó entonces el desarrollo de una bebida funcional, utilizando las semillas de chachafruto (*Erythrina edulis*), mismas que se sometieron a un proceso de cocción a diferentes tiempos (0, 10, 20 y 30 minutos) para posteriormente formular la bebida y demostrar el efecto del tratamiento térmico bajo un diseño completamente al azar (DCA) y la prueba de Tukey para verificación de hipótesis; se evidenció que la cocción de 30 minutos correspondiente al tratamiento t<sub>3</sub>; mostró una composición química de 11,87% para sólidos totales; 1,78% de minerales; 2,21% de proteína; 0,37% de extracto etéreo; 7,17% de ELN; 0,34% de fibra total; 69,33mg/g de calcio; 40,33 mg/g de fósforo; 16mg/g de sodio; 92,12% de digestibilidad *in vitro* de la proteína; 5,83 pH y 7,33°Brix, a la vez en las pruebas de aceptabilidad para este mismo tratamiento t<sub>3</sub> en cuanto a *sabor* se obtuvo un puntaje de 3,8; pero en *textura* el tratamiento t<sub>2</sub> tuvo una mayor evaluación de 4,1 seguido del tratamiento t<sub>3</sub> dentro del criterio “*me gusta*” concluyéndose que la cocción durante 30 minutos muestra el mejor efecto sobre la composición química y la aceptabilidad de bebida funcional de semillas de *Erythrina edulis*.

**PALABRAS CLAVE:** *Erythrina edulis*, cocción, digestibilidad, proteína, funcional

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**DIRECCIÓN DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN AGROINDUSTRIA CON MENCIÓN EN TECNOLOGÍA  
DE ALIMENTOS**

**Title: Development of a functional beverage based on chachafruto (*Erythrina edulis*)"**

**Author:** Sandra Elizabeth López Sampedro, Mg.

**Tutor:** Jaime Orlando Rojas Molina, Mg.

**ABSTRACT**

The consumption of functional foods has increased in recent years, innovation to get products with nutritional and functional value is important. In this context, little-used vegetable raw materials constitute a study potential. The development of a functional beverage was then proposed of this investigation, using the chachafruto (*Erythrina edulis*) seeds; which were subjected to a cooking process at different times (0, 10, 20 and 30 minutes) to subsequently formulate the drink and verify the effect of heat treatment, under a completely randomized design (DCA) and Tukey's test for hypothesis verification. It was evidenced that the 30-minute cooking corresponding to treatment t3; it showed a chemical composition of 11.87% for total solids; 1.78% minerals; 2.21% protein; 0.37% fat; 7.17% ELN; 0.34% total fiber; 69.33mg/g calcium; 40.33 mg/g phosphorus; 16mg/g sodium; 92.12% *in vitro* protein digestibility; 5.83 pH and 7.33°Brix, at the same time in the acceptability tests for this same t3 treatment in terms of *flavor*, a score of 3.8 was obtained; but in texture, the t2 treatment had a higher evaluation of 4.1 followed by the t3 treatment within the "I like" response, concluding that cooking for 30 minutes shows the best effect on the chemical composition and acceptability of the functional drink of *Erythrina edulis* seeds.

**KEYWORD:** *Erythrina edulis*, cooking, digestibility, protein, functional

Yo, **Daysi Lucía Damian Tixi** con cédula de identidad número: **0602960221** MAGISTER EN LINGÜÍSTICA Y DIDÁCTICA DE LA ENSEÑANZA DE IDIOMAS EXTRANJEROS con número de registro de la SENESCYT: **1005-2017-1853275.**; **CERTIFICO** haber revisado y aprobado la traducción al idioma inglés del resumen del trabajo de investigación con el título: **Desarrollo de una bebida funcional a base de chachafruto (*Erythrina edulis*)** de Sandra Elizabeth López Sampedro, aspirante a magister en Agroindustrias, Mención Tecnología de Alimentos.

Latacunga, Septiembre 02 del 2022



**Daysi Lucía Damian Tixi**  
CI: 0602960221

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Justificación.....	1
1.2 Planteamiento del problema .....	3
1.3 Hipótesis o preguntas de investigación .....	4
1.4 Objetivos de la Investigación .....	5
1.4.1 Objetivo General.....	5
1.4.2 Objetivos Específicos .....	5
<b>CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....</b>	<b>6</b>
2.1 Las leguminosas .....	6
2.2 Chachafruto ( <i>Erythrina edulis</i> .....	10
2.3 Importancia y usos del género <i>Erythrina</i> .....	13
2.4 Potencial nutritivo de <i>Erythrina edulis</i> .....	14
2.5 Alimentos funcionales, fuentes y propiedades .....	17
2.5.1 Bebidas funcionales .....	20
2.5.2 Metabolitos secundarios .....	23
2.5.3 Actividad funcional de <i>Erythrina edulis</i> .....	26
2.6 Tratamientos térmicos y biodisponibilidad de nutrientes.....	30
<b>CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>33</b>
3.1 Modalidad o enfoque de la investigación.....	33
3.2 Tipo de investigación .....	33
3.3 Población y muestra .....	33
3.4 Técnicas e instrumentos .....	34
3.4.1 pH.....	34
3.4.2 Sólidos totales.....	34
3.4.3 Proteína .....	35
3.4.4 Minerales .....	36
3.4.5 Determinación de calcio, fósforo y sodio .....	37
3.4.6 Sólidos solubles .....	37
3.4.7 Extracto etéreo .....	37

3.4.8 Determinación de fibra .....	38
3.4.9 Digestibilidad.....	39
3.4.10 Pruebas de aceptabilidad.....	40
3.5 Diseño experimental.....	41
3.6 Métodos específicos de la especialidad a emplear en la investigación .....	42
3.7 Análisis estadístico .....	43
<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>45</b>
4.1 Discusión de resultados .....	46
4.1.1 Sólidos totales .....	46
4.1.2 Minerales .....	48
4.1.3 Proteína .....	50
4.1.4 Extracto etéreo. ....	53
4.1.5 Extracto libre de nitrógeno (ELN ). ....	55
4.1.6 Fibra total.....	57
4.1.7 pH.....	59
4.1.8 Grados Brix.....	61
4.1.9 Macrominerales (calcio, fósforo y sodio).....	63
4.1.10 Digestibilidad <i>in vitro</i> (DIV). ....	65
4.1.11 Análisis de aceptabilidad .....	67
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>70</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>71</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>72</b>

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Árbol de <i>Erythrina edulis</i> .....	11
<b>Figura 2.</b> Vainas y semillas de <i>Erythrina edulis</i> .....	15
<b>Figura 3.</b> Semillas de <i>Erythrina edulis</i> .....	26
<b>Figura 4.</b> Proceso para la obtención de la bebida funcional de <i>Erythrina edulis</i> .....	43
<b>Figura 5.</b> Sólidos totales vs tiempo de cocción de las semillas de chachafruto ( <i>Erythrina edulis</i> ).....	47
<b>Figura 6.</b> Minerales vs tiempo de cocción de las semillas de chachafruto ( <i>Erythrina edulis</i> ).....	50
<b>Figura 7.</b> Proteína total vs tiempo de cocción de las semillas de chachafruto ( <i>Erythrina edulis</i> ).....	52
<b>Figura 8.</b> Extracto etéreo vs tiempo de cocción de las semillas de chachafruto ( <i>Erythrina edulis</i> ) .....	55
<b>Figura 9.</b> ELN vs tiempo de cocción de las semillas de chachafruto ( <i>Erythrina edulis</i> ) .....	57
<b>Figura 10.</b> Fibra total vs tiempo de cocción de las semillas de chachafruto ( <i>Erythrina edulis</i> ).....	59
<b>Figura 11.</b> pH vs tiempo de cocción de las semillas de chachafruto ( <i>Erythrina edulis</i> ) .....	60
<b>Figura 12.</b> Brix vs tiempo de cocción de las semillas de chachafruto ( <i>Erythrina edulis</i> ) .....	62
<b>Figura 13.</b> Concentración de macrominerales vs tiempo de cocción de las semillas de chachafruto ( <i>Erythrina edulis</i> ).....	64
<b>Figura 14.</b> Digestibilidad vs tiempo de cocción de las semillas de chachafruto ( <i>Erythrina edulis</i> ) .....	67
<b>Figura 15.</b> Aceptabilidad de acuerdo al color, sabor y textura.....	69

## INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Técnicas utilizadas para los ensayos de laboratorio</i> .....	40
<i>Tabla 2. Esquema del Diseño completamente al azar (DCA)</i> .....	41
<i>Tabla 3: Esquema del ADEVA del experimento.</i> .....	44
<i>Tabla 4. Parámetros físico-químicos analizados en la bebida funcional a base de semillas de chachafruto (Erythrina edulis).</i> .....	45
<i>Tabla 5. ADEVA para sólidos totales según los tiempos de cocción</i> .....	46
<i>Tabla 6. Prueba de Tukey al 5% para sólidos totales según los tiempos de cocción</i> ...46	
<i>Tabla 7. ADEVA para minerales según los tiempos de cocción</i> .....	48
<i>Tabla 8. Prueba de Tukey al 5% para minerales según los tiempos de cocción</i> .....	49
<i>Tabla 9. ADEVA para la proteína según los tiempos de cocción</i> .....	50
<i>Tabla 10. Prueba de Tukey al 5% para proteína según los tiempos de cocción</i> .....	51
<i>Tabla 11. ADEVA para extracto etéreo según los tiempos de cocción</i> .....	53
<i>Tabla 12. ADEVA para ELN según los tiempos de cocción</i> .....	55
<i>Tabla 13. Prueba de Tukey al 5% para ELN según los tiempos de cocción</i> .....	56
<i>Tabla 14. ADEVA para fibra total según los tiempos de cocción</i> .....	57
<i>Tabla 15. ADEVA para el pH según los tiempos de cocción</i> .....	59
<i>Tabla 16. ADEVA para sólidos solubles (Brix) según los tiempos de cocción</i> .....	61
<i>Tabla 17. Prueba de Tukey al 5% para sólidos solubles (Brix) según los tiempos de cocción</i> .....	61
<i>Tabla 18. Macrominerales analizados en la bebida funcional a base de semillas de chachafruto (Erythrina edulis)</i> .....	63
<i>Tabla 19. Digestibilidad de la proteína en la bebida funcional a base de semillas de chachafruto (Erythrina edulis)</i> .....	65
<i>Tabla 20. ADEVA para digestibilidad según los tiempos de cocción</i> .....	65
<i>Tabla 21. Prueba de Tukey al 5% para digestibilidad según los tiempos de cocción</i> .....	66
<i>Tabla 22. Interpretación de la escala hedónica para evaluación de la aceptabilidad</i> .....	67

## **CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.**

El trabajo de investigación denominado “Desarrollo de una bebida funcional a base de chachafruto *Erythrina edulis*” corresponde a la línea de investigación PROCESOS INDUSTRIALES y está enmarcado en la sublínea de INVESTIGACIÓN-INNOVACIÓN Y EMPRENDIMIENTOS (Desarrollo de nuevos productos y productos mínimamente procesados, modelación, intensificación y reconversión de industrias, etc.)

### **1.1 Justificación**

La Unión Europea, al igual que el resto de países desarrollados, ha incrementado su apoyo económico de forma considerable a los grupos de trabajo que investigan sobre nuevos ingredientes con actividad funcional y que demuestren su eficacia con estudios experimentales tanto en animales, como en humanos con ensayos clínicos (Silva Gama, 2020) destaca la importancia, además del interés de la inclusión de los ingredientes funcionales en la alimentación ya que cada vez se presenta una mayor tendencia en el consumo de los alimentos que incorporan estos componentes frente a los que no los contienen.(Rivero Urgell et al., 2005)

Por otra parte diversos estudios internacionales como el realizado por (Intiquilla et al., 2019) en su investigación “*Erythrina edulis* (Pajuro) Seed Protein: A New Source of Antioxidant Peptides” en el cual realiza una cuantificación de péptidos antioxidantes empleando enzimas microbianas *in vitro*, destaca su gran valor en la formulación de alimentos funcionales para promover beneficios en la salud además de la prevención

de enfermedades crónicas inducidas por los radicales libres, indica también que se lo podría utilizar como antioxidante en la industria alimentaria para evitar el deterioro de los alimentos que contienen lípidos debido a su potencial antioxidante.

El autor (Huarcaya Miraya, 2020), reporta un considerable porcentaje de proteína y un perfil aminoacídico muy similar al del huevo, por encima de los porcentajes presentados por el fréjol (*Phaseolus vulgaris*) y las habas (*Vicia faba*) por lo cual resalta la importancia de su utilización en formulaciones alimenticias de consumo humano (semillas) y también de consumo animal (hojas y vainas) para promover la producción de esta especie con el fin de contribuir a mejorar la calidad alimenticia de la población.

(Espinoza Córdova et al., 2021) resalta que dicha leguminosa es un alimento promisorio en el Perú debido a que no existe un conocimiento profundo y actualizado de su valor nutricional, es así que mediante su investigación “Análisis químico proximal de granos y harina de Pajuro (*Erythrina edulis*) para elaborar bebidas proteicas” da a conocer la composición química proximal mineral enfatizando su uso como materia prima en la elaboración de una bebida proteica mediante la obtención de una harina que pueden servir como punto de partida para las diferentes aplicaciones y desarrollar así productos alimentarios de gran importancia nutricional.

En otro estudio realizado por (Bedoya et al., 2012) se analiza la harina de chachafruto obteniendo fracciones mayoritarias de glutelinas y albúminas como parte de las proteínas, estudió además el rendimiento de obtención de un aislado proteico a partir de esta harina de semillas mediante la técnica de extracción por solubilidad y concluye que está relacionada con la seguridad alimentaria debido al alto contenido de proteínas y que además podría emplearse en formulaciones alimenticias libres de gluten.

(Silva Gama, 2020) asevera que la harina de chachafruto puede ser utilizada efectivamente como un sustituto de la harina de trigo, debido a que los resultados obtenidos muestran que las mezclas con otras harinas libres de gluten como la harina

de amaranto, harina de arroz, favorecen la fabricación de galletas, pues se evidencian características tecnológicas similares a las galletas elaboradas a base de harina de trigo en cuanto a color y textura aportando además un valor nutricional considerable.

Es necesario mencionar que en nuestro país existen diversos cultivos promisorios que cumplen los requerimientos necesarios para ser considerados como funcionales, por ejemplo, los cereales, tubérculos y legumbres, dentro de estos productos se encuentra la semilla de *Erythrina edulis*, también llamado cáñaro, porotón o chachafruto.

(Benítez Edgar; Sánchez Efrén, 2020) en su estudio sobre “Gramíneas y leguminosas promisorias para la alimentación del ganado en la Amazonía sur del Ecuador” realizando una recolección y caracterización de las gramíneas naturales y naturalizadas en la Región Amazónica, para determinar cuáles son promisorias en base a la evaluación del prendimiento, grosor de tallo, largo, ancho de hoja, altura, rendimiento de biomasa y valor nutritivo, concluyendo que la especie es óptima para suelos ácidos, en asociación con gramíneas, pues contribuyen a aumentar entre 20 y 30% de la producción de leche y carne de animales alimentados en sistemas de pastoreos y que además posee un contenido considerable de proteína no solo en las semillas son también en el forraje.

Bajo este contexto en el presente trabajo se pretende formular una bebida con propiedades funcionales utilizando la semilla de *Erythrina edulis* como materia prima y para esto se evaluarán variables físico químicas y funcionales como componentes importantes en la nutrición.

## **1.2 Planteamiento del problema**

Los componentes nutricionales presentes en los alimentos de origen vegetal juegan un rol importante en la nutrición humana, pues como efecto de la sinergia con la que actúan ejercen efectos biológicos funcionales significativos, al tener en cuenta esta consideración se busca identificar productos no convencionales o poco conocidos que

contengan componentes funcionales como proteínas, minerales, fibra entre otros, en diferentes matrices alimentarias, para poder aprovecharlas como ingredientes alimenticios tecno-funcionales o suplementos nutricionales.

Las semillas de *Erythrina edulis* son utilizadas de manera tradicional en la Amazonía Ecuatoriana ya que poseen múltiples cualidades, pero existe una reducida disponibilidad de información que determine el potencial uso de este producto en formulaciones alimenticias para consumo humano, pues la mayor parte de trabajos experimentales se enfocan en investigaciones que hacen uso del forraje y las vainas de este vegetal en la alimentación animal.

### **1.3 Hipótesis o preguntas de investigación**

H0: Los tiempos de cocción de la semilla de *Erythrina edulis* no influyen significativamente en las propiedades físico químicas y funcionales de la bebida funcional de chachafruto.

H1: Los tiempos de cocción de la semilla de *Erythrina edulis* si influyen significativamente en las propiedades físico químicas y funcionales de la bebida funcional de chachafruto.

## **1.4 Objetivos de la Investigación**

### **1.4.1 Objetivo General**

- Desarrollar una bebida funcional a base de semillas de chachafruto *Erythrina edulis*.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Evaluar el efecto de diferentes tiempos de cocción de la semilla de *Erythrina edulis* sobre la obtención de la bebida funcional.
- Analizar los parámetros físico químicos y funcionales de la bebida funcional.
- Determinar la aceptabilidad del producto mediante pruebas hedónicas de la bebida funcional.

## **CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

### **2.1 Las leguminosas.**

Las leguminosas corresponden a una familia amplia de productos vegetales que se caracterizan por su fruto las legumbres donde se alojan las semillas, es así que podemos indicar que las legumbres son las semillas secas (principalmente de la familia de las Leguminosas, subfamilia Papilionáceas) que se diferencian de las semillas oleaginosas por su bajo aporte en componentes grasos, las legumbres forman parte de la dieta humana desde hace más de 5.000 años; en la actualidad se consideran una parte importante de la dieta diaria, también son la base de numerosas recetas alimenticias, debido a que son ricas en proteínas, hidratos de carbono complejos, fibra soluble (abundante), vitaminas sobre todo del grupo B, minerales (hierro, zinc y fósforo), además de varios componentes bioactivos menores como fitoesteroles, ácidos fenólicos y flavonoides.(Sánchez-Bustos et al., 2021)

En la alimentación humana y en la alimentación animal se conoce que se emplean alrededor de 150 especies de leguminosas, de las que el estándar del Codex alimentarius considera como más relevantes para el consumo humano directo las siguientes: arvejas o judías lentejas, guisantes, garbanzos habas, éstas se consumen en verde (leguminosas de verdeo) aprovechándose el grano tierno y la vaina (habas y judías), mientras que otras se secan, se desprenden de la vaina y los granos se consumen una vez rehidratados (legumbres). (Benítez Edgar; Sánchez Efrén, 2020)

Bajo estas consideraciones constituyen la principal fuente de proteínas de fácil acceso en muchos países enmarcados como en vías de desarrollo, en especial entre los grupos de poblacionales de bajos recursos, quienes obtienen las proteínas y la energía de fuentes vegetales, por otra parte, en los países desarrollados donde el consumo de

legumbres había ido disminuyendo con los años, la consideración de alimentos saludables ha favorecido el incremento de su consumo. (Gómez, 2017)

A pesar de su valor nutritivo, las legumbres no tienen el reconocimiento que merecen debido a un grado insuficiente de innovación para el desarrollo de productos que se adapten a la vida actual y la baja producción local, que lleva a la competencia con importaciones de baja calidad más baratas.

Debido a esto la FAO ha centrado sus esfuerzos en asegurar que las personas tengan acceso regular a suficientes alimentos de buena calidad, lo que se ha constituido en un reto para el milenio, pues la problemática de inanición en muchos países es causal de problemas sociales y de salud pública que atentan contra la calidad de vida. Todo esto ha llevado a que en los ámbitos científico y técnico se promuevan investigaciones que se centren en el mejoramiento de la producción de alimentos y en el estudio de especies que puedan ser promisorias por su aporte a la nutrición. Incluso, han surgido los conceptos de alimentos funcionales y nutracéutico, los cuales, además de nutrir, pueden tener algún efecto benéfico frente a diversas enfermedades que se presentan en la actualidad (FAO et al., 2017)

Las especies pertenecientes a la familia *Leguminosae* han sido catalogadas como especies importantes desde el punto de vista nutricional, debido a que son un alimento vegetal ampliamente disponible, que contiene además de carbohidratos, una buena cantidad de proteína y vitaminas las cuales se encuentran incluidas en la canasta familiar; sus principales representantes son el frijol, la lenteja, la arveja y la soya.

Es por todos sabido que estos productos son una fuente básica de aporte de nutrientes. Tiene más proteínas que cualquiera de los llamados alimentos proteicos; tales como la carne, el pescado y los huevos un alto aporte de hidratos de carbono, que supone una cantidad importante de energía, previenen y controlan la diabetes, poseen además mucha fibra, beneficiosa para la motilidad intestinal. El aporte de grasa es mínimo, y comparable al de los cereales. (Huarcaya Miraya, 2020)

Contienen, gran cantidad de calcio, sales minerales, hierro y vitaminas. Se ha comprobado también que las legumbres contribuyen a bajar el colesterol en la sangre y su consumo es muy recomendable debido al nulo contenido en colesterol, abundante aporte proteínico, inapreciables lípidos y su bajo contenido calórico. (Huarcaya Miraya, 2020)

Las legumbres tienen un alto aporte proteico y se consideran como las principales fuentes de proteínas vegetales, es importante indicar que no contienen todos los aminoácidos esenciales por lo que se recomienda su asociación con cereales, para así lograr un aporte proteico completo; no contienen gluten por lo que se pueden incluir en una dieta apta para celíacos. La fracción proteica más abundante son las globulinas, solubles en disoluciones salinas, relativamente pobres en aminoácidos azufrados (metionina, cisteína y triptófano), pero con contenidos de lisina muy superiores a los de los granos de cereales, de forma que leguminosas y cereales se complementan en el aporte proteico. (Olmedilla et al., 2010)

En lo que respecta a su valor nutricional, existen muchos aspectos que son de interés, tales como su aporte de proteína y de aminoácidos como la lisina (escasa en cereales) por lo cual se recomienda la complementación, misma que influyen también sobre los contenidos de aminoácidos secundarios limitantes (treonina en los cereales y triptófano en las legumbres). Las deficiencias de aminoácidos esenciales tradicionalmente se han superado incluyendo las legumbres en platos que contienen cereales.

Además, de micronutrientes como selenio, zinc, hierro; se encuentran también vitaminas A y E, niacina, riboflavina, ácido fólico y piridoxina, y aunque el aporte de grasas es bajo, son fuente de ácidos grasos mono y poliinsaturados que no contienen colesterol. (Gómez, 2017)

El porcentaje de carbohidratos en las leguminosas de grano es alto (55 a 65%), al igual que fibra dietética; lo cual se puede verificar en la base de datos global de la FAO (FAO, 2017).

Las leguminosas mejoran los niveles de glucosa en las personas diabéticas, se ha descubierto que los garbanzos aportan una gran cantidad de ácido fólico, cuya carencia da lugar a un determinado tipo de anemia y también a un trastorno de la formación del sistema nervioso; la espina bífida.(Bedoya et al., 2012), por ejemplo el consumo de 100 gramos de garbanzos diarios proporciona al organismo el 90% de ácido fólico que se necesita ingerir al día, además alivian las úlceras duodenales y contribuyen a disminuir la acidez de estómago.

Por otra parte, legumbres como las lentejas son muy nutritivas y por ello son especialmente recomendadas para los niños, los adultos mayores y las mujeres embarazadas, la mitad de su peso está constituido por hidratos de carbono, y una cuarta parte son proteínas. Aportan además, un elevado nivel de hierro al organismo y ayudan a reducir la cantidad de grasa saturada de la dieta, (Espinoza Córdova, 2018) aclara que las legumbres no contienen gluten, lo que quiere decir que son aptas para personas que sufren de la enfermedad celíaca.

El aporte de las legumbres en la dieta es importante porque varios estudios demuestran sus efectos en la reducción del riesgo de padecimiento de enfermedades crónicas, así como también diabetes tipo II, obesidad, hipercolesterolemia y participa en la prevención de algunos tipos de cáncer.

Las leguminosas se consideran excelentes fuentes de almidón de digestión y asimilación lenta, beneficiosa para la salud al incrementar ligeramente la glucemia postprandial; si se compara con el almidón de digestión rápida el índice glucémico de las legumbres es bajo y esto contribuye de forma beneficiosa al control de la glucemia postprandial y el metabolismo lipídico; por lo tanto, son adecuadas también en la dieta del diabético y de interés para la disminución del riesgo de enfermedades cardiovasculares. En los obesos las comidas con bajo índice glucémico aumentan la saciedad y facilitan el control de la ingesta alimentaria.(Olmedilla et al., 2010)

## 2.2 Chachafruto (*Erythrina edulis*).

De acuerdo a lo descrito en (Fernando & Yepes, 2019) refiere que en la caracterización de la especie se destaca lo siguiente; sus inflorescencias miden de 12 a 30 cm, son pseudoterminales y a veces caulinares; posee pedicelos de 0,4 cm; brácteas y bractéolas lanceoladas, de 0,3 a 0,5 cm, su cáliz es campanulado, bilobado a trilobado, profundamente escotado, no posee salientes, por otra parte su legumbre puede llegar hasta 33 cm de largo; estípite en fruto menor de 4 cm; y su semilla es de color marrón, de 3 a 5 cm de largo por un aproximado de 1,5 a 3 cm de ancho; hilo de 0,5 cm de largo x 0,2 cm de ancho, elíptico; cuyas semillas son recalcitrantes y rugosas al secado.

En el trabajo realizado por (Silva Gama, 2020) refiere que el chachafruto o frijol de árbol corresponde a una legumbre, donde las semillas se destacan de manera importante por su considerable contenido proteico, entre otros valores nutritivos el sabor es especialmente agradable al paladar.

La transformación de la flor a legumbre sucede en 65 días. Estas vainas pueden tener desde una hasta doce semillas de forma cóncava de color café, formada por dos cotiledones de color blanco verdoso.

La testa conocida también como cáscara de la semilla es lisa y según el proceso de maduración y la variedad, puede ir desde el color rosado hasta un tono vino tinto, en donde cada una mide entre 4 a 5 cm de largo, 2 a 3 cm de grosor y pesar unos 30gramos; es necesario mencionar que cuando la semilla esta seca el porcentaje de proteína es de 21%, carbohidratos totales 51%, almidón 39%, grasa 1%.

Según lo descrito por (Hernández, 2013), *Erythrina edulis* es un árbol propio de los Países Andinos nativo de Sudamérica, descubierto en el Perú, Colombia , Venezuela y Ecuador, en quechua lo llaman sacha poroto y de acuerdo a la región donde se encuentra recibe diferentes nombres comunes, en Ecuador es conocido como Frijol del Monte, Chachafruto, Pajuro, Pashullo, Porotón, Sacha poroto, Cáñaro, Chachafruto y Zapote de cerro. En Venezuela se lo llama Balu, frijol mompas y Mompas. En Perú sus

nombres son Pajuro, Pisonay y poroto, finalmente en Colombia tiene nombres como: Balú, poroto, nopás, pajuro, baluy, frisol, calu, nupo, sacha fruto, sachaporoto.



**Figura 1.** Árbol de *Erythrina edulis*.

**Fuente:** Especies del género *Erythrina* (Fernando & Yepes, 2019)

(Avendaño & Castillo, 2014) describen que *Erythrina* es un género que forma parte de las *Leguminosae*; posee una distribución que va desde el trópico al subtrópico, constituido por más de 120 especies, con un intervalo altitudinal comprendido entre los 0 a 1800msnm, corresponde un árbol de color marrón oscuro que puede llegar a medir hasta 15 metros de altura; estas especies son de gran importancia económica nutricional, ornamental y medicinal.

(Espinoza Córdova, 2018) refiere al chachafruto como un fréjol grande cuya vaina proviene de un árbol espinoso y de ahí puede llamarse fréjol de árbol, introducido a Colombia por la comunidad Igna mismo que posee un gran valor decorativo con sus abundantes flores y llamativo color rojo carmesí y su madera (aunque blanda), se utiliza en artesanías, está relacionado con los humedales y aunque se puede desarrollar en suelo suelto, negro y ventilado, también tienen una serie de tolerancia a la variación climática. (Delgado-Soriano et al., 2020) referencia que en todo el mundo existen miles de variedades de leguminosas adaptadas a diferentes climas y regiones, en esta familia de plantas podemos encontrar desde árboles hasta plantas pequeñas que pueden cultivarse incluso en casa.

La planta de *Erythrina edulis* florece y fructifica entre los 3-4 años y posteriormente alcanza su máxima productividad, forma parte del grupo de las leguminosas, misma que crece en suelos de texturas sueltas, negras y franco-arenosas como suelos arcillosos y de preferencia se desarrolla dentro de un rango óptimo altitudinal correspondiente a 2.600 metros sobre el nivel del mar. El árbol necesita mil cuatrocientos milímetros de agua al año, puede sembrar a pleno sol o a la sombra durante los primeros seis meses.(Silva Gama, 2020)

Este árbol posee hojas alternadas, las cuales se encuentran divididas en tres folíolos, dónde el terminal es más grande que los laterales, las hojas caducas se encuentran en las ramas de las flores, alrededor de tres racimos terminales de cuarenta y cinco centímetros de longitud, soportan las flores de color rojo y anaranjado, el tamaño de las vainas de color verde oscuro posee de ocho a treinta centímetros.

Este género presenta una distribución de tipo tropical y subtropical con especies que se encuentran tanto en el viejo y en el nuevo mundo, y se hallan alrededor de 70 en América, 31 en África, 12 en Asia y Oceanía, presenta una amplia variedad de hábitats mismos que van desde el bosque tropical lluvioso, desiertos subtropicales muy áridos hasta bosques montanos superiores a 3000 m.s.n.m; está conformado por 115 especies, la mayoría árboles, arbustos y unas pocas hierbas perennes con raíces leñosas.

Esta amplia distribución de la especie ha permitido que a través del pasar del tiempo las diferentes culturas interactuaran con este género, efecto que se ve reflejado en los numerosos usos tradicionales que se le otorgan tanto a la planta completa como a sus partes, usos que han sido clasificados en diferentes campos como medicinales, artesanales, alimenticios, mágico-religiosos, ornamentales, tóxicos, envolturas de alimentos, forrajes, tintes y colorantes (Fernando & Yepes, 2019)

En general, esta familia presenta un amplio rango de distribución (cosmopolita); se caracteriza por su fruto en legumbre, un fruto dehiscente seco producto de un ovario simple, el cual difiere de un folículo por la dehiscencia en sus dos suturas en vez de una según lo descrito por (Gómez, 2012), el fréjol chachafruto no crece adecuadamente

a temperatura ambiente, es un árbol capaz de florecer en épocas de sequía, pero no existe mucha preocupación por su conservación, aunque se debería mantener un mejor control de crecimiento para incrementar su producción.

### **2.3 Importancia y usos del género *Erythrina***

Las cercas vivas, la ornamentación, la recuperación de suelos y la inclusión de estas en sistemas agroforestales y silvopastoriles son algunos de los usos otorgados a las plantas de este género. Gracias a sus colores llamativos, característicos en flores y semillas, atraen una gran diversidad de aves, mariposas y abejas, lo que lleva a un aumento en la polinización de las especies a las que se encuentra asociadas; adicionalmente, al ser leguminosas, su contenido proteico es elevado y, en asociación con otros microorganismos, contribuyen a la fijación de nitrógeno en el suelo.

Su amplio espectro de usos van desde la alimentación humana (la semilla) y animal (el forraje) hasta la recuperación de nitrógeno en el suelo, su principal función está relacionada con la seguridad alimentaria debido al alto contenido de proteínas, además de vitaminas y minerales.(Fernando & Yepes, 2019)

Existen características que hacen que esta planta tenga un valor importante en nuestros ecosistemas y como un alimento beneficioso para el ser humano, más allá de que sirve como un alimento rico en nutrientes (Escamilo, 2012) menciona que protege el entorno y ayuda a mantener el equilibrio natural, soportando grandes cantidades de tierra que atraviesan los ríos o quebradas, beneficiando también la vida de las aves.

Al ser una especie vegetal multiuso, es por demás atractiva para utilizarlo de manera masiva en los programas de reforestación, pues se conoce que es de importancia en el proceso para guardar el equilibrio ecológico de la especie por su capacidad de retener agua y además por la capacidad de captación del nitrógeno atmosférico, característico de las leguminosas y por contribuir considerablemente al manejo sostenido de los recursos naturales , además de convertirse en un indicador de la calidad de vida en los lugares en los que persisten aún.

El uso común que se ha otorgado a todas las partes de la planta, ha sido la medicina tradicional, considerando que se han utilizado para tratar diversas afecciones, tales como: quemaduras del arco, abscesos, úlceras, hemorroides, malaria, sífilis, trastornos menstruales, infecciones urinarias, respiratorias, de ojos, piel y garganta, también se utiliza como antiinflamatorio, diuréticos, hipoglucemiantes, anticonceptivos, antiparasitario, analgésico, antipiréticos, antiséptico, antimicótico, sedativos y tóxico (Benítez Edgar; Sánchez Efrén, 2020)

Por otra parte, las semillas son de uso frecuente en artesanías locales para la elaboración de manillas, collares e incluso instrumentos musicales que están ligados a la cultura de cada comunidad; adicionalmente son importantes en la alimentación humana y de diferentes especies animales como bovinos, ovinos, caprinos, porcinos, como los más importantes.

#### **2.4 Potencial nutritivo de *Erythrina edulis*.**

Varias de las ciencias agrícolas también vienen trabajando en la búsqueda y caracterización de nuevas fuentes de alimentación animal, con el fin de asegurar su nutrición plena, a través del aprovechamiento de fuentes alternativas y especies promisorias, las cuales pueden eliminar de manera natural la dependencia de los concentrados que poseen un costo considerable, en aras de continuar sufriendo los requerimientos de la dieta humana y alejar de esta todos los suplementos químicos o sintéticos (FAO, 2012).

El chachafruto es una de las más versátiles especies de las *Erythrina* identificadas de la familia *Fabácea*, subfamilia *papilionoidae*; es una leguminosa multipropósito con un amplio espectro de usos, debido a sus diferentes nutrientes, y según el reporte de algunos autores por su alto contenido de proteína. Según generalmente la población mundial y la industria demandan grandes cantidades de proteína y almidón, lo que ha estado limitado a unos pocos cultivos tradicionales como maíz, papa, trigo, arroz, yuca y algunas leguminosas como frijol, lenteja, quinua. (Carvajal et al., 2013)



**Figura 2.** Vainas y semillas de *Erythrina edulis*.

**Fuente:** Autora (López, 2022)

(Huarcaya Miraya, 2020) hace hincapié en que no solamente es considerada materia prima en la alimentación del ser humano, sino que su uso primordial radica en la formulación de raciones alimenticias de animales del campo, desde su cáscara hasta las hojas que también favorecen a distintas especies, como en las aves en las cuales muestra mejoras en la calidad de sus huevos y que una vez que se lo cosecha es necesario refrigerarlas para mejorar su conservación recomienda que de esa forma no se oxidan y pueden durar hasta un máximo de 10 días, incrementándose el tiempo de consumo si se lo somete a congelación.

La calidad nutricional de las hojas y semillas de esta especie han ido tomando importancia debido principalmente a su composición química donde sobresale la proteína, convirtiéndose así en un alimento de gran valor biológico donde algunos autores como (Huarcaya Miraya, 2020), (Palma-Albino et al., 2021) identifican que es comparable al de la carne, por otra parte contiene también otro tipo de nutrientes como minerales y carbohidratos, quienes presentan varios beneficios, convirtiéndolo en un alimento que puede considerarse incluso como un nutraceutico potencial, adecuado para dietas que requieran una respuesta biológica favorable como mejoras en la salud digestiva y la reducción de enfermedades cardiovasculares, por tratarse de un alimento de origen vegetal, cumple con estos requerimientos.

La fracción proteica más abundante en las semillas de *Erythrina* son las globulinas, mismas que son solubles en disoluciones salinas, relativamente pobres en aminoácidos azufrados (metionina, cisteína y triptófano), pero con contenidos de lisina muy superiores a los de los granos de cereales, de forma que las leguminosas y cereales se complementan en el perfil de aminoácidos para garantizar el óptimo aporte proteico.

En dicha complementación influyen también los contenidos de aminoácidos secundarios limitantes (treonina en los cereales y triptófano en las legumbres). Las deficiencias de aminoácidos esenciales tradicionalmente se han superado incluyendo las legumbres en platos que contienen cereales, es así que en un estudio de la Universidad Nacional de Colombia realizado por (Silva Gama, 2020) reporta que las semillas de chachafruto contienen un 23% de proteínas y aminoácidos, mayor que el existente en los frijoles y las arvejas por lo que se lo recomienda en la preparación de derivados alimenticios.

(Espinoza Córdova, 2018) referencia que esta semilla es una fuente considerable de sodio y potasio, pero es baja en grasa, lo cual lo convierte en un alimento ideal para toda edad debido a su alto contenido de fibra que posee un efecto prebiótico, se puede obtener harina también a partir de sus hojas secas y molidas, siendo estas libres de gluten.

(Silva Gama, 2020) en su estudio sobre “Evaluación de la harina de chachafruto como ingrediente para la elaboración de un producto de panadería libre de gluten” se analizan las propiedades tecno funcionales de la semilla y bajo este contexto se demostró que la utilización de 15% harina de chachafruto y el 85% harinas de otras fuentes como amaranto y arroz son adecuadas en la elaboración de galletas libres de gluten mostrando un incremento en los valores nutricionales reportados (9 % proteína, 2 % cenizas, 80% carbohidratos totales).

Entre las propiedades tecno-funcionales (Silva Gama, 2020) recalca también que el índice de solubilidad de la harina de la semilla posee un rango entre 20 al 24% lo que influye en la hidratación de la masas, pero la adición de la harina de chachafruto

cambió considerablemente algunos parámetros de las mezclas como proteínas y cenizas y como harina puede ser utilizada efectivamente en reemplazo de la harina de trigo, debido a que los resultados obtenidos muestran que las mezclas con otras harinas libres de gluten favorecen la fabricación de galletas con características tecnológicas similares a las formuladas con harina de trigo en cuanto a color y textura.

Una alternativa en la alimentación animal es la utilización de estos productos en forma de ensilaje, pues de esta manera e incrementa la biodisponibilidad de los nutrientes que constituyen la materia prima y se logra que estos tengan un tiempo de vida más extenso, bajo este contexto los forrajes del género *Erythrina* se han constituido en una alternativa viable, ya que en varios estudios se ha evidenciado que con una adición de entre 10 y 15% de harina de hoja al ensilado se logra mayor crecimiento en longitud y ancho así como una ganancia de peso y altura en ovinos, mientras que en cerdos, los altos contenidos de proteína, fibra y alcaloides muestran una menor digestibilidad, respecto de los alimentos convencionales; no obstante, se pueden emplear como una alternativa económica para la alimentación de los mismos. (Fernando & Yepes, 2019)

## **2.5 Alimentos funcionales, fuentes y propiedades.**

La definición de “alimentos funcionales” según el Consejo Internacional de Información Alimentaria (IFIC) menciona que corresponden a aquellos alimentos o compuestos dietéticos que pueden proporcionar un beneficio para la salud más allá de la nutrición básica, desde el punto de vista práctico, pueden ser naturales, o de origen sintético, o bien en los que se ha modificado la naturaleza o biodisponibilidad de alguno de sus compuestos, o cualquiera de las combinaciones anteriores (FIA, 2017), los alimentos derivados de plantas son una fuente importante de compuestos bioactivos, incluidos varios de los péptidos e hidrolizados de proteínas, por ejemplo los hidrolizados de soya han producido varios péptidos bioactivos con efectos antiinflamatorios en líneas celulares de macrófagos, y además se los emplea como suplementos nutricionales por su calidad proteica (García-Alanis et al., 2019) en preparaciones de fréjoles germinados se ha evidenciado que provocan respuestas más fuertes.

Dichos alimentos pueden contribuir a la mejora de las condiciones generales del organismo, disminución del riesgo de algunas enfermedades, y podrían llegar a utilizarse para curar algunos dolores. Así también, se han estudiado con la finalidad de prevenir numerosas enfermedades, como cáncer, problemas cardíacos y la disminución del envejecimiento.

A varios de estos alimentos se los pueden clasificar como: alimentos convencionales, alimentos que han sido modificados y como ingredientes de alimentos sintetizados, según lo descrito por (Intiquilla et al., 2016); por otra parte una bebida funcional es un tipo de bebida elaborada a partir de cereales, leguminosas, semillas, hierbas y frutas que aportan y brindan diferentes beneficios para la salud.

Un gran número de estudios promueven la investigación y el interés de generar productos innovadores, que le permitan al consumidor alimentarse de manera equilibrada; esto significa que se busca proveer de los nutrientes necesarios para evitar enfermedades de tipo carencial, o a su vez mejorar el estilo de vida en general; en este sentido cada vez es más común hablar de alimentos funcionales, los cuales además de poseer efectos nutritivos generan efectos biológicos selectivos en el organismo, mejoran el estado de salud y bienestar, reduciendo el riesgo de incidencia de enfermedades.(Sánchez-Bustos et al., 2021)

La mayoría de los alimentos que se hallan distribuidos en el mundo provienen de los cereales, seguido de otro conjunto de alimentos que provienen de cosechas de raíces y el tercero de legumbres o leguminosas; es así que en cifras podemos referenciar que el mundo produce aproximadamente 2000 millones de toneladas de cereales; 600 millones de toneladas de cosechas de raíces y 60 millones de toneladas de legumbres por año.

Es así que cada año en el mundo entero se producen aproximadamente 85 millones de toneladas de grasas y aceites, además de 180 millones de toneladas de azúcares; por una parte, los países en desarrollo producen un mayor volumen de todos estos alimentos

en relación a los países industrializados. En contraste, los países industrializados producen más alimentos de origen animal, carne, leche y huevos que los países en desarrollo, pero en la última década, se han registrado adelantos verdaderamente notables que han influido en la producción alimentaria, es así que la investigación agrícola ha ido avanzando con el desarrollo de nuevas variedades de los principales cereales: arroz, maíz y trigo, con el objetivo de generar un mayor rendimiento por hectárea que las variedades tradicionales. Algunos tienen un período más corto entre la siembra y la cosecha y algunos son relativamente resistentes a las plagas. (Picon, Víctor, Vegas, 2018)

Es necesario aclarar que los ingredientes funcionales por sí solos no promueven mejoras en la salud, pues además del consumo responsable también se lo debe combinar con un estilo de vida saludable, ciertos alimentos fortificados son excelentes para ciertas etapas de la vida, como la niñez y la adolescencia. (Rivero Urgell et al., 2005) se requieren también productos que contengan calcio, vitamina C o vitamina D para apoyar el desarrollo óseo; ácido fólico, antioxidantes, ácidos grasos omega-3, omega-6 y prebióticos para apoyar el sistema inmunológico en el desarrollo del tubo neural; o el hierro, el zinc o el yodo, además de los ácidos omega 3 y 6, en el desarrollo cognitivo y psicológico, tiene un papel importante en la etapa de desarrollo

(Bedoya et al., 2012), manifiesta que un alimento funcional por sí solo no cura ni previene enfermedades, pero es parte de una dieta equilibrada y puede estar dirigido a grupos poblacionales específicos o a para toda la población, por otra parte (Chero et al., 2019) indica que diversos materiales vegetales no tradicionales poseen un gran potencial para el desarrollo de productos alimenticios que pueden considerarse funcionales debido principalmente a la presencia de componentes, como fibra, flavonoides, prebióticos, probióticos, vitaminas, minerales, o a su vez por la incorporación de los mismos en las formulaciones

(Espinoza Córdova, 2018) manifiesta que a partir de la década de los 40 las investigaciones se centran en la caracterización química y biológica, donde inicialmente se aislaron alcaloides como *Erysodine*, *Erysopine*, *Erysocine* y *Erysovine*

y posteriormente, toda la gama de metabolitos presentes en la planta, con el fin de establecer su relación con la actividad otorgada tradicionalmente. En este sentido se observa un incremento paulatino en el número de investigaciones publicadas hasta el año 2017, en el documento de (FIA, 2017) se evalúa la calidad proteica de las semillas de *Erythrina edulis triana* mostrando su importancia nutricional y funcional debido principalmente a la sinergia de sus componentes, además de sus ventajas nutricionales posee características tecnológicas favorables por lo cual se la considera como fuente potencial de proteína para consumo humano.

En el estudio sobre innovación alimentaria realizado por (Palma-Albino et al., 2021), se muestra una fuerte interacción entre el consumo de nuevos productos , sus características fisicoquímicas, funcionales, sensoriales y sobre todo el costo es así que las leguminosas se constituyen como una materia prima atractiva debido a sus propiedades (Sandoval et al., 2021) cita que es importante que durante el procesamiento de alimentos se ha de tener en cuenta que no solamente se pretende conservar las propiedades intrínsecas de la matriz alimentaria, sino que también se deben obtener productos sensorialmente aceptables para garantizar su consumo.

Las semillas de leguminosas forman parte de los hábitos alimentarios tradicionales de diferentes países y en este grupo se incluyen garbanzos, judías, lentejas, soja, habas, guisantes, entre otros, destacan no solo por su composición y aporte nutricional sino también por su bajo coste y su fácil almacenamiento.

### **2.5.1 Bebidas funcionales**

Las bebidas que pueden considerarse como funcionales están formuladas a base de semillas principalmente por cuanto son ricas en compuestos antioxidantes sobre los cuales se ha demostrado que reducen el riesgo de enfermedades cardiovasculares, cáncer, aterosclerosis y diabetes ya que evitan que los radicales libres oxiden a los ácidos nucleicos, proteínas, lípidos y el ADN. (Ávalos García & Pérez-Urria Carril, 2009), el sésamo por ejemplo es rico en términos de actividad antioxidante ya que su capacidad antioxidante medida en valores de DPPH IC 50 está entre 8.88 µg / mL y

44.21  $\mu\text{g} / \text{mL}$ . Sin embargo, cuando se consideran a las bebidas vegetales, es importante destacar que, los frutos secos y los cereales son ricos en proteínas, fibra dietética, ácidos grasos, vitaminas y fitoquímicos. (Innovación et al., 2021)

Estas bebidas son los productos más apetecidos que se obtienen de manera frecuente en el mercado, esto se debe principalmente a su facilidad de distribución y de almacenamiento, la larga vida útil de este producto nos da la oportunidad de consumir ciertos nutrientes con mayor facilidad. En este sentido existen diferentes tipos como: energizantes, elaboradas a base de fuentes vegetales y de frutas, enriquecidas con ácidos grasos omega y minerales. Al considerar la alta demanda de estas bebidas naturales, se puede decir que se encuentran ganando mayor cada vez más espacio y aceptación en el mercado por las propiedades que brindan al consumidor. (Martínez-Cervantes et al., 2019)

Si bien es cierto se conoce que el agua es el principal componente de los alimentos y en las bebidas es mucho mayor lo cual incrementa de manera significativa su rendimiento, generando interés en los consumidores, que buscan distintas opciones nutritivas, refrescantes y saludables y podemos acotar que de manera particular el mayor número de lanzamientos en bebidas a nivel mundial, corresponde a las bebidas funcionales. Según (Salamanca G. et al., 2010), las bebidas funcionales son aquellas que nos ofrecen grandes beneficios en nuestra salud; y que pueden ser naturales o a su vez nutracéuticos, el aumento en la producción de estas bebidas se debe a la comprensión del consumidor, en cuanto al efecto benéfico que éstos productos poseen para el mantenimiento de la salud humana, evitando inconvenientes cada vez más frecuentes como son: la intolerancia a la lactosa y la alergia a las proteínas de la leche de vaca, una situación de gran relevancia radica en que las bebidas vegetales que se formulan frecuentemente carecen en esencia de ciertos compuestos normalmente asociados a la leche de mamíferos, como por ejemplo el colesterol, los ácidos grasos saturados, los antígenos y la lactosa, constituyéndose a la vez como una excelente fuente de minerales, proteínas con bajo potencial alérgico, ácidos grasos esenciales, entre otros.(Innovación et al., 2021)

Las características anteriormente mencionadas las convierten en una excelente alternativa a los lácteos considerando que, en los últimos años las fuentes vegetales han sido aceptadas como alimentos funcionales y nutraceuticos, ya que son una rica fuente de compuestos bioactivos con múltiples beneficios para la salud, que además aportan compuestos como minerales, vitaminas, fibra dietética y un sinnúmero de antioxidantes. Las legumbres y los frutos secos tienen esas características que los hacen convenientes para producir alimentos nutritivos, saludables, económicos y sobre todo apetecibles, (Huarcaya Miraya, 2020) menciona que existen bebidas que contienen ingredientes que le atribuyen beneficios específicos, y además ofrecen un valor agregado como innovación, sabor y practicidad, cuando hablamos de bebidas saludables, nos referimos a aquellas que pueden ser capaces hasta de reemplazar una comida, con complementos nutricionales, son bajas en calorías, y para aquellos que lo desean también cuentan con quemadores de grasa para una dieta que permita bajar el peso corporal.

Hoy en día es frecuente la presencia de estas bebidas preparadas a partir de diferentes fuentes, esto puede deberse a la nueva manera de cómo la gente ve a su alimentación y como ha llevado su vida durante los últimos años. Hay que recordar que estas bebidas poseen de manera particular su estudio que garantiza al comprador la calidad de los componentes y los efectos declarados en cuanto a lo que se está consumiendo. De esa manera se garantiza que no se presenten riesgos asociados. (Martínez-Cervantes et al., 2019) indica que entre las principales funciones que benefician al ser humano destacan, el sistema cardiovascular, el efecto antioxidante, el metabolismo de xenobióticos, el sistema gastrointestinal, todas aquellas relacionadas con un desarrollo óptimo de la salud.(Martínez-Cervantes et al., 2019).

En la industria de lácteos existe la tendencia de desarrollar bebidas que ayuden entre otros aspectos a: controlar el peso, desarrollar masa muscular y a su vez reducir grasa corporal, combatir las caries, recuperación de la energía perdida a través del aporte de carbohidratos, previniendo la deshidratación como principal función, según los estudios más recientes se ha demostrado que el consumo de bebidas funcionales es cada

vez una tendencia más saludable; gracias a que contribuye a potenciar la energía en el día a día y proporcionan un mayor rendimiento por los múltiples beneficios (Salamanca G. et al., 2010).

Las bebidas funcionales son bebidas para la salud y el cuidado personal, que pueden tener una función natural es así que en las formulaciones se pueden agregar ingredientes como los aislados de soja, fibra dietética, prebióticos, probióticos, L-carnitina, polifenoles, vitaminas, minerales y otros ingredientes que brindan beneficios específicos, en algunos productos también se usa el ácido fólico, riboflavina, beta caroteno, sulfato ferroso, sulfato de zinc, tiamina y B12, diversas materias primas; muchas de éstas las podemos encontrar en su mayoría en polvo para después verterlo o mezclarlo en diversos líquidos como: agua, batidos, jugos etc., algunos con efecto probiótico nos ayuda a estimular el crecimiento de bacterias intestinales que benefician muchas funciones biológicas (FIA, 2017).

### **2.5.2 Metabolitos secundarios.**

Hoy en día, el uso de plantas y materias primas vegetales en la alimentación se ha convertido en un método alternativo para el control e incluso el tratamiento de enfermedades tanto en la parte agropecuaria como en la humana, estudios recientes han demostrado que los metabolitos secundarios que se encuentran en la mayoría de las plantas juegan un papel importante en la producción de anticuerpos y la mejora de la salud de manera general.

Es así que, desde la antigüedad se conoce acerca del uso de metabolitos secundarios vegetales por diferentes culturas de la humanidad y son considerados productos naturales debido a que cumplen roles muy importantes no solo en el reino vegetal sino también animal. Cada vez se encuentra un mayor número de investigaciones relacionadas a la búsqueda de estos componentes debido a la utilidad potencial, especialmente desde el punto de vista agronómico y también industrial tanto farmacéutica como alimenticia. (Ávalos García & Pérez-Urria Carril, 2009). La palabra "bioactivo" es utilizada de manera común para denominar a la gran cantidad de

sustancias con diversos tipos de actividad biológica: es así que podemos hablar del  $\beta$ -glucano presente en el salvado de avena, el mismo que participa de una manera muy notable en la reducción de los niveles del colesterol en la sangre, es así que bajo este contexto a varios alimentos se los puede considerar como funcionales, una vez que han sido modificados ya sea por enriquecimiento como los probióticos u otros medios con sustancias bioactivas, por ejemplo, la adición de fitoesterol en la margarina que puede contribuir a la reducción del colesterol sérico

Varios de los productos del metabolismo secundario vegetal poseen funciones ecológicas para atraer o repeler animales, en especial sus depredadores, contienen también pigmentos cuya función es la de proporcionar una variedad de colores tanto a flores como a los frutos, además juegan un papel importante en su reproducción atrayendo a insectos polinizadores o a animales que los consumen, contribuyendo de esta manera a la dispersión involuntaria de semillas, es así que en la naturaleza, los metabolitos desempeñan un sin número de funciones biológicas (FIA, 2017) relacionadas a los compuestos de defensa contra herbívoros que poseen actividad insecticidas y herbicida.

Es así que de acuerdo a lo citado por (Ávalos García & Pérez-Urria Carril, 2009), por ejemplo la actividad alelopática y antifúngica es utilizada por la planta como mecanismo de defensa contra el ataque de hongos y sirve en la medicina moderna como parte del tratamiento paliativo de diversos tipos de enfermedades provocadas por oxidación celular; si se encuentran patrones que vinculen a los señalizadores bióticos o abióticos, se podría optimizar recurso de tiempo y dinero en la obtención biotecnológica de una variedad de productos funcionales, pues como se conoce que aunque los medicamentos se obtienen por síntesis química, la mayoría de sus estructuras principales están basadas en los principios activos de los productos naturales; para complementar, refiere que los metabolitos secundarios se obtienen por síntesis química vegetal a partir de excedentes del metabolismo primario (mismo que influye en el crecimiento y en la supervivencia de las plantas) por otra parte diferentes

metabolitos se generan debido a la variación de condiciones ambientales e interacciones bióticas.

En la investigación realizada por (Sánchez-Herrera et al., 2001) menciona que a nivel de las plantas, los metabolitos secundarios pueden generar otros efectos no deseados como lo son: la interrupción en la respiración mitocondrial; despolarización de la membrana celular; inhibición de las enzimas encargadas de la germinación de semillas; interferencia con la recolección de macronutrientes durante el crecimiento temprano de la planta, e incluso la muerte, todos estos efectos se pueden identificar de manera individual en las plantas, pero es necesario mencionar que repercuten en todo el ecosistema de manera general. Por ejemplo, parte del éxito de las especies invasoras, al colonizar nuevos sitios, también afectan el desarrollo de otras plantas y por lo tanto, pueden ser capaces de erradicar ciertas especies autóctonas.

Si hablamos de componentes como los alcaloides, podemos manifestar que forman parte de una serie de metabolitos secundarios con propiedades común como lo son: solubilidad en agua, por contener al menos un átomo de nitrógeno en la molécula y debido a que exhiben actividad biológica, la mayoría de ellos se denominan alcaloides heterocíclicos, aunque algunos son compuestos nitrogenados grasos (no cíclicos), pero al igual que la mezcalina o la colchicina, se pueden encontrar en alrededor del 20% de las plantas vasculares, la mayoría de las cuales son herbáceas. (Sánchez-Herrera et al., 2001) Al pH normal de la célula y de la vacuola (7,2 y 5-6, respectivamente), el nitrógeno se protona, dando el carácter básico o alcalino a estos compuestos en solución. En los seres humanos, los alcaloides estimulan respuestas fisiológicas y psicológicas, la mayoría de las cuales resultan de su interacción con los neurotransmisores. En grandes dosis, casi todos los alcaloides son altamente tóxicos. Sin embargo, a dosis bajas tiene un alto valor terapéutico como relajantes musculares, sedantes, antitusígenos o analgésicos. Por lo general, están hechos de lisina, tirosina y triptófano, aunque algunos, como la nicotina y compuestos relacionados, se derivan de la ornitina. (FIA, 2017)

En farmacología se ha comprobado el potencial de ciertos componentes como antioxidantes, anticancerígenos, antimaláricos y antibacterianos, entre otros, los cuales están vinculadas a problemas de salud pública que han llamado la atención de entidades como la Organización Mundial de la Salud (OMS), que destina un presupuesto anual para la investigación en estas actividades biológicas, como consecuencia de la afectación de una gran cantidad de personas en países en vía de desarrollo (Fernando & Yepes, 2019)

### 2.5.3 Actividad funcional de *Erythrina edulis*



**Figura 3.** Semillas de *Erythrina edulis*.

**Fuente:** Autora (López, 2022)

El género *Erythrina* (*Leguminosae*) ha llamado la atención solo por su alto contenido proteico, sino además por la amplia gama de metabolitos que se les reporta (alcaloides, fenoles y lecitinas, entre otros), los cuales se han asociado con múltiples actividades biológicas que se han trabajado incluso en la etnobotánica, pues la mayoría de los metabolitos secundarios de origen vegetal actúan en como un mecanismo de defensa propia contra depredadores y patógenos, alérgenos que son capaces de afectar a otras plantas, o atraen polinizadores o a su vez agentes dispersantes de semillas, lo cual es de gran importancia para las especies vegetales. (Avendaño & Castillo, 2014) .

De esta manera (Fernanda Castillo Hernández et al., 2019) en su estudio para identificar el potencial antioxidante de aislados obtenidos a partir de la semilla manifiesta que el aislado posee un índice de aminoácidos esenciales superior al de otras especies de la

familia como el frijol y la arveja, pero recientemente se ha despertado el interés por probar sus bioactividades, centrándose en el aprovechamiento de su proteína como agente antioxidante; es así que demuestra que de manera general presentan actividad antioxidante e inhibitoria de la ECA (Enzima convertidora de angiotensina), con los valores que se muestran a continuación para la harina, el concentrado y el hidrolizado obtuvo 571,4  $\mu\text{g/mL}$ , 212,6  $\mu\text{g/mL}$  y 98,3  $\mu\text{g/mL}$  presentando por otra parte una nula actividad citotóxica, así que podrían utilizarse como un suplemento alimentario que contribuya a la prevención y tratamiento de la hipertensión y demás enfermedades relacionadas con el estrés oxidativo, lo que ayudaría a disminuir los efectos secundarios que los fármacos sintéticos producen.

Señala además que el consumo de leguminosas de grano puede prevenir y ayudar a manejar problemas de obesidad, diabetes y enfermedades cardiovasculares, así como también reducir el riesgo de padecer algunos tipos de cáncer ya que muchas de estas bondades están ligadas al contenido de una variedad de compuestos bioactivos que pueden ser extraídos y se pueden incorporar en diferentes matrices alimentarias, se incluye la fibra, componentes proteicos, isoflavonas y algunos polifenoles.(Martínez-Cervantes et al., 2019)

Estos efectos se deben principalmente a la acción bactericida o bacteriostática, antihelmíntica (taninos y saponinas), anticancerígena, antioxidante e inmunoestimulante (de compuestos fenólicos, saponinas alcaloides y terpenos), por lo cual se recomienda entonces el uso de componentes vegetales que contengan metabolitos secundarios o componentes funcionales como ingrediente en alimentos para animales de manera controlada, ya que se evidencia un efecto de mejora en los parámetros productivos y reproductivos, la presencia o ausencia de estos efectos dependerá del tipo de planta, el tipo de metabolitos secundarios, su consumo y frecuencia.(Velásquez, 2019)

Los componentes funcionales se usan como alternativa para el control y tratamiento de las mismas plantas, además son una valiosa fuente de principios activos farmacéuticos y productos químicos, cuyos usos medicinales se atribuyen a su uso como analgésicos,

antibacterianos, antioxidantes, antivirales, antitumorales, bactericidas, inmunoestimulantes, etc. son usados como antibacterianos, ya que puede inhibir el crecimiento de bacterias por el mismo mecanismo que los antibióticos: inhibiendo la síntesis de la pared celular y activando las enzimas que destruyen la pared celular, aumentando la permeabilidad de la membrana celular, interrumpiendo la síntesis de la membrana celular, la síntesis de proteínas, cambios en el metabolismo de los ácidos nucleicos, etc. (Hernández, 2018).

Por otra parte las propiedades fisicoquímicas que caracterizan a la fibra dietética están asociados con la variedad de sus componentes, condición que les confiere diferencias desde el punto de vista fisiológico a las fracciones que la constituyen, de manera muy particular la fracción insoluble es capaz de captar agua hacia la luz intestinal, lo que mejora el proceso de fermentación por acción de la flora bacteriana que se encuentra en el colon, incrementa la velocidad del tránsito intestinal y actúa como antioxidante, estos efectos resultan útiles tanto en la prevención como en el tratamiento de la diabetes mellitus, trastornos cardiovasculares, constipación, diverticulitis y cáncer de colon entre otros. El efecto protector de la fibra en el cáncer de colon está estrechamente relacionado con la reducción en el consumo de calorías y el incremento de vitaminas A,C, y E que se logra con una dieta rica en vegetales.(Sarmiento, 2012)

(Olmedilla et al., 2010) señala que las leguminosas poseen diversos compuestos bioactivos, que se encuentran en pequeñas cantidades, pero estas son lo suficiente para poder ejercer diferentes efectos metabólicos y fisiológicos de gran interés. Citando algunos de estos encontramos a los fitatos, galactooligosacáridos, inhibidores de proteasas, lecitinas, saponinas, etc. los mismos que se los ha incluido como parte del grupo de los factores antinutricionales, esto ha conllevado a desarrollar varios estudios en los cuales se ha fijado el interés en estudiar los beneficios que pueden tener en la salud de manera general, considerando que algunos de ellos pueden jugar un papel en la prevención de las enfermedades crónicas no transmisibles al igual que en los trastornos cardiovasculares e incluso la diabetes y que en función de las circunstancias, puede ser necesario eliminarlos o mantenerlos.

Podemos citar por ejemplo efectos tanto beneficiosos como perjudiciales de los fitatos y los galactooligosacáridos, por una parte los galactooligosacáridos presentes en las leguminosas tienen el inconveniente de generar flatulencia además de diferentes molestias intestinales, por lo que se tiende a seleccionar variedades con elevado contenido proteico y pobres en galactooligosacáridos, pero no obstante, los alfa-galactósidos desempeñan importantes funciones durante el desarrollo de la especie vegetal y de la semilla como tal, encontrándose de manera frecuente en las especies y por otra parte tienen un efecto prebiótico, ya que es capaz de estimular de forma beneficiosa el crecimiento y la actividad de bifidobacterias y lactobacilos en el colon humano. (Sarmiento, 2012), además, al ser fermentados por las bacterias intestinales producen compuestos benéficos (ácidos grasos de cadena corta) que pueden tener el potencial de inducir a la muerte de células tumorales.

En relación al ácido fítico, es necesario mencionar que posee como componente químico un efecto negativo en la biodisponibilidad de los minerales presentes en las leguminosas, por lo que se han estudiado distintos procedimientos para degradarlo como los son: cocción, germinación, fermentación y remojo pero desde hace unos años este compuesto ha sido objeto de interés por sus múltiples efectos beneficiosos en la calcificación y en la reducción de la formación de cálculos renales, el efecto sobre la reducción de niveles de glucosa sanguínea y el perfil lipídico total, además de sus propiedades antioxidantes (Espinoza Córdova, 2018).

(Intiquilla et al., 2016) menciona que también es necesario resaltar la presencia de compuestos fenólicos, como los taninos condensados o los fitoestrógenos, además de los ácidos hidroxibenzoicos, aldehídos, ácidos hidroxicinámicos y derivados, glucósidos de flavonoles e isoflavonas (daidzeína y genistina) pero también poseen componentes poco deseables como los oligosacáridos, responsables de la flatulencia, el ácido fítico e inhibidores enzimáticos.

Por otra parte, su naturaleza vegetal lo convierte en un alimento con un excelente potencial funcional, considerando que contienen una elevada cantidad de fitoquímicos o conocidos también como sustancias biológicamente activas, que poseen diferentes

efectos beneficiosos para la salud como lo son: la protección cardiovascular, el bloqueo de radicales libres y el mantenimiento de la salud gastrointestinal. (Gómez, 2017)

(Sánchez-Herrera et al., 2001) indica que compuestos como el sitosterol, estigmasterol y el campesterol son los fitoesteroles de mayor concentración que se encuentran presentes en los vegetales, en los que también podemos encontrar ácidos fenólicos, de los cuales sobresale el ácido ferúlico como antioxidante, los flavonoides glicosilados, los antocianos y los taninos.

## **2.6 Tratamientos térmicos y biodisponibilidad de nutrientes.**

El proceso de cocción mediante la técnica de inmersión consiste en llevar a los alimentos hasta alcanzar una temperatura de 100 °C y una atmósfera de presión, de esta manera se favorece no solo la hidratación sino también la gelificación del almidón; por otra parte, se desnaturalizan las proteínas y se incrementa la movilización parcial de minerales, conjuntamente con el deterioro de vitaminas, lo cual va en dependencia del tamaño del alimento y del tiempo de cocción, pues el alimento al estar en el agua facilita la migración de nutrientes al agua de cocción donde normalmente se favorece su concentración (FAO et al., 2017)

Haciendo referencia al uso de las leguminosas en la alimentación humana un estudio realizado por (Delgado-Soriano et al., 2020) en el cual plantea obtener una bebida proteica láctea utilizando esta materia prima, menciona que es necesario la aplicación de un tratamiento térmico pero no establece tiempos de cocción óptimos, indica que el proceso no solo mejora las propiedades físicas y organolépticas sino también aumenta la utilización biológica de las proteínas, debido a la destrucción de ciertos factores tóxicos como los inhibidores de la tripsina, hemaglutininas y otros inhibidores enzimáticos y no solamente afectan a los anti nutrientes, sino también a la disponibilidad de algunas proteínas y aminoácidos tales como la lisina y cisteína.

Con el fin de incrementar la biodisponibilidad de los nutrientes y mejorar ciertas características de las semillas se sugiere procesos como la cocción, germinación entre otros, es así que un estudio llevado a cabo por (Sánchez-Bustos et al., 2021) en el cual

aplica el método cocción al vapor o bajo presión térmica para eliminar los anti nutrientes, demuestra la eficiencia de los tratamientos en la respuesta del contenido proteico, por otra parte (Silva Gama, 2020) determinó el efecto de la germinación y la cocción en la composición nutricional y digestibilidad de la proteína de tres variedades de leguminosas. (Sánchez-Bustos et al., 2021) indica que no solo la cocción modifica el aporte nutricional ya que por otra parte se evidencia su efecto en la fibra dietética, antioxidantes y minerales, resultando de gran importancia pues ayudan a reducir el daño oxidativo generado a nivel celular.

Para mejorar la calidad nutritiva de las leguminosas y para facilitar una utilización efectiva de estas, es necesario eliminar o reducir la actividad de los factores antinutritivos (FAN) produciéndose así un aumento de la digestibilidad de la proteína y de la energía; la termolabilidad de algunos de estos factores antinutritivos anteriormente citados, principalmente haciendo referencia a los inhibidores de las proteasas y las lecitinas, se justifica la utilización de su tratamiento térmico. Por otra parte y debido a que no solo la proteína y los carbohidratos presentes en estas leguminosas son menos digestibles que los presente en variedades de los cereales, la aplicación de diversos tratamientos tecnológicos es un medio justificado para mejorar su disponibilidad (Briones Bermúdez, 2011)

Según (Sarmiento, 2012) en varias investigaciones se ha evidenciado plenamente que los tratamientos térmicos mejoran de manera notable el valor nutricional y la disponibilidad sobre todo de las proteínas vegetales, la manera en como el fenómeno es capaz de ocurrir se debe a que mediante la aplicación de estos métodos se facilita la ruptura celular y por ende el acceso de las diferentes enzimas relacionadas con procesos digestivos hacia los diferentes nutrientes presentes en los alimentos de manera especial sobre las proteínas.

A los factores antinutricionales se los puede incluir en dos grupos que corresponden a los termoestables y a los termolábiles; por una parte tenemos entonces a los factores termoestables en los cuales se incluyen: factores antigénicos, oligosacáridos y aminoácidos no proteicos tóxicos, saponinas, glucósidos cianogénicos, fitatos; siendo

los que se encuentran con mayor frecuencia: los factores antigénicos, los oligosacáridos, las saponinas y los fitatos de acuerdo a lo citado por (Briones Bermúdez, 2011). Por otra parte, entre los factores termolábiles se encuentran compuestos como los inhibidores de proteasas tripsina y quimotripsina, lecitinas, y anti-vitaminas; siendo los más importantes los inhibidores de proteasas y las lecitinas, la mayor parte de estos inhibidores son termolábiles, por lo que su capacidad inhibitoria se ve reducida significativamente al momento de aplicar procesos térmicos. Se disminuye y elimina la actividad de algunos compuestos no deseados, mientras que por otro lado se incrementa la disponibilidad de aminoácidos azufrados presentes en altas concentraciones. Las lecitinas son más sensibles al calor que los inhibidores de la tripsina, siendo la inactivación mucho más efectiva a la extrusión, al autoclave y al calor húmedo que al calor seco (Martínez-Cervantes et al., 2019)

(Picon, Victor, Vegas, 2018) indican que, el remojo y la extrusión reducen de manera significativa el contenido de anti nutrientes, como el ácido fítico, taninos, los fenoles, inhibidores de la  $\alpha$ -amilasa y de la tripsina. Por lo tanto, la extrusión de las leguminosas, a priori, remojadas en agua durante 16 horas se recomienda para mejorar el valor nutritivo de estas, al aumentar su utilización por los humanos y de los animales cuando se consumen directamente o como ingrediente en diferentes formulaciones.

Los diferentes procesos que emplean energía térmica acompañada de acción mecánica sobre los gránulos de almidón, como es el caso de la cocción por extrusión, además del cambio en su organización cristalina (gelatinización), producen también su degradación, separando las cadenas laterales de la amilopectina, pero sin observar la formación de monosacáridos. Es decir, el almidón está parcialmente solubilizado, pero no totalmente degradado y se produce una masa visco plástica.

## **CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS.**

### **3.1 Modalidad o enfoque de la investigación.**

La presente investigación se llevó a cabo utilizando dos tipos de enfoques, el primero de tipo cuantitativo en lo que respecta al desarrollo de los análisis de laboratorio con su consiguiente evaluación y análisis de resultados, con las representaciones numéricas e interpretaciones estadísticas para la verificación de hipótesis

Por otra parte, el enfoque de tipo descriptivo cualitativo se aplicó durante el análisis de los productos mediante pruebas de aceptabilidad donde se utilizaron parámetros descriptivos para identificar los tratamientos con las mayores puntuaciones.

### **3.2 Tipo de investigación.**

La investigación fue de tipo experimental, considerando que se llevaron a cabo diferentes ensayos físico-químicos a nivel de laboratorio para los diferentes tratamientos propuestos.

### **3.3 Población y muestra**

Para este trabajo la población correspondió a 6 Litros de bebida funcional, distribuidos entre los cuatro tratamientos evaluados ( $t_0$ ,  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$ ) cada uno con sus tres repeticiones y en total se dispuso de 12 bebidas envasadas en frascos de 500 mL estériles con cierre hermético.

Por otra parte, las muestras que se transportaron al laboratorio correspondieron a las formuladas previamente, de las cuales se tomaban alícuotas para el desarrollo de los ensayos según lo sugerido en cada técnica.

### **3.4 Técnicas e instrumentos**

Las técnicas que se utilizaron para la evaluación físico química y funcional de la bebida son las que se describen a continuación:

#### **3.4.1 pH**

La determinación de pH se llevó a cabo utilizando un potenciómetro, con el objetivo de medir la concentración de los iones hidrogeniones contenidos en la muestra; para este procedimiento se colocó directamente el potenciómetro en los frascos que contenían cada uno de los tratamientos y posteriormente se registraron los valores que se determinaron en el equipo marca *Oakton, modelo ECOTester*.

#### **3.4.2 Sólidos totales**

Para este procedimiento se utilizaron las muestras frescas y homogenizadas, también una balanza analítica Marca *OHAUS modelo Pioneer pa313* donde se pesó una cantidad de 2 a 5g de cada uno de los tratamientos, cada muestra se colocó en crisoles previamente tarados y posteriormente permanecieron en la estufa marca *SELECTA modelo JP20000250* a una temperatura de 105° durante 8 horas, una vez transcurrido el tiempo se enfriaron los crisoles en el desecador por 30 minutos y se pesaron las muestras con el residuo seco.

La fórmula empleada para el cálculo fue

$$\text{ST (\%)} = \{(m_1 - m) / (m_2 - m)\} \times 100$$

*En donde:*

*ST= Sólidos totales (%).*

*m = masa del crisol en gramos*

*m<sub>1</sub>= masa del crisol con la muestra seca en gramos*

*m<sub>2</sub>= masa del crisol con la muestra inicial en gramos.*

### **3.4.3 Proteína**

Para este ensayo se utilizó 2 g muestra en el balón de digestión Kjeldhal, posteriormente se agregaron 10 gramos de la mezcla de catalizadores y 20 mL de ácido sulfúrico concentrado procurando no manchar las paredes del mismo, se colocó el balón en la unidad de digestión, posteriormente se procedió a calentar hasta obtener un líquido color verde esmeralda.

Una vez transcurridas 3 horas de digestión se procedió a enfriar el balón y su contenido, adicionando alrededor de 300mL de agua destilada para lograr disolver el producto digestado, mismo que al enfriarse se solidifica y luego se colocó al balón en la unidad de destilación del equipo, adicionando 100mL de NaOH al 40% y granallas de Zinc.

Se recibió el destilado en un Erlenmeyer que contenía H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> al 4% además de indicador mixto, el tubo de salida del destilador se mantuvo sumergido en el vaso que contenía los reactivos.

Finalmente se destiló hasta obtener 250mL de producto mismo que se tituló con HCl N/10 estandarizado.

El contenido de proteína total se lo obtuvo mediante el cálculo siguiente:

$$\%P = (1.4 \times f \times V \times N / m) * 100$$

*En donde;*

*%P = contenido de proteína en porcentaje de masa*

*f = factor para transformar el %N2 en proteína, que es específico para cada alimento (se utilizó 6,25)*

*V = volumen de HCl N/10 gastado en la titulación (mL).*

*N1 = normalidad del HCl*

*m = masa de la muestra*

#### **3.4.4 Minerales**

La determinación se realizó utilizando una mufla marca *ThermoScientific* modelo *LINDBERG BLUE M*, en la cual se colocaron los crisoles que contenían las muestras secas pesadas con aproximación al 0,1 mg; posteriormente se llevaron a los crisoles a pre-calcinación sobre una plancha calefactora y finalmente se los llevó a la mufla por un lapso de 4 horas a una temperatura de  $550^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$ , hasta obtener cenizas libres de partículas de carbón.

Posteriormente se dejó enfriar los crisoles y se pesaron los residuos para calcular el porcentaje total de cenizas mediante la siguiente fórmula.

$$C (\%) = \{(m_1 - m) / (m_2 - m)\} \times 100$$

*En donde:*

*C (%) = cenizas (%).*

*m = masa del crisol en gramos*

*m<sub>1</sub> = masa del crisol con los residuos (cenizas) en gramos*

*m<sub>2</sub> = masa del crisol con la muestra inicial en gramos.*

### **3.4.5 Determinación de calcio, fósforo y sodio**

Una vez obtenidos los residuos de la calcinación de la materia orgánica (cenizas) se añadió 40 mL de ácido clorhídrico con unas gotas de ácido nítrico concentrado y se lo sometió a ebullición, después se procedió a transferir la solución digerida a un matraz volumétrico de 250 cm<sup>3</sup> para enfriar y aforar.

Posteriormente se mezcló y se filtró a través de un papel filtro seco, para finalmente transferir 25 cm<sup>3</sup> del líquido filtrado a un vaso de 400 cm<sup>3</sup> y diluir con agua hasta 100 cm<sup>3</sup> para su posterior determinación por absorción atómica utilizando las lámparas de cátodo hueco para Calcio, fósforo y sodio en el *Espectrofotómetro de absorción Atómica marca Perkin Elemer modelo AAnalyst 400*. Siguiendo la metodología establecida y las curvas de calibración disponibles en el laboratorio.

### **3.4.6 Sólidos solubles.**

Para determinar el contenido de sólidos solubles expresado en °Brix se estableció el valor aproximado de los niveles de azúcares disueltos en las muestras analizadas, por lo cual se midió estos valores utilizando un refractómetro *marca Vee Gee BX-1*, en el cual se colocó una gota de cada una de las muestras con una pipeta Pasteur, luego se observó la diferencia de luz en los campos y se reportaron los valores observados a 20 °C.

### **3.4.7 Extracto etéreo.**

Para esta determinación se utilizó el equipo Soxhlet donde se extrajo de manera semi continua los componentes solubles en solventes apolares de la muestra seca (con sulfato de sodio) mediante una mezcla de éter y hexano, eliminando los restos de disolvente y pesando el residuo extraído, para lo cual por diferencia de pesos se obtiene el porcentaje de grasa contenido en las muestras analizadas.

Se pesó alrededor de 1 g de la muestra seca en cartuchos, los cuales fueron colocados dentro del tubo de extracción, seguidamente se armó el sistema

Soxhlet para lo cual previamente se registró los pesos de cada balón vacío a utilizar y se adicionó aproximadamente 100 mL de la mezcla éter hexano, se conectó entonces el sistema de extracción semi continua, verificando que este se encuentre herméticamente cerrado, luego se abrió el paso de agua a un flujo constante por el condensador y se encendió la plancha de calentamiento a una temperatura de 250 °C por 6 horas; todo este proceso se realizó bajo una campana de extracción.

Al terminar el método se retiraron los balones recuperando el solvente y luego se llevó los balones a la estufa a una temperatura de 100 °C por 30 minutos y seguidamente se los colocó en el desecador, finalmente se pesó cada balón y se determinó el porcentaje de grasa mediante la fórmula siguiente:

$$\%EE = (P1 - P) / Wm * 100$$

*Donde*

*%EE= Extracto etéreo*

*P1= Peso del balón con grasa*

*P= Peso del balón*

*Wm= peso de la muestra.*

### **3.4.8 Determinación de fibra.**

Para esta determinación se sometieron las muestras a dos procesos, el primero fue una digestión ácida y luego una digestión alcalina a partir de las muestras desengrasadas (W), se colocaron los beakers de digestión en el equipo, se agregó 150mL de ácido sulfúrico H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 1.25%, seguidamente unas gotas de isopropanol y se digestó por un lapso de 45 min. Posterior a este paso se lavaron las muestras con 30 mL de agua destilada caliente; se repitió todo el proceso anterior pero esta vez empleando hidróxido de sodio NaOH al 1.25%; se filtraron en los crisoles y se lavó con 30 mL de agua tipo I y 25 mL de acetona

por 3 veces, agregando las cantidades requeridas de enzimas (pepsina, pancreatina) en cada proceso.

Se retiraron los crisoles, colocándolos a la estufa a 105°C por un lapso de 1 hora, una vez terminado el tiempo fueron llevados al desecador y se anotaron los pesos de los crisoles con la muestra seca (F1); para finalizar dicho proceso los crisoles fueron llevados a la mufla a 550°C durante 3 horas y se volvieron a pesar (F2) después de ser enfriados en el desecador. El porcentaje de fibra cruda en la muestra fue calculado por diferencia de pesos mediante la siguiente fórmula.

$$\% \text{ Fibra} = \frac{F1-F2}{W} * 100$$

*Donde*

*%F= Fibra*

*F1= Peso del crisol con muestra seca*

*F2= Peso del crisol con cenizas*

*W= peso de la muestra*

### **3.4.9 Digestibilidad**

Las pruebas de digestibilidad de la proteína se llevaron a cabo en el Digestor Daysi II, colocando la muestra en las fundas Ankom, para llevarlas a una solución de pepsina y ácido clorhídrico 0,2 M hasta pH 2, durante un lapso de 8 horas a 39°C con agitación constante para simular el proceso digestivo a nivel gástrico, luego en el residuo se determina el contenido de proteína mediante el método Kjeldahl y por diferencia se calcula el contenido de proteína digerida, de siguiendo la metodología establecida en el laboratorio.

A continuación en la Tabla 1, se muestra un resumen de las diferentes técnicas de acuerdo al tipo de método empleado.

*Tabla 1. Técnicas utilizadas para los ensayos de laboratorio.*

<b>Técnica</b>	<b>Norma referencial</b>	<b>Tipo de método</b>
pH	AOAC 981.12 (2005)	Potenciométrico
Sólidos totales (%)	AOAC 950.27 (2005)	Gravimétrico
Proteína (%)	AOAC 979.09 (2005)	Volumétrico
Minerales ((%)	AOAC 940.26 (2005)	Gravimétrico
Calcio (mg/g)	AOAC 985.35 (2005)	Volumétrico
Fósforo (mg/g)	AOAC 965.17 (2005)	Espectrofotométrico
Sodio (mg/g)	AOAC 977.29 (2005)	Espectrofotométrico
Sólidos solubles(Brix)	AOAC 931.12 (2005)	Refractométrico
Extracto etéreo (%)	AOAC 948.22 (2005)	Gravimétrico
Fibra (%)	AOAC 978.10 (2005)	Gravimétrico
Digestibilidad (%)	AOAC 971.09 (2019)	Volumétrico

*Fuente:* Autora (López, 2022)

#### **3.4.10 Pruebas de aceptabilidad**

Para el desarrollo de las pruebas de aceptabilidad se trabajó con un total de 80 personas de ambos sexos comprendidas en un rango de edad entre 20 a 30 años; no se desarrolló de manera simultánea con todos los participantes debido al aforo máximo que se establece por aula; para la cantidad de participantes mencionada se utilizó 1000 mL de cada formulación (tratamiento).

Se trabajó con cantidades proporcionales de acuerdo a lo propuesto, a cada participante se le proporcionó una cantidad de 10 mL de cada una de las formulaciones en vasos de propileno pequeños, previamente se indicó a cada uno de los participantes que degustaran las cuatro bebidas y que entre cada una de las bebidas bebiera un sorbo de agua, con el fin de neutralizar el sabor anterior.

Cabe resaltar que en este experimento se utilizó solo una prueba de ordenamiento con las cuatro formulaciones codificadas de manera estructurada solicitándoles a los panelistas que marquen con una X en la calificación proporcionada en la hoja guía en un rango del 1 al 5, para establecer las pruebas de aceptabilidad en cuanto a sabor, color y textura.

### 3.5 Diseño experimental

En esta investigación se empleó un diseño completamente al azar (DCA), en el cual se consideraron cuatro tiempos diferentes a los que se sometió a cocción las semillas; detallándose de la siguiente manera: sin cocción como tratamiento testigo ( $t_0$ ); 10 minutos ( $t_1$ ), 20 minutos ( $t_2$ ), 30 minutos ( $t_3$ ) cada uno con tres repeticiones en las que se evaluaron diferentes variables de respuesta, como se puede apreciar en la Tabla 2.

*Tabla 2. Esquema del Diseño completamente al azar (DCA).*

<b>Tratamientos</b>	<b>Tiempo de cocción.</b>	<b>Repeticiones</b>	<b>Unidad Experimental/ mL</b>	<b>mL / tratamiento</b>
$t_0$	Sin cocción	3	200	600
$t_1$	10 minutos	3	200	600
$t_2$	20 minutos	3	200	600
$t_3$	30 minutos	3	200	600
<b>TOTAL</b>		12	800	2400

*Fuente:* Autora (López, 2022).

### 3.6 Métodos específicos de la especialidad a emplear en la investigación

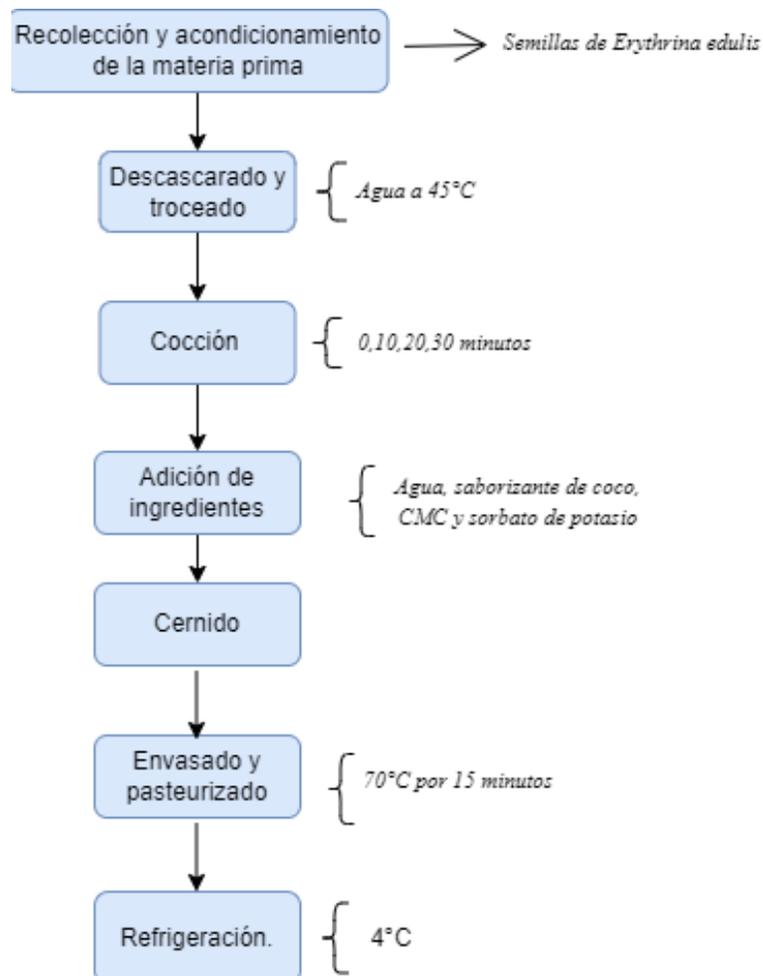
Para el desarrollo de la bebida funcional, se utilizaron 5kg de semillas de *Erythrina edulis* obtenidas del cantón Morona Santiago, las mismas que fueron extraídas de la vaina que las contenía, luego fueron lavadas con agua fría, y se desinfectaron con una solución de hipoclorito de sodio al 0,1% para su posterior pelado (descascarado) con agua a 45°C. ya que la delgada cáscara que cubre a de la semilla al ser de color marrón durante el proceso de cocción puede alterar las características de aceptabilidad del producto final.

Para la cocción se evaluaron cuatro tiempos diferentes (0, 10, 20 y 30 minutos), una vez transcurrido el tiempo de cocción para cada tratamiento se procedió al licuado y adición de ingredientes (70% agua, 20% semillas de chachafruto, 8% azúcar blanca, 1% de CMC como estabilizante, 1% sorbato de potasio como conservante y gotas de saborizante de coco).

Seguidamente al filtrado de la preparación, luego al envasado en frascos estériles de 200mL para continuar con el proceso de pasteurización (a 60°C durante 15 minutos) y finalmente se conservaron las muestras en refrigeración para su posterior análisis en el laboratorio.

Los ensayos como parte del proceso experimental se los llevó a cabo en los laboratorios de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

A continuación, en la figura 4 se presenta el resumen del proceso para la obtención de la bebida funcional.



**Figura 4.** Proceso para la obtención de la bebida funcional de *Erythrina edulis*.

*Fuente:* Autora (López, 2022)

### 3.7 Análisis estadístico

El análisis se llevó a cabo utilizando el programa InfoStat 2020 para análisis de datos; con el objeto de medir el efecto de la cocción sobre la calidad de la bebida funcional se utilizó el análisis de varianza ANOVA para analizar los cocientes de las varianzas y poder probar la hipótesis de igualdad o desigualdad entre las medias de los 4 tratamientos propuestos, las fuentes de variación principales fueron atribuidas a los tratamientos y al error.

***H<sub>0</sub>=Hipótesis nula***

$\mu_{T1} = \mu_{T2} \text{ ó } \mu_{Tk} = 0$  (El factor no tiene efecto)

***H<sub>a</sub>=Hipótesis alternativa***

$\mu_{T1} \neq \mu_{T2} \text{ ó } \mu_{Tk} \neq 0$  (El factor tiene efecto)

Además, se determinaron las variables respuesta que se indica a continuación: pH, sólidos totales, proteína Minerales, extracto etéreo, sólidos solubles, macro minerales Calcio, fósforo, sodio, fibra y digestibilidad *in vitro*, como se aprecia en la Tabla 3

***Tabla 3: Esquema del ADEVA del experimento.***

<b>Fuente de variación</b>		<b>Grados de libertad</b>
Total	(n-1)	11
Tratamiento	(t-1)	3
Error	(n-1) -(t-1)	8
n	(t*r)	12

***Fuente:*** Autora (López, 2022)

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Los resultados obtenidos para los análisis físico químicos de la bebida funcional se detallan a continuación en la Tabla 4.

*Tabla 4. Parámetros físico-químicos analizados en la bebida funcional a base de semillas de chachafruto (Erythrina edulis).*

Parámetros	Tiempos de cocción				E.E.
	0 min (t <sub>0</sub> )	10 min (t <sub>1</sub> )	20 min (t <sub>2</sub> )	30 min (t <sub>3</sub> )	
Sólidos totales (%)	9,94d	10,71c	11,23b	11,87a	0,230
Minerales (%)	1,09c	1,17c	1,40b	1,78a	0,050
Proteína (%)	2,93a	2,61b	2,25c	2,21c	0,050
Extracto etéreo (%)	0,43a	0,41a	0,38a	0,37a	0,010
ELN (%)	5,21c	6,24b	6,89a	7,17a	0,340
Fibra (%)	0,28a	0,28a	0,31a	0,34a	0,004
pH	5,90a	5,90a	5,77a	5,83a	0,050
Sólidos solubles °Brix	6,43b	6,53b	7,07a	7,37a	0,110

*Fuente:* (Autora, López, 2022)

Programa empleado InfoStat 2020

Prob. Probabilidad

EE: Error Estándar

Prob. >0,05: no existen diferencias significativas.

Prob. < 0,05: existen diferencias significativas.

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p>0,05)

## 4.1 Discusión de resultados.

### 4.1.1 Sólidos totales

A continuación, en la tabla 5 se presenta el ADEVA para sólidos totales según el tiempo de cocción:

*Tabla 5. ADEVA para sólidos totales según los tiempos de cocción*

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	6,02	3	2,01	68,87	<0,0001
Tratamientos	6,02	3	2,01	68,87	<0,0001
Error	0,23	8	0,03		
Total	6,25	11			
<b>CV 0,96</b>	<b>1,56</b>				

S.C: suma de cuadrados GL: grados de libertad CM: cuadrado medio CV: coeficiente de variación

*Fuente:* (Autora, López, 2022)

En los datos obtenidos para el ADEVA para el contenido de sólidos totales se aprecia diferencias significativas y el coeficiente de variación, demuestra que es confiable pues de 100 observaciones, el 1,56% van a ser diferentes y el 98.44% de observaciones serán confiables es decir corresponden a valores iguales para todos los tratamientos obtenidos de acuerdo a la variable sólidos totales, lo cual refleja la precisión con la que fue desarrollado el ensayo y la aceptación del porcentaje en función del control que el investigador tiene sobre el experimento, y al existir diferencias se requiere aplicar la prueba de Tukey al 5%.

*Tabla 6. Prueba de Tukey al 5% para sólidos totales según los tiempos de cocción*

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
t <sub>3</sub>	11,87	3	0,10	A
t <sub>2</sub>	11,23	3	0,10	B
t <sub>1</sub>	10,71	3	0,10	C
t <sub>0</sub>	9,94	3	0,10	D

*Fuente:* (Autora, López, 2022)

En la bebida funcional se registra que para el contenido de sólidos totales, existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos donde el tratamiento  $t_3$ , presentan el porcentaje más alto, correspondiente a 11,87 %, mientras que el valor más bajo corresponde al tratamiento testigo  $t_0$  con un 9,94 %; es decir; el tiempo de cocción de las semillas de *Erythrina edulis*, influyen de manera directa en el contenido de sólidos totales de la bebida funcional, relacionándose de manera directa con los tiempos de cocción aceptando la hipótesis alternativa  $H_1$  y rechazando la hipótesis nula  $H_0$ .

Finalmente según lo muestra la ecuación lineal  $y = 0,0631x + 9,9922$ , a mayor tiempo de cocción se incrementa también la cantidad de sólidos totales en el producto final debido principalmente a una mayor solubilización de los compuestos orgánicos en la matriz acuosa final, lo cual se puede apreciar con el elevado coeficiente de correlación mostrado en el gráfico.

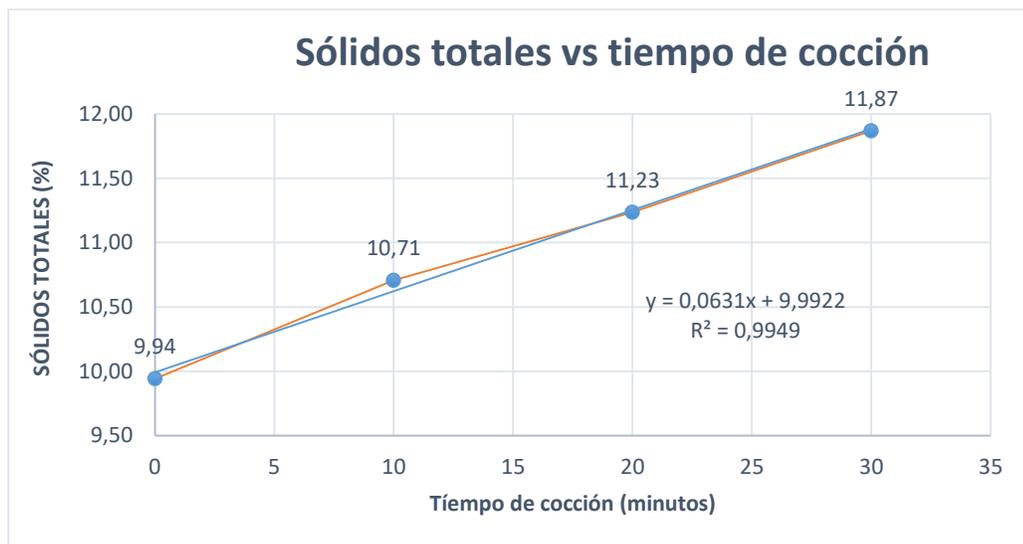


Figura 5. Sólidos totales vs tiempo de cocción de las semillas de chachafruto (*Erythrina edulis*).

De acuerdo a la norma (INEN, 2017) para bebidas no carbonatadas, el porcentaje máximo de sólidos totales a la que debe llegar una bebida es de 15% , siendo el 11,87% un valor que se encuentra en los límites establecidos por la normativa, además de ello en el estudio realizado por (David & Cardona, 2019) donde se plantea la inclusión de

almidón de camote modificado se reportan valores de hasta 13,40% de sólidos, valores mayores a los obtenidos en este estudio considerando la materia prima empleada, por otra parte según el estudio llevado a cabo por (Espinoza Córdova et al., 2021) en donde emplea harina de *Erythrina edulis* para la formulación de una bebida proteica con sabor a chocolate reporta también valores cercanos al 13,01%. Podemos considerar de manera general que los valores de sólidos son cercanos a los estudios referenciales y además cumplen con la Normativa Ecuatoriana Vigente.

#### 4.1.2 Minerales.

En la tabla 7 se describe el ADEVA para el contenido de minerales de la bebida.

*Tabla 7. ADEVA para minerales según los tiempos de cocción*

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	0,87	3	0,29	43,18	<0,0001
Tratamientos	0,87	3	0,29	43,18	<0,0001
Error	0,05	8	0,01		
<b>Total</b>	<b>0,93</b>	<b>11</b>			
<b>CV</b>	<b>6,94</b>				

**S.C:** suma de cuadrados    **GL:** grados de libertad  
**CM:** cuadrado medio    **CV:** coeficiente de variación  
**Fuente:** (Autora, López, 2022)

Los resultados obtenidos para la variable minerales en el ADEVA muestran que el coeficiente de variación, es confiable pues del total de observaciones el 6,04% presentará variación mientras que el 93.96% de resultados serán valores iguales para los tratamientos obtenidos de acuerdo a la variable analizada, lo cual refleja la precisión con la que se desarrolló el experimento y al apreciar diferencias significativas se aplica la prueba de Tukey al 5%.

**Tabla 8. Prueba de Tukey al 5% para minerales según los tiempos de cocción**

<u>Tratamientos</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E</u>	<u>.</u>
T3	1,78	3	0,05	A
T2	1,40	3	0,05	B
T1	1,17	3	0,05	C
T0	1,09	3	0,05	C

**Fuente:** (Autora, López, 2022)

En cuanto al contenido de minerales, se registraron diferencias significativas entre los tratamientos según el test de Tukey, por lo cual rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, determinando la influencia de la cocción sobre el contenido de minerales.

El tratamiento  $t_3$  presentan el porcentaje más alto de minerales 1,78 % y valor más bajo lo representa el tratamiento testigo  $t_0$  con un valor de 1,09 %. Estos valores son comparables a los reportados por (García-Alanis et al., 2019); donde se aprecia un porcentaje de 1,22% de cenizas en el frejol cocido expresado en base húmeda, se realiza esta comparación por tratarse de leguminosas.

El incremento en la concentración de minerales se explica por el efecto de la cocción; estimando de esta manera una relación directa entre estos parámetros según lo muestra la ecuación lineal  $y = 0,0231x + 1,013$ .

El efecto de la evaporación del agua conforme se incrementa el tiempo de cocción, y la dureza del agua empleada corroboran los valores hallados, finalmente en el estudio llevado a cabo por (Carvajal et al., 2013) se reportan valores de minerales de 1,5% contenidos en la harina de chachafruto; ambos estudios poseen resultados comparables a los hallados en la presente investigación experimental.

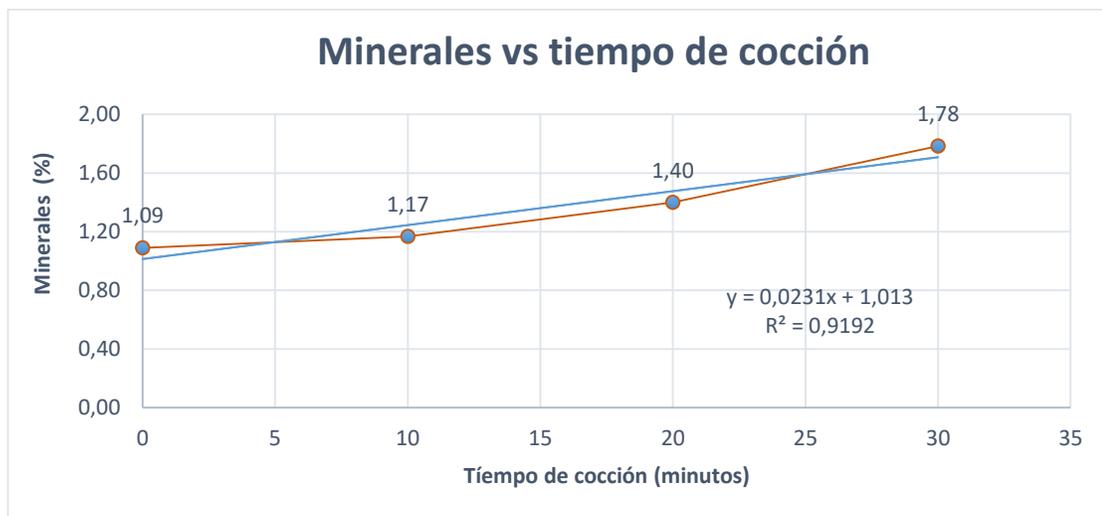


Figura 6. Minerales vs tiempo de cocción de las semillas de chachafruto (*Erythrina edulis*).

#### 4.1.3 Proteína.

En la tabla 9 se muestra el ADEVA para el contenido de proteína según el tiempo de cocción de la semilla.

Tabla 9. ADEVA para la proteína según los tiempos de cocción.

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	1,04	3	0,35	56,03	<0,0001
Tratamientos	1,04	3	0,35	56,03	<0,0001
Error	0,05	8	0,01		
<b>Total</b>	<b>1,09</b>	<b>11</b>			
<b>CV</b>	<b>3,14</b>				

S.C: suma de cuadrados      GL: grados de libertad  
 CM: cuadrado medio      CV: coeficiente de variación  
 Fuente: (Autora, López, 2022)

Según los resultados obtenidos en el ADEVA el coeficiente de variación, se lo considera confiable pues del total de observaciones el 3,14% presentará variación mientras que el 96,86% de resultados serán cercanos o iguales a la media para los tratamientos obtenidos de acuerdo a la variable proteína, lo cual refleja la precisión con la que se

llevó a cabo el experimento y se requiere realizar la prueba de Tukey al 5% por apreciarse diferencias significativas.

**Tabla 10. Prueba de Tukey al 5% para proteína según los tiempos de cocción**

<u>Tratamientos</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
t <sub>0</sub>	2,93	3	0,05 A
t <sub>1</sub>	2,61	3	0,05 B
t <sub>2</sub>	2,25	3	0,05 C
t <sub>3</sub>	2,21	3	0,05 C

**Fuente:** (Autora, López, 2022)

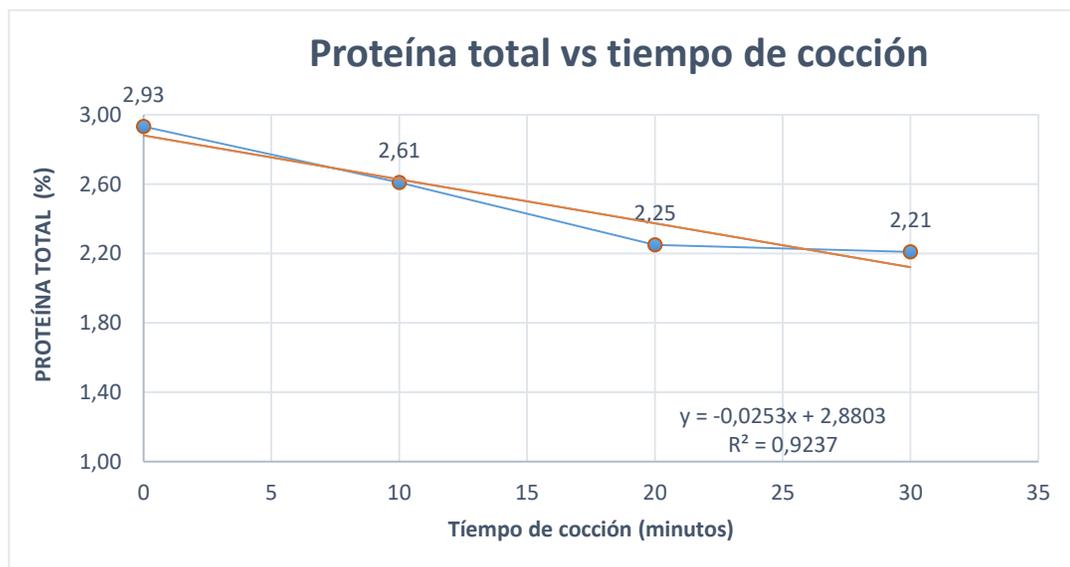
El tiempo de cocción de las semillas de *Erythrina edulis*, influyen en el contenido de proteína determinada por el método Kjeldahl cuantificado en la bebida funcional y presenta diferencias significativas entre los tratamientos para un nivel de confianza del 95 %, en donde se analiza que se rechaza la H<sub>0</sub> y se acepta la H<sub>1</sub> con respecto a la variable proteína denotando la influencia del tiempo de cocción sobre esta variable.

La relación de los parámetros es inversa, ya que a menor tiempo de cocción mayor porcentaje de proteína bruta según se puede evidenciar en la ecuación  $y = -0,0253x + 2,8803$ , que muestra una pendiente negativa, la reducción es evidente por la presencia de compuestos nitrogenados en las semillas y dichos componentes se consideran como factores antinutricionales que además poseen nitrógeno no proteico, son propios de las leguminosas y algunos poseen características termolábiles; en el estudio reportado por (Espinoza Córdova et al., 2021). Se encuentran valores de 17,13% de proteína en la harina de *Erythrina edulis* y si realizamos la conversión numérica a base fresca tendremos un valor de 2,27% lo cual es bastante similar a los valores hallados en la bebida.

Por otra parte en el estudio realizado por (Bedoya et al., 2012) señala que a partir de la obtención de un extracto proteico de esta semilla se aprecia un predominio de la fracción de glutelinas en la harina de chachafruto con 13,89%, seguida de la fracción de albúminas con un 11,52%, todos expresados en base seca, en otro estudio publicado

por (Palma-Albino et al., 2021) menciona que las fracciones de albúmina son una fuente promisoría de péptidos multifuncionales de alto valor en la formulación de nutracéuticos para la promoción de la salud y trastornos crónicos asociados al estrés oxidativo, hipertensión y alteraciones metabólicas.

La funcionalidad de la proteína hallada en la bebida es importante, considerando la bioactividad que presentan las globulinas y las prolaminas de esta semilla, centrándose en el aprovechamiento de su proteína como agente antioxidante; es así que demuestra que de manera general posee actividad antioxidante e inhibitoria de la ECA (Enzima convertidora de angiotensina) según el estudio realizado por (Velásquez, 2019) tanto en harina, concentrado e hidrolizado de Erythrina presentando nula actividad citotóxica, por lo cual podría utilizarse como un suplemento alimentario que contribuya a la prevención y tratamiento enfermedades relacionadas con el estrés oxidativo, péptidos de secuestrar radicales libres como de formar complejos con los iones metálicos que catalizan las reacciones de los mismos, además, impiden que otras moléculas se unan a especies reactivas del oxígeno, al interactuar más rápido, es decir, el péptido actúa cediéndole un electrón al radical libre una vez que se colisionan



**Figura 7. Proteína total vs tiempo de cocción de las semillas de chachafruto (*Erythrina edulis*).**

Por tal razón es necesario eliminar o reducir la actividad de los factores antinutricionales mediante la cocción para poder incrementar la disponibilidad de la proteína y de los nutrientes en general; la termolabilidad de algunos de estos factores antinutritivos como lo son los inhibidores de las proteasas y las lecitinas, justifican la reducción del contenido de proteína bruta valorado por el método Kjeldahl que se evidencia en los tratamientos t2 y t3, cabe mencionar también que en los tratamientos térmicos se induce a la formación de enlaces covalentes isopeptídicos, reacciones de Maillard, oxidación de aminoácidos y desaminación.

Finalmente, según un estudio llevado a cabo por (Briones Bermúdez, 2011) menciona que la cocción es la mejor alternativa para elevar la calidad nutritiva de las leguminosas y para facilitar una utilización efectiva de estas como sustratos alimentarios potenciando su capacidad nutricional y funcional.

#### 4.1.4 Extracto etéreo.

En la tabla 11 se muestra el ADEVA para el extracto etéreo según el tiempo de cocción.

*Tabla 11. ADEVA para extracto etéreo según los tiempos de cocción*

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	0,01	3	2,4E-03	1,64	0,2558
Tratamientos	0,01	3	2,4E-03	1,64	0,2558
Error	0,01	8	1,4E-03		
Total	0,02	11			
<b>CV</b>	<b>9,55</b>				

S.C: suma de cuadrados    GL: grados de libertad  
 CM: cuadrado medio    CV: coeficiente de variación  
 Fuente: (Autora, López, 2022)

La confiabilidad del método se determinó utilizando el coeficiente de variación en la variable extracto etéreo donde se denota confiabilidad, pues de 100 observaciones, el 9,55% van a ser diferentes y el 90,45% de observaciones serán valores similares para todos los tratamientos obtenidos de acuerdo a la variable de grados Extracto etéreo, lo

que refleja la precisión con la que fue desarrollado el experimento y la aceptación del porcentaje en función del control del investigador sobre el ensayo.

Los resultados obtenidos en la bebida funcional de *Erythrina edulis* denotan que no existe diferencias estadísticamente significativas entre todos los tratamientos para un nivel de confianza del 95 %, por lo que se concluye que se acepta la H0 y se rechaza la H1 con respecto a la variable Extracto etéreo, es decir no hay influencia del tiempo de cocción sobre este parámetro; por tal razón no es necesario aplicar la prueba de significación de Tukey al 5%.

La ecuación de la recta  $y = -0,0022x + 0,43$  indica la relación entre el tiempo de cocción y el extracto etéreo; la bebida proporciona un bajo contenido de grasa, debido principalmente a que no se utilizó otra fuente de lípidos de tipo animal o vegetal además de la semilla, los valores son mayores a los reportados por (Espinoza Córdova et al., 2021) en donde se aprecia un porcentaje de 0,22% de este parámetro solo en la harina de chachafruto, esto puede deberse principalmente al tipo y a la procedencia de la semilla utilizada en el estudio.

Por otra parte en el estudio llevado a cabo por (Martínez-Cervantes et al., 2019) hace mención a que las leguminosas poseen valores de grasa menores a 3% a excepción de la soya, considerándose como un parámetro de gran importancia en la industrialización, ya que se asegura en lo posterior el incremento en el tiempo de vida útil del producto debido a que no se producirán reacciones de degradación y alteración por oxidación lipídica.

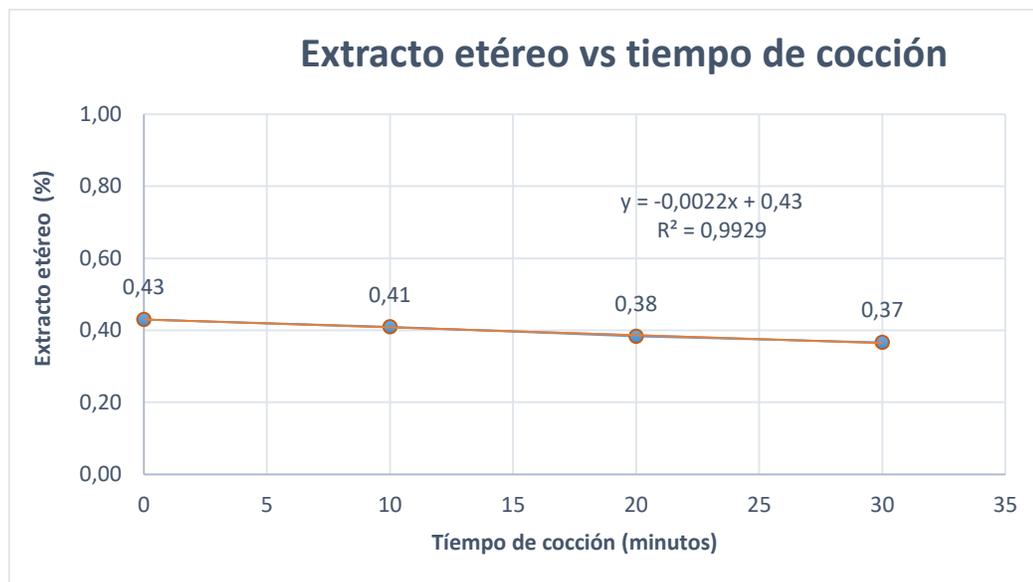


Figura 8. Extracto etéreo vs tiempo de cocción de las semillas de chachafruto (*Erythrina edulis*).

#### 4.1.5 Extracto libre de nitrógeno (ELN).

En la tabla 12 se muestra el ADEVA para el ELN de acuerdo a los diferentes tiempos de cocción.

Tabla 12. ADEVA para ELN según los tiempos de cocción

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	6,82	3	2,27	53,64	<0,0001
Tratamientos	6,82	3	2,27	53,64	<0,0001
Error	0,34	8	0,04		
<b>Total</b>	<b>7,16</b>	<b>11</b>			
<b>CV</b>	<b>3,23</b>				

S.C: suma de cuadrados GL: grados de libertad

CM: cuadrado medio CV: coeficiente de variación

Fuente: (Autora, López, 2022)

Según los resultados obtenido en el ADEVA el coeficiente de variación, se lo considera confiable pues del total de observaciones el 3,23% presentará variación mientras que el 96,77% de resultados serán cercanos o iguales a la media para los tratamientos obtenidos, lo cual refleja la precisión con la que se llevó a cabo el experimento y se requiere realizar la prueba de Tukey al 5% por apreciarse diferencias significativas

**Tabla 13. Prueba de Tukey al 5% para ELN según los tiempos de cocción.**

<u>Tratamientos</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
t <sub>3</sub>	7,17	3	0,12 A
t <sub>2</sub>	6,89	3	0,12 A
t <sub>1</sub>	6,24	3	0,12 B
t <sub>0</sub>	5,21	3	0,12 C

*Fuente:* (Autora, López, 2022)

En este estudio en relación al contenido de ELN existe diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos para un nivel de confianza del 95 %, por lo que se concluye que se rechaza la H<sub>0</sub> y se acepta la H<sub>1</sub> denotando que existe influencia del tiempo de cocción sobre el ELN, el valor de t<sub>3</sub> correspondiente a 7,17% en comparación al tratamiento testigo es mayor t<sub>0</sub> 5,21% lo cual indica que la concentración de carbohidratos en la bebida se ve afectada por el tiempo de cocción

Siguiendo una relación lineal representada por la ecuación  $y = 0,0652x + 5,3989$ , n el estudio reportado por (Espinoza Córdova, 2018) se determinan valores de 7,9% muy similares a los obtenidos, esto se debe principalmente al aporte de componentes tipo almidón presentes en la semilla, además por el proceso de cocción se favorece hidrólisis de ciertos carbohidratos complejos e incluso por el aporte de sacarosa en la bebida como parte de los ingredientes para la formulación justifica este valor.

Por otra parte, en el estudio llevado a cabo por (David & Cardona, 2019) se identifican valores de 10% debido a la adición de almidón de camote, finalmente el compendio publicado por (Fernando & Yepes, 2019) reporta valores de 6% en almidones en las semillas (en base fresca), es decir cercanos al 60% en materia seca convirtiéndose en materia primas óptimas para ser usadas en la alimentación humana o animal aportando significativamente con la producción energética.

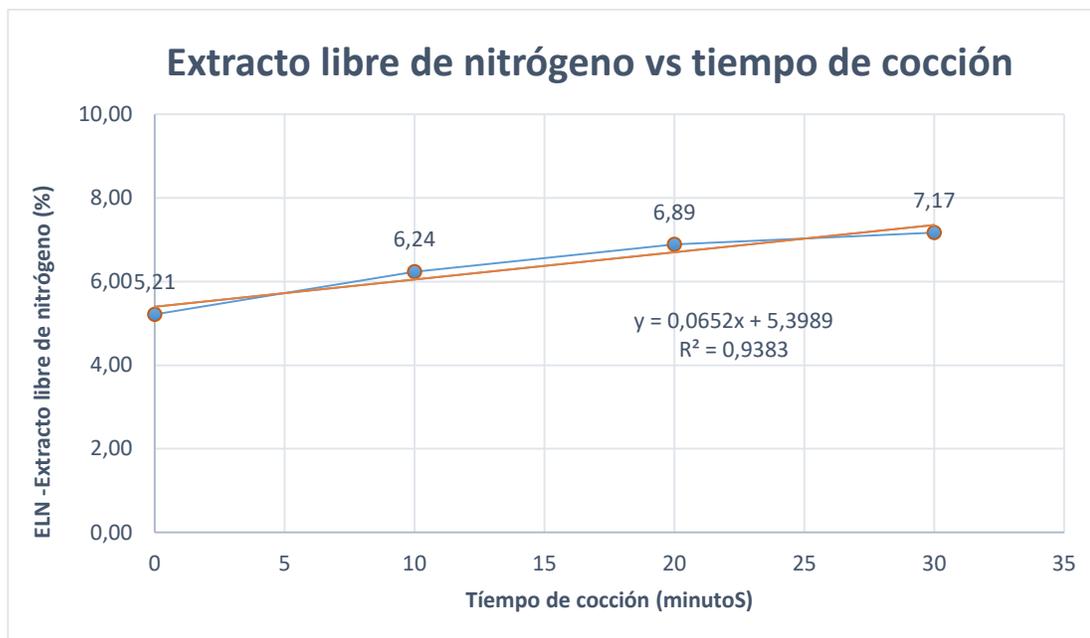


Figura 9. ELN vs tiempo de cocción de las semillas de chachafruto (*Erythrina edulis*).

#### 4.1.6 Fibra total

La tabla 14 muestra el ADEVA para fibra total en la bebida.

Tabla 14. ADEVA para fibra total según los tiempos de cocción

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	0,01	3	2,5E-03	4,22	0,0459
Tratamientos	0,01	3	2,5E-03	4,22	0,0459
Error	4,7E <sup>-03</sup>	8	5,9E-04		
<b>Total</b>	<b>0,01</b>	<b>11</b>			
<b>CV</b>	<b>8,04</b>				

S.C: suma de cuadrados GL: grados de libertad  
 CM: cuadrado medio CV: coeficiente de variación  
 Fuente: (Autora, López, 2022)

El ADEVA para la fibra no muestran diferencias significativas, entre los tratamientos y el coeficiente de variación denota confiabilidad, pues muestra que de 100 observaciones el 8,04% van a ser diferentes y el 91,96% de observaciones serán valores

similares para todos los tratamientos obtenidos de acuerdo a la variable de Extracto etéreo, lo que refleja la precisión con la que fue desarrollado el ensayo y la aceptación del porcentaje en función del control del investigador sobre el experimento, se concluye que se acepta la H0 y se rechaza la H1 con respecto a esta variable y no se requiere realizar la prueba de Tukey, pues no hay efecto de la cocción sobre el contenido de fibra total.

El tratamiento t<sub>3</sub>, posee el porcentaje más alto de fibra, seguido por el t<sub>2</sub>, t<sub>1</sub> y t<sub>0</sub>, siendo estos: 0,34; 0,31; 0,28; 0,28 respectivamente, la relación es de tipo lineal y se encuentra representada por la ecuación  $y = 0,0022x + 0,27$ , el contenido de fibra en la bebida láctea desarrollada a base de zanahoria blanca corresponde a 3,12% según lo reportado por (García M & Pacheco-Delahaye, 2010), dicho valor es mayor en comparación a la bebida de chachafruto, esto se justifica por cuanto en nuestra formulación se empleó la semilla descascarada para mantener una coloración clara y no obscurecer el producto final; la inclusión de fibra aporta carbohidratos complejos tanto como parte de la fibra soluble e insoluble, lo que significa que se digieren lentamente, ayudando de esta manera a proporcionar una sensación de saciedad.

Finalmente en el estudio publicado por (Vázquez-Frias et al., 2020) se menciona la presencia de varios compuestos funcionales que pueden encontrarse en legumbres como la soya, al igual que varias ventajas y desventajas de su uso en la alimentación humana, como su sustitución para consumo en casos de intolerancia a la lactosa principalmente.

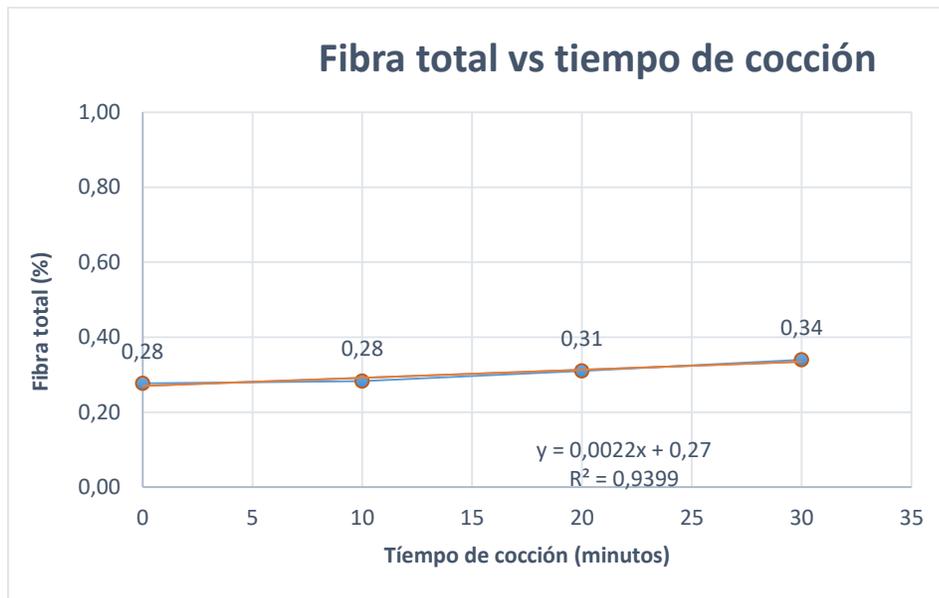


Figura 10. Fibra total vs tiempo de cocción de las semillas de chachafruto (*Erythrina edulis*).

#### 4.1.7 pH

La tabla 15 muestra el ADEVA para el pH en función de los diferentes tiempos de cocción.

Tabla 15. ADEVA para el pH según los tiempos de cocción

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	0,04	3	0,01	1,83	0,2192
Tratamientos	0,04	3	0,01	1,83	0,2192
Error	0,05	8	0,01		
<b>Total</b>	<b>0,09</b>	<b>11</b>			
<b>CV</b>	<b>1,19</b>				

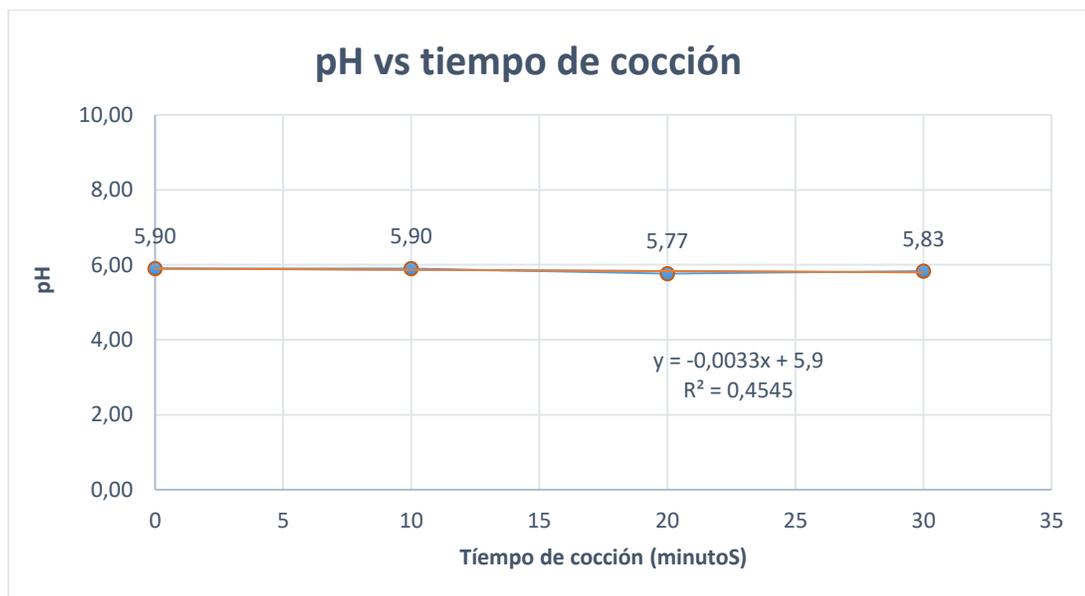
S.C: suma de cuadrados GL: grados de libertad  
 CM: cuadrado medio CV: coeficiente de variación  
 Fuente: (Autora, López, 2022)

El coeficiente de variación denota confiabilidad, pues muestra que de 100 observaciones apenas el 1,19% van a ser diferentes mientras que el 98,44% serán valores similares para todos los tratamientos obtenidos de acuerdo a la variable de pH,

lo que refleja la precisión con la que fue desarrollado el trabajo y la aceptación del porcentaje en función del control del investigador sobre el experimento.

Como no existen diferencias significativas, entre los tratamientos se acepta la  $H_0$  y se rechaza la  $H_1$  con respecto a esta variable por lo cual no se requiere la aplicación de la prueba de Tukey al 5%.

Los valores de pH varían entre 5,80-5,90%, este valor es mayor al reportado por (Salamanca G. et al., 2010) que corresponde a 4.9 por cuanto es una bebida a base de borjón que es un fruto con elevada acidez, por otra parte (Sandoval et al., 2021) en su publicación para formulación biopelículas con almidón de chachafruto reporta valores cercanos a 5,5 en el almidón de la semilla total, lo cual coincide con nuestro estudio; el pH no cambia significativamente durante el almacenamiento y siguen una función lineal determinada por  $y = -0,0033x + 5,9$  ; este valor supondría reducciones si se presentarían reacciones fermentativas debidas a los procesos de lipólisis y proteólisis que ocurren durante las primeras semanas del desarrollo de los productos y por las características mostradas por la bebida es poco probable su reducción.



**Figura 11.** pH vs tiempo de cocción de las semillas de chachafruto (*Erythrina edulis*).

#### 4.1.8 Grados Brix

En la tabla 16 se resume el ADEVA para la variable Sólidos solubles expresado en grados Brix.

*Tabla 16. ADEVA para sólidos solubles (Brix) según los tiempos de cocción*

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	1,76	3	0,59	44,08	<0,0001
Tratamientos	1,76	3	0,59	44,08	<0,0001
Error	0,11	8	0,01		
Total	1,87	11			
<b>CV</b>	<b>1,69</b>				

S.C: suma de cuadrados    GL: grados de libertad  
 CM: cuadrado medio    CV: coeficiente de variación  
*Fuente:* (Autora, López, 2022)

Los resultados obtenidos para los sólidos solubles muestran diferencias significativas, entre los tratamientos y el coeficiente de variación denota confiabilidad, pues indica que de 100 observaciones el 1,69% van a ser diferentes y el 98,31% de observaciones serán valores similares para todos los tratamientos obtenidos de acuerdo a esta variable, lo que refleja la precisión con la que fue desarrollado el experimento y se requiere el test de Tukey al 5%

*Tabla 17. Prueba de Tukey al 5% para sólidos solubles (Brix) según los tiempos de cocción*

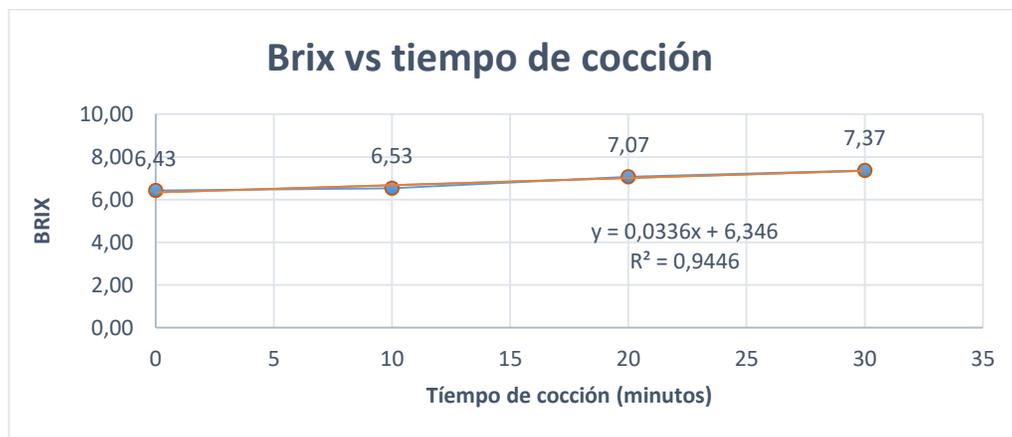
<u>Tratamientos</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
t <sub>3</sub>	7,37	3	0,07 A
t <sub>2</sub>	7,07	3	0,07 A
t <sub>1</sub>	6,53	3	0,07 B
t <sub>0</sub>	6,43	3	0,07 B

*Fuente:* (Autora, López, 2022)

Para un nivel de confianza del 95 %, existen diferencias significativas por lo que se rechaza la H0 y se acepta la H1 con respecto a esta variable según la prueba de Tukey, concluyendo que existe influencia del tiempo de cocción sobre el contenido de sólidos solubles.

El  $t_3$  (7,37°Brix) reporta el valor más alto, observándose que a medida que aumenta el tiempo de cocción, se incrementa el contenido de sólidos solubles y siguen relación lineal determinada por la ecuación  $y = 0,0336x + 6,346$ , datos obtenidos en la investigación realizada por (Ramirez, 2019) reporta valores que sobrepasan los 11°Brix considerando que la formulación se realizó a base de leche y garbanzo.

Finalmente (López, 2021) indica que en su investigación donde formula un bebida saborizada con extracto de chocho y goma xanthan los valores están comprendidos entre 8 y 9 °Brix debido al porcentaje de adición de sacarosa en la bebida; lo cual coincide con lo reportado en la presente investigación, considerando que se adicionó un 8% de sacarosa en la fórmula y el incremento de este valor en los tratamientos  $t_2$  y  $t_3$  podrían deberse a la reducción de agua durante la cocción prolongada concentrado de esta manera diferentes nutrientes.



**Figura 12.** Brix vs tiempo de cocción de las semillas de chachafruto (*Erythrina edulis*).

A continuación, en la Tabla 20 se presentan los resultados obtenidos para el contenido de macrominerales en la bebida funcional

**Tabla 18. Macrominerales analizados en la bebida funcional a base de semillas de chachafruto (*Erythrina edulis*).**

Parámetros	Tiempos de cocción				E.E.
	0 min (t <sub>0</sub> )	10 min (t <sub>1</sub> )	20 min (t <sub>2</sub> )	30 min (t <sub>3</sub> )	
Calcio (mg/g)	62,67b	67,33a	66,33a	69,33a	0,78
Fósforo (mg/g)	30,33c	34,33b	39,67a	40,33a	0,53
Sodio (mg/g)	15,67a	14,00a	15,00a	16,00a	0,97

**Fuente:** (Autora, López, 2022)

Programa empleado INFOSTAT 2020

Prob. Probabilidad

EE: Error Estándar

Prob. >0,05: no existen diferencias significativas.

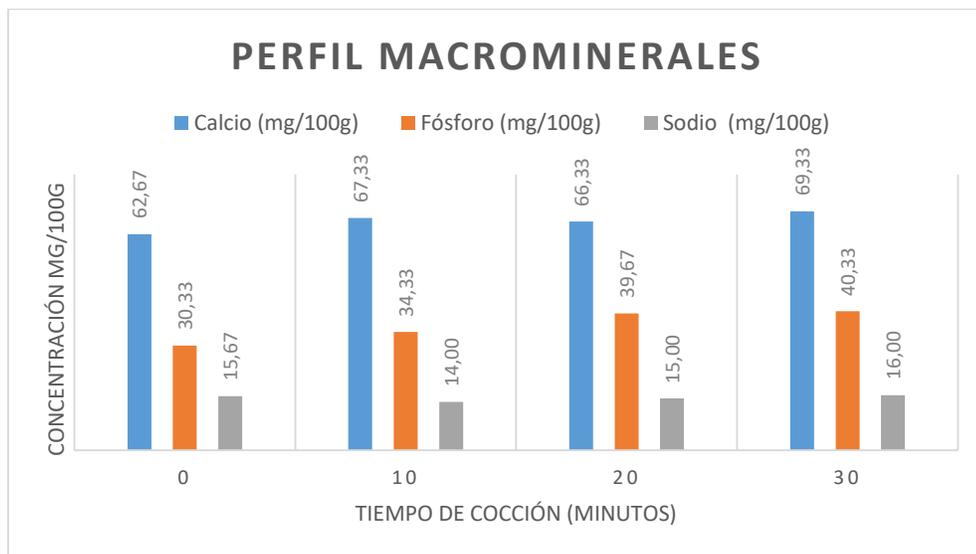
Prob. < 0,05: existen diferencias significativas.

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p>0,05)

#### **4.1.9 Macrominerales (calcio, fósforo y sodio)**

Los macrominerales juegan un importante rol en la alimentación por cuanto se los requiere como parte del control del procesos biológicos, para el caso del calcio se presenta un incremento en su concentración, evidenciando para un nivel  $p < 0,05$  diferencias significativas entre los tratamientos, siendo el t<sub>3</sub> el que presenta un valor más elevado (29,33mg/L), para el Fósforo también se registran diferencias significativas entre los tratamientos siendo el mayor el presentado por el t<sub>3</sub> (40,33mg/L) finalmente el sodio no presenta diferencias significativas entre tratamientos. Según lo descrito por (Espinoza Córdova et al., 2021) quien estudia la harina de chachafruto, en los granos reporta un valor de 118.8 mg/100 g, mientras que el contenido de fósforo 884.7 mg/100 g, resaltando su importancia como alternativa de consumo y además recomienda su incorporación dentro de la dieta de la población por medio de productos transformados como harinas precocidas, galletas, panes entre otros.

Por otra parte (García M & Pacheco-Delahaye, 2010) muestran valores de 25,52mg/100g para el calcio, y 9,07mg/100g en la bebida formulada a base de zanahoria blanca, mientras que en el estudio realizado por (Silva Gama, 2020) se reportan valores de 13mg para calcio, 56 mg de fósforo y 20 mg de sodio, lo cual se relaciona con los valores reportados en nuestro estudio; pues si bien es cierto son mayores considerando que son valores hallados en la harina, a excepción del calcio que es mayor porque en las cenizas se determinó su incremento por efecto de la cocción y la dureza del agua utilizada también como parte de la formulación y durante el procesamiento para la obtención de la bebida funcional. Según la Normativa Sanitaria para control de suplementos; la cantidad mínima de cada mineral contenidos por porción diaria de consumo del Suplemento Alimenticio debe ser equivalente al 15% de la ingesta diaria recomendada determinada por la FAO/OMS lo cual se cumple para el calcio.



**Figura 13. Concentración de macrominerales vs tiempo de cocción de las semillas de chachafruto (*Erythrina edulis*).**

En la Tabla 19 se muestran los resultados para la digestibilidad *in vitro* reportados para la bebida funcional expresados como porcentaje.

**Tabla 19. Digestibilidad de la proteína en la bebida funcional a base de semillas de chachafruto (*Erythrina edulis*).**

Parámetros	Tiempos de cocción				E.E.
	0 min (t <sub>0</sub> )	10 min (t <sub>1</sub> )	20 min (t <sub>2</sub> )	30 min (t <sub>3</sub> )	
Digestibilidad <i>in vitro</i> (%)	86,56d	88,63c	89,91b	92,12a	0,78

**Fuente:** (Autora, López, 2022)

#### 4.1.10 Digestibilidad *in vitro* (DIV).

La tabla 20 muestra el ADEVA para Digestibilidad de la proteína.

**Tabla 20. ADEVA para digestibilidad según los tiempos de cocción**

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	48,87	3	16,29	166,91	<0,0001
Tratamientos	48,87	3	16,29	166,91	<0,0001
Error	0,78	8	0,10		
Total	49,65	11			
<b>CV</b>	<b>0,35</b>				

**S.C:** suma de cuadrados    **GL:** grados de libertad  
**CM:** cuadrado medio    **CV:** coeficiente de variación  
**Fuente:** (Autora, López, 2022)

El análisis de ADEVA para digestibilidad *in vitro* de la proteína realizado a diferentes tiempos de cocción permitió establecer que existen diferencias significativas entre los tratamientos y el coeficiente de variación muestra confiabilidad, pues indica que de 100 observaciones solo el 0,35% van a ser diferentes y el 99,65% de observaciones serán valores similares para todos los tratamientos obtenidos de acuerdo a esta variable, lo que refleja también la precisión con la que fue desarrollado el experimento, se requiere aplicar la prueba de Tukey al 5%.

**Tabla 21. Prueba de Tukey al 5% para digestibilidad según los tiempos de cocción**

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
t <sub>3</sub>	92,12	3	0,18	A
t <sub>2</sub>	89,91	3	0,18	B
t <sub>1</sub>	88,63	3	0,18	C
t <sub>0</sub>	86,56	3	0,18	D

*Fuente:* (Autora, López, 2022)

Para un nivel de confianza del 95 %, se aprecian diferencias significativas por lo que se rechaza la H<sub>0</sub> y se acepta la H<sub>1</sub> con respecto a esta variable, evidenciando que el tiempo de cocción influye sobre la digestibilidad de la bebida.

Se evidencia el incremento de este valor de manera progresiva siguiendo una relación lineal de acuerdo a la ecuación  $y = 0,1796x + 86,61$  permitiendo establecer la relación entre la cocción y la digestibilidad del producto. Según el estudio en mezclas extruidas de cereales y leguminosas realizado por (Briones Bermúdez, 2011) reporta un valor de 82% de DIV en una mezcla de maíz y frejol

Por otra parte (García-Alanis et al., 2019) reportan valores de 78% para la lenteja cruda y 77% para la soya cruda y mencionan que el incremento de la temperatura es proporcional a la digestibilidad estimada *in vitro* de las proteínas observándose que los valores aumentaron hasta en un 8% luego de la cocción; principalmente como consecuencia de la destrucción de factores antinutricionales presentes en las leguminosas y además por la desnaturalización de las proteínas lo cual las vuelve más asimilables por el organismo, los valores del presente estudio superan a los encontrados en la bibliografía y puede deberse a diferentes factores como el origen de la materia prima, composición de aminoácidos y biodisponibilidad de compuestos nitrogenados principalmente; este grado de digestibilidad elevado se lo atribuye de manera específica al efecto térmico específicamente sobre la proteína ya que mejora las características de biodisponibilidad.

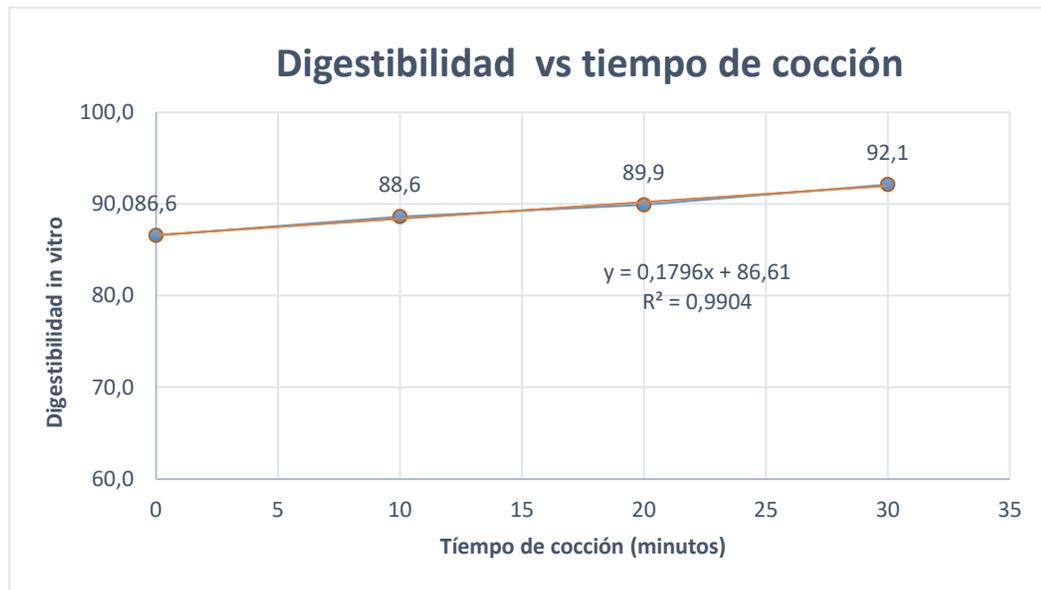


Figura 14. Digestibilidad vs tiempo de cocción de las semillas de chachafruto (*Erythrina edulis*).

#### 4.1.11 Análisis de aceptabilidad

Se evaluó la aceptabilidad para las muestras en estudio sobre las variables sabor, color y textura de manera afectiva en una escala de 1 a 5; donde el 1 corresponde al parámetro “*Me desagrada mucho*” y 5 al parámetro “*Me gusta mucho*” con un total de 80 encuestas realizadas los valores se procesaron de acuerdo a la escala hedónica correspondiente, donde se interpretan los resultados según los puntajes obtenidos como promedio para cada atributo; como se observa en la tabla 22

Tabla 22. Interpretación de la escala hedónica para evaluación de la aceptabilidad.

Puntaje	Interpretación
1	Me desagrada mucho
2	Me disgusta
3	No me gusta ni me disgusta
4	Me gusta
5	Me gusta mucho

Fuente: (Autora, López, 2022)

#### **4.1.11.1 Sabor**

Para el atributo Sabor se determinó el valor más bajo para el tratamiento  $t_0$  ubicándose en la categoría de “No me gusta ni me disgusta” mientras que el tratamiento  $t_3$  presentó el puntaje más elevado correspondiente a la categoría de *Me gusta*, se puede indicar entonces que el producto formulado es aceptable de manera afectiva, de acuerdo a las respuestas de los panelistas, es importante resaltar que no existen puntajes menores y el sabor si mantiene relación con la cocción de la materia prima, pues como es de conocimiento el tratamiento térmico cambia las características organolépticas de las matrices alimentarias sobre las cuales se aplique.

#### **4.1.11.2 Color**

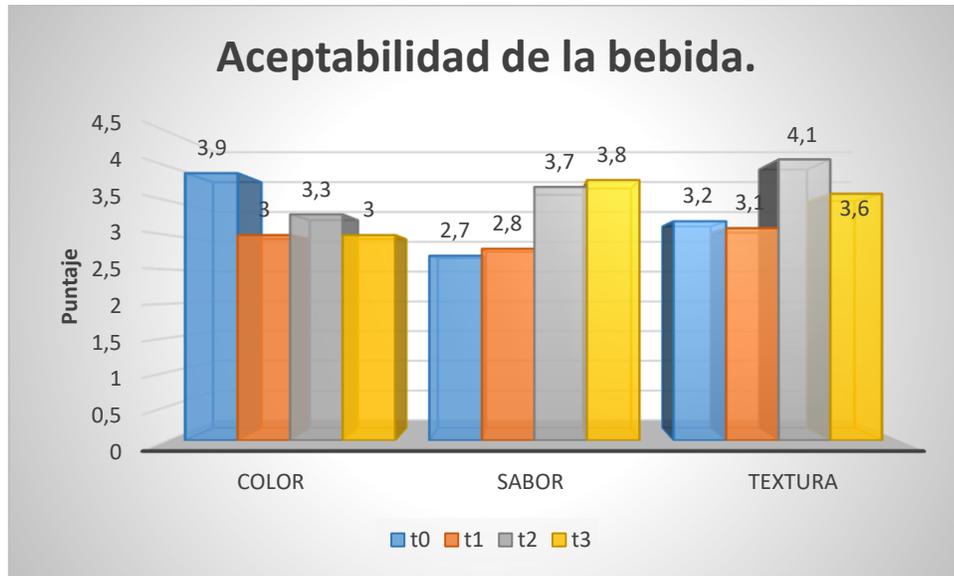
Para el atributo color se determinó el valor más bajo para los tratamientos  $t_1$  y  $t_3$  ubicándose en la categoría de “No me gusta ni me disgusta” mientras que el tratamiento  $t_0$  presentó el puntaje más elevado correspondiente a la categoría “*Me gusta*”, se puede indicar entonces que el producto formulado es aceptable de manera afectiva, de acuerdo a las respuestas de los panelistas, es importante resaltar que la coloración se ve influenciada por las reacciones propias de los tratamientos térmicos en donde se produce el oscurecimiento de diferentes sustratos y posiblemente no resultó con puntajes más altos y que la bebida tenía sabor a coco y se relaciona el sabor con el aroma de la bebida por parte de los panelistas .

#### **4.1.11.3 Textura**

Para el atributo Textura se determinó el valor más bajo para el tratamiento  $t_1$  ubicándose en la categoría de “No me gusta ni me disgusta” mientras que el tratamiento  $t_2$  presentó el puntaje más elevado correspondiente a la categoría “*Me gusta*”, se puede indicar entonces que el producto formulado es aceptable de manera afectiva de acuerdo a las respuestas de los panelistas.

Es importante resaltar que la textura sufre modificaciones debido a la cocción de la materia prima por efecto de la solubilización de componentes en el agua principalmente.

Finalmente en la Figura 15 se muestra un resumen de las características de aceptabilidad aplicas a la bebida.



*Figura 15. Aceptabilidad de acuerdo al color, sabor y textura.*

## CONCLUSIONES

1. Se obtuvo una bebida funcional utilizando la semilla de *Erythrina edulis* como materia prima en un 20%, agua 70%, azúcar 8%, carboximetilcelulosa (CMC) como estabilizante 1%, sorbato de potasio como conservante 1% y saborizante de coco, manteniendo las normas de higiene y aplicando la cocción controlada para garantizar la conservación de componentes nutricionales.
2. El efecto de la cocción muestra diferencias significativas sobre los sólidos totales, minerales, proteína, extracto libre de nitrógeno, brix, calcio, fósforo y digestibilidad *in vitro*, en los cuales se aprecian incrementos de los valores en los tratamientos, a excepción de la proteína donde existe una reducción del valor; mientras que no se observa influencia de la cocción sobre el extracto etéreo, fibra, pH y sodio.
3. Al evaluar las características físico-químicas y funcionales de la bebida funcional se puede establecer al tratamiento  $t_3$  como el adecuado; el mismo que muestra una composición química de 11,87% para sólidos totales; 1,78% de minerales; 2,21% de proteína; 0,37% de extracto etéreo; 7,17% de ELN; 0,34% de fibra total; 69,33mg/100g de calcio; 40,33 mg/100g de fósforo; 16mg/100g de sodio; 92,12% de digestibilidad *in vitro* de la proteína; 5,83 pH y 7,33°Brix.
4. Se logró determinar de acuerdo a una escala hedónica las características de aceptabilidad; para el color el  $t_0$  obtuvo la mejor puntuación 3,9 frente a 3,0 del  $t_3$ ; para el parámetro sabor el  $t_3$  obtuvo un puntaje de 3,8 y finalmente en cuanto a textura el  $t_2$  tuvo una mayor evaluación correspondiente a 4,1 seguido de  $t_3$  con 3,6; todos evaluados dentro del criterio “*me gusta*” evidenciándose el efecto de la cocción sobre la aceptabilidad del producto en cuanto a sabor y textura pero no sobre el color.

## **RECOMENDACIONES**

- Investigar nuevas tendencias para el uso de materias primas proteicas poco conocidas y la forma adecuada para su procesamiento.
- Indagar sobre la capacidad antioxidante de las semillas para a la vez obtener y caracterizar aislados proteicos debido al efecto biológico hallado en bibliografía.
- Estudiar sobre la rentabilidad que tendría la aplicación del método de liofilización de la semilla, así como la capacidad de exportación de productos liofilizados, ya que esta es una tecnología que no se encuentra muy explotada dentro del país.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ávalos García, A., & Pérez-Urria Carril, E. (2009). Metabolismo secundario de plantas. *Reduca (Biología). Serie Fisiología Vegetal*, 2(3), 119–145.
- Avendaño, N., & Castillo, A. (2014). El género *Erythrina* L. (leguminosae-faboideae) en Venezuela. *Acta Botanica Venezuelica*, 37(2), 123–164.
- Bedoya, O. A., Caicedo, M., & Guerrero, Y. (2012). Obtención de un extracto proteico a partir de harina de chachafruto. *Rev Univ. Salud.*, 14(2), 161–167.
- Benítez Edgar; Sánchez Efrén, H. J. D. 1; C. (2020). Gramíneas y leguminosas promisorias para la alimentación del ganado en la Amazonía sur del Ecuador. *Revista Del Colegio de Médicos Veterinarios Del Estado Lara*, 12(2), 5–12. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8118334>
- Briones Bermúdez, J. E. (2011). *Obtención de harinas de cereales y leguminosas precocidas y su aplicación en alimentos para el adulto mayor*. 1–168.
- Carvajal, E. N. Á., Dumar, V., Castaño, Q., Carlos, J., & Aguirre, L. (2013). DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES TÉRMICAS Y COMPOSICIONALES DE LA HARINA Y ALMIDÓN DE CHACHAFRUTO (*Erythrina Edulis* Triana Ex Micheli) DETERMINATION OF COMPOSITIONAL AND THERMAL PROPERTIES OF FLOUR AND STARCH OF CHACHAFRUTO (*Erythrina Edulis* Triana Ex Micheli). *Julio-Diciembre*, 18(2), 21–35.
- Chero, S., Jesús, M., Chero, S., Antonio, J., Zamora, M., Jesús, M., Chero, S., Antonio, J., Chero, S., & Zamora, W. M. (2019). *Tecnificar y conservar los componentes bioactivo del Pashul ( Erythrina edulis ) para el consumo humano*. 8.
- David, A., & Cardona, C. (2019). *Desarrollo de una bebida láctea fermentada con adición de almidón de camote ( Ipomoea batatas ) modificado físicamente* *Desarrollo de una bebida láctea fermentada con adición de almidón de camote ( Ipomoea batatas ) modificado físicamente*.
- Delgado-Soriano, V., Cortés-Avendaño, P., Guevara-Pérez, A., & Vílchez-Perales, C. (2020). Características físico-químicas de las semillas de pajuro (*Erythrina edulis*

- Triana) y propiedades funcionales después de la extrusión. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 22(3), 263–273. <https://doi.org/10.18271/ria.2020.660>
- Escamilo, S. (2012). El Pajuro (*Erythrina edulis*) alimento andino en extinción. *Investigaciones Sociales*, 16, 97–104. <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/sociales/article/viewFile/7389/6452>
- Espinoza Córdova, G. (2018). Análisis químico proximal de granos y harina de “Pajuro” (*Erythrina edulis*) y elaboración de una bebida proteica con sabor a chocolate. In *Analytical Biochemistry* (Vol. 11, Issue 1). <http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-59379-1%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-420070-8.00002-7%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.ab.2015.03.024%0Ahttps://doi.org/10.1080/07352689.2018.1441103%0Ahttp://www.chile.bmw-motorrad.cl/sync/showroom/lam/es/>
- Espinoza Córdova, G., Rojas, R., & Espinoza Montesinos, F. (2021). Análisis químico proximal de granos y harina de Pajuro (*Erythrina edulis*) para elaborar bebidas proteicas. *Revista Alfa*, 5(14), 297–318. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v5i14.119>
- FAO. (2012). *Manual de Buenas Prácticas Agrícolas para el Productor Hortofrutícola 2 Edición, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Oficina Regional para America Latina y el Caribe*. <http://www.fao.org/3/a-as171s.pdf>
- FAO. (2017). FAO/INFOODS Databases FAO/INFOODS Global Food Composition Database for Pulses Version 1.0 -uPulses1.0 User guide. In *Fao*. <http://www.fao.org/3/a-i6832e.pdf>
- FAO, Liliana, R., Bejarano, V., & Sarmiento, T. R. (2017). FAO/INFOODS Databases FAO/INFOODS Global Food Composition Database for Pulses Version 1.0 -uPulses1.0 User guide. *Fao*, 269. <http://www.fao.org/3/a-i6832e.pdf>
- Fernanda Castillo Hernández, L., de la Luz Sánchez Mundo, M., Rayo García, V.,

- García Nieves, S., Esther González Miguel, M., & Ramírez Higuera, A. (2019). Artículo científico SUSTITUCIÓN DE LA HARINA DE TRIGO POR HARINAS COMPUESTAS E INGREDIENTES FUNCIONALES PARA LA ELABORACIÓN DE PANES LIBRES DE GLUTEN 1 □ SUBSTITUTION OF WHEAT FLOUR BY COMPOUND FLOURS AND FUNCTIONAL INGREDIENTS FOR THE PREPARATION OF GLUTEN FREE BREADS □. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 6(2), 190–201.
- Fernando, D., & Yepes, M. (2019). *GÉNERO Erythrina: ACTUALIDAD EN LA INVESTIGACIÓN Y PERSPECTIVAS DE DESARROLLO CIENTÍFICO*. (1ª. ed, Issue September).
- FIA. (2017). *Ingredientes Funcionales Una Nueva Industria Para Chile*. 96. <http://www.fia.cl/wp-content/uploads/2018/03/N-5-Revista-Mayo-2017.pdf>
- García-Alanis, K. G., Báez-González, J. B., & Gallardo-Rivera, C. T. (2019). Caracterización Físicoquímica y efecto de la cocción en propiedades nutricionales del frijol *Vigna umbellata* Thumb. *Investigación y Desarrollo En Ciencia y Tecnología de Alimentos Caracterización*, 4(January), 220–224.
- García M, A., & Pacheco-Delahaye, E. (2010). EVALUACIÓN DE DE UNA BEBIDA LÁCTEA INSTANTÁNEA A BASE DE HARINA DE ARRACACHA (*Arracacia xanthorrhiza*) CON LA ADICIÓN DE ÁCIDO FÓLICO. *Revista Chilena de Nutrición*, 37(4), 480–492. <https://doi.org/10.4067/s0717-75182010000400009>
- Gómez, N. (2017). *LEGUMBRES, UNA HISTORIA DE SABOR, SALUD Y SOSTENIBILIDAD*. UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID.
- Hernández, T. (2013). *EL PAJURO O CHACHAFRUTO (Erythrina edulis)*.
- Huarcaya Miraya, M. G. (2020). *LAS HOJAS Y FRUTOS DEL ANTIPOROTO (Erythrina edulis) EN LA ALIMENTACION ANIMAL EN KERAPATA TAMBURCO ABANCAY 2018*. 1–45. [https://repositorio.utea.edu.pe/bitstream/utea/260/1/Las\\_hojas\\_y\\_frutos\\_del\\_antiporoto %28Erythrina Edulis%29 en la alimentaci3n animal en kerapata Tamburco Abancay 2018.pdf](https://repositorio.utea.edu.pe/bitstream/utea/260/1/Las_hojas_y_frutos_del_antiporoto_%28Erythrina_Edulis%29_en_la_alimentaci3n_animal_en_kerapata_Tamburco_Abancay_2018.pdf)

- INEN. (2017). *NTE INEN 2304 - Refrescos o bebidas no carbonatadas. Requisitos. 2.*  
[https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte\\_inen\\_2304-1.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2304-1.pdf)
- Innovación, C. E., La, A. D. E., & Guanajuato, U. D. E. (2021). *CIENCIA E INNOVACIÓN AGROALIMENTARIA. 04.*
- Intiquilla, A., Jiménez-Aliaga, K., Guzmán, F., Alvarez, C. A., Zavaleta, A. I., Izaguirre, V., & Hernández-Ledesma, B. (2019). Novel antioxidant peptides obtained by alcalase hydrolysis of *Erythrina edulis* (pajuro) protein. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(5), 2420–2427.  
<https://doi.org/10.1002/jsfa.9449>
- Intiquilla, A., Jiménez-Aliaga, K., Zavaleta, A. I., Arnao, I., Peña, C., Chávez-Hidalgo, E. L., & Hernández-Ledesma, B. (2016). *Erythrina edulis* (pajuro) seed protein: A new source of antioxidant peptides. *Natural Product Communications*, 11(6), 781–786. <https://doi.org/10.1177/1934578x1601100620>
- López, D. (2021). *Elaboración de una bebida saborizada con extracto de chocho y goma xanthan como estabilizante.* UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI.
- Martínez-Cervantes, Wong-Paz, J. E., Aguilar-Zárate, & Muñiz-Márquez, D. B. (2019). Valor Funcional de Bebidas Tradicionales con Posible Potencial Prebiótico Functional Value of Traditional Beverages with Possible Prebiotic Potential. *Journal of BioProcess and Chemical Technology*, 13(22), 8–14.
- Olmedilla, B., Farré, R., Asensio, C., & Pedrosa, M. (2010). *Papel de las leguminosas en la alimentación actual.* 14(2), 72–76.
- Palma-Albino, C., Intiquilla, A., Jiménez-Aliaga, K., Rodríguez-Arana, N., Solano, E., Flores, E., Zavaleta, A. I., Izaguirre, V., & Hernández-Ledesma, B. (2021). Albumin from *erythrina edulis* (Pajuro) as a promising source of multifunctional peptides. *Antioxidants*, 10(11), 1–17. <https://doi.org/10.3390/antiox10111722>
- Picon, Victor, Vegas, R. (2018). Efecto de la temperatura en el valor de monocapa de almidón de pajuro (*Erythrina edulis*) variedad blanca mediante la isoterma de GAB. *Universidad Nacional De Trujillo.*
- Ramirez, K. (2019). *Evaluación de una bebida láctea fortificada con Cicer arietinum*

- (*garbanzo*) [UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO].  
<https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/3695>
- Rivero Urgell, M., Santamaría Orleans, A., & Rodríguez-Palmero Seuma, M. (2005). La importancia de los ingredientes funcionales en las leches y cereales infantiles. *Nutricion Hospitalaria*, 20(2), 135–146.
- Salamanca G., G., Osorio T., M. P., & Montoya, L. M. (2010). Elaboración de una bebida funcional de alto valor biológico a base de Borojo (Borojoa patinoi Cuatrec). *Revista Chilena de Nutricion*, 37(1), 87–96.  
<https://doi.org/10.4067/s0717-75182010000100009>
- Sánchez-Bustos, K. G., Escobar-Escobar, N., & Castro-Ruiz, S. M. (2021). Nutritional supplementation with non-conventional food resources and its effect on the productive parameters in rabbits TT - Suplementación nutricional con recursos alimenticios no convencionales y su efecto sobre los parámetros productivos en conejos TT. *Entramado*, 17(1), 262–270.  
[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&amp%0Apid=S1900-38032021000100262](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&amp%0Apid=S1900-38032021000100262)
- Sánchez-Herrera, S., Soto-Hernández, R. M., Kite, G., & García-Mateos, M. R. (2001). IDENTIFICACIÓN DE ALCALOIDES EN LAS INFLORESCENCIAS DE *Erythrina Americana* Miller. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, VII(01), 37–42. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2000.10.067>
- Sandoval, J. L. S., Fonseca, P. E. R., Arévalo, A. O. H., Sira, E. E. P., Ricci, J., & Dufour, D. (2021). Development and Characterization of Edible Films from Chachafruto (*Erythrina edulis* Triana) Starch. *Starch/Staerke*, 73(9–10), 1–10.  
<https://doi.org/10.1002/star.202000269>
- Sarmiento, T. R. (2012). *Impacto del procesamiento sobre la pared celular y las propiedades hipoglucémicas y tecnofuncionales de leguminosas*. 269.
- Silva Gama, G. (2020). Evaluación de la harina de chachafruto como ingrediente para la elaboración de un producto de panadería libre de gluten. *Universidad Nacional de Colombia*, 104.  
[https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/77707/Tesis Evaluación de](https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/77707/Tesis%20Evaluaci%20n%20de%20la%20harina%20de%20chachafruto%20como%20ingrediente%20para%20la%20elaboraci%20n%20de%20un%20producto%20de%20panader%20a%20libre%20de%20gluten)

la harina de chachafruto como ingrediente en la elaboración de un producto de panadería libre de gluten..pdf?sequence=5&isAllowed=y

- Vázquez-Frias, R., Icaza-Chávez, M. E., Ruiz-Castillo, M. A., Amieva-Balmori, M., Argüello-Arévalo, G. A., Carmona-Sánchez, R. I., Flores-Bello, M. V., Hernández-Rosiles, V., Hernández-Vez, G., Medina-Vera, I., Montijo-Barrios, E., Núñez-Barrera, I., Pinzón-Navarro, B. A., & Sánchez-Ramírez, C. A. (2020). Technical opinion of the Asociación Mexicana de Gastroenterología on soy plant-based beverages. *Revista de Gastroenterologia de Mexico*, 85(4), 461–471. <https://doi.org/10.1016/j.rgm.2020.07.005>
- Velásquez, L. (2019). *EVALUACIÓN DEL POTENCIAL ANTIOXIDANTE E INHIBITORIO DE LA ENZIMA CONVERTIDORA DE ANGIOTENSINA (ECA) DE HIDROLIZADOS PROTEICOS DE SEMILLAS DE CHACHAFRUTO (Erythrina edulis Micheli.)* (Vol. 3). UNIVERSIDAD DEL TOLIMA.

## ANEXOS



**Fotografía 1. Recolección de la materia prima**

*Fuente:* (Autora, López, 2022)



**Fotografía 2. Muestras de la bebida para análisis de laboratorio**

*Fuente:* (Autora, López, 2022)



**Fotografía 3. Determinación de proteína**

*Fuente:* (Autora, López, 2022)



**Fotografía 4. Medición de pH**

*Fuente:* (Autora, López, 2022)



**Fotografía 5. Preparación de muestras para análisis de minerales.**

*Fuente:* (Autora, López, 2022)



**Fotografía 6. Medición de minerales por Absorción Atómica.**

*Fuente:* (Autora, López, 2022)



**Fotografía 7. Determinación de sólidos solubles (°Brix)**

*Fuente:* (Autora, López, 2022)

### Ficha de aceptabilidad.

FICHA DE ACEPTABILIDAD PARA LA BEBIDA FUNCIONAL DE CHACHAFRUTO ( <i>Erythrina edulis</i> )							
Fecha:							
Edad:							
<p><b>Descripción:</b> Evalúe cada muestra colocando una <b>X</b> según el nivel de agrado que usted considere, para las variables <b>color, olor sabor y textura</b> usando la escala de calificaciones que a continuación se presenta:</p> <p><b>CALIFICACION: 5 Me gusta mucho, 4 Me gusta, 3 No me gusta ni me disgusta, 2 Me disgusta 1 Me desagrada mucho.</b></p>							
			<b>Color</b>				
	CÓDIGO	Muestra	1	2	3	4	5
	T0	Muestra 1					
	T1	Muestra 2					
	T2	Muestra 3					
	T3	Muestra 4					
			<b>Sabor</b>				
	CÓDIGO	Muestra	1	2	3	4	5
	T0	Muestra 1					
	T1	Muestra 2					
	T2	Muestra 3					
	T3	Muestra 4					
			<b>Textura</b>				
	CÓDIGO	Muestra	1	2	3	4	5
	T0	Muestra 1					
	T1	Muestra 2					
	T2	Muestra 3					
	T3	Muestra 4					

*Fuente:* (Autora, López, 2022)