



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Química

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE LA FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE UNA BEBIDA A
BASE DE PROTEÍNA DE CEBADA (*Hordeum vulgare*) A NIVEL LABORATORIO**

Sofía Gabriela Chajón Gálvez

Asesorado por el M.A. Ing. William Eduardo Fagiani Cruz

Guatemala, abril de 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE LA FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE UNA BEBIDA A
BASE DE PROTEÍNA DE CEBADA (*Hordeum vulgare*) A NIVEL LABORATORIO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

SOFÍA GABRIELA CHAJÓN GÁLVEZ

ASESORADO POR EL M.A. ING. WILLIAM EDUARDO FAGIANI CRUZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA QUÍMICA

GUATEMALA, ABRIL DE 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Víctor Manuel Monzón Valdez
EXAMINADOR	Ing. Adolfo Narciso Gramajo Antonio
EXAMINADOR	Ing. Jorge Emilio Godínez Lémus
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE LA FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE UNA BEBIDA A
BASE DE PROTEÍNA DE CEBADA (*Hordeum vulgare*) A NIVEL LABORATORIO**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado con fecha 12 de octubre de 2021.

Sofía Gabriela Chajón Gálvez



EEPFI-PP-0060-2022

Guatemala, 12 de enero de 2022

Director
Williams G. Álvarez Mejía
Escuela De Ingenieria Quimica
Presente.

Estimado Ing. Álvarez

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE LA FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE UNA BEBIDA A BASE DE PROTEÍNA DE CEBADA (HORDEUM VULGARE) A NIVEL LABORATORIO.**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Todas las áreas - Desarrollo y formulación de productos alimenticios funcionales y/o innovadores**, presentado por la estudiante **Sofía Gabriela Chajón Gálvez** carné número **201503729**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en ARTES en Ciencia Y Tecnología De Los Alimentos.

Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

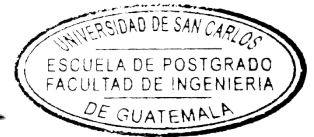
Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

INGENIERO QUÍMICO
WILLIAM EDUARDO FAGIANI CRUZ
COL. 1734

Mtro. William Eduardo Fagiani Cruz
Asesor(a)

Mtra. Hilda Piedad Palma Ramos
Coordinador(a) de Maestría



Mtro. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería





EEP.EIQ.0060.2022

El Director de la Escuela De Ingenieria Quimica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE LA FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE UNA BEBIDA A BASE DE PROTEÍNA DE CEBADA (HORDEUM VULGARE) A NIVEL LABORATORIO.** , presentado por el estudiante universitario **Sofía Gabriela Chajón Gálvez**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

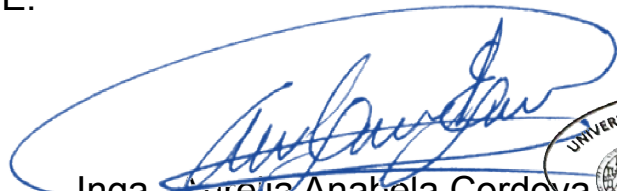
Ing. Williams G. Álvarez Mejía
Director
Escuela De Ingenieria Quimica


Guatemala, enero de 2022

LNG.DECANATO.OI.241.2022

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE LA FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE UNA BEBIDA A BASE DE PROTEÍNA DE CEBADA (Hordeum vulgare) A NIVEL LABORATORIO**, presentado por: **Sofía Gabriela Chajón Gálvez**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Inga. Aurelia Anabela Cordova
Decana



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
DECANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
★

Guatemala, abril de 2022

AACE/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** El creador del universo, quién ha cuidado de mí y me ha permitido alcanzar esta y muchas metas más en el transcurso de mi vida.
- Mis padres** Carol Gálvez y Erick Chajón, por apoyarme y amarme incondicionalmente, siempre estaré agradecida por sus sacrificios y por enseñarme que sin esfuerzo no se alcanza lo que uno desea.
- Mi hermano** Erick Chajón Gálvez, por su apoyo y compañía durante mi vida.
- Mis abuelos** Carlos Alberto Gálvez, María Olimpia Flores (q. d. e. p.) y Marta Alicia García, por ser de bendición en mi vida, por su apoyo incondicional, su amor y sus consejos.
- Mis bisabuelos** Carmen Rivera (q. d. e. p.) y Andelino Gálvez (q. d. e. p.), por acompañarme en el transcurso de mi vida y su amor.
- Mis tíos** Marvin Chajón, Carlos y Leonel Gálvez, por su cariño y por bendecir mi vida.

Mis tías	María Eugenia, Ana Dolores, Dilma y Amarilis Gálvez, Claudia Chajón, Yolanda de Gálvez y Orfa Flores, por su cariño y por bendecir mi vida.
Mis primos	Por ser como mis hermanos, por su cariño y compañía durante mi vida.
Mis amigos	María René Santa Cruz, Lourdes Recinos, Karen Acevedo, Paola Escobar, Berenice Palacios, María José González, Sandra Pineda, Pablo Rocha, Josué Sales, Diego Monzón, Juan García, Daniel Ramírez, Luis Zarat, José Guerra y Erick Lool, por estar conmigo en diferentes etapas de mi vida, por su apoyo incondicional y cariño.
Mis mentores	Inga. Ana Herrera y Ing. William Fagiani, por sus enseñanzas, sus consejos, las lecciones, por la confianza y el cariño.
Mis jefes y compañeros de trabajo	Por la oportunidad de laborar a su lado, por su apoyo, comprensión y cariño.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por abrirme las puertas, y ser mi casa de estudios para realizarme como profesional.
Facultad de Ingeniería	Por darme la oportunidad de conocer personas únicas, aprender y desenvolverme en el ámbito profesional como ingeniera.
Mi familia	Por compartir este triunfo conmigo, por estar conmigo en el transcurso de toda mi vida y su apoyo incondicional.
Ing. William Fagiani	Por ser mi asesor, catedrático y amigo, por su apoyo incondicional, la paciencia, las enseñanzas, su cariño y por sus aportes en la presente investigación.
Inga. Ana Herrera	Por ser mi amiga y catedrática, por las enseñanzas, los consejos, la paciencia, el cariño y el apoyo incondicional.
Ing. José Rosal	Por compartir sus conocimientos y apoyo en la presente investigación.

Mis amigos

Del colegio, la licenciatura y la maestría, por su compañía y ayuda en el transcurso de estos años.

Área de Físicoquímica

A todo su personal, por el apoyo, la confianza, las enseñanzas y por abrirme las puertas durante la carrera.

**Departamento de
Matemática**

Por abrirme las puertas para laborar, mientras me seguía formando para ser una profesional.

Mis jefes

Por el cariño, las enseñanzas y el apoyo durante este tiempo en el Departamento de Matemática.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XI
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
4. JUSTIFICACIÓN	9
5. OBJETIVOS	11
5.1. General.....	11
5.2. Específicos	11
6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN.....	13
7. MARCO TEÓRICO.....	15
7.1. Alimento.....	15
7.2. Cereales	15
7.2.1. ¿Qué son?	15
7.2.2. Características.....	15
7.2.3. Estructura de los granos de cereal	16

	7.2.3.1.	Salvado o cáscara	17
	7.2.3.2.	Germen o embrión.....	17
	7.2.3.3.	Endospermo o núcleo.....	17
7.3.		Generalidades de la cebada.....	17
	7.3.1.	Descripción	18
		7.3.1.1. Taxonomía botánica	18
	7.3.2.	Clases de cebada	19
		7.3.2.1. Cebada de dos carreras o cebada cervecera.....	19
		7.3.2.2. Cebada de seis carreras o cebada caballar	20
		7.3.2.3. Cebada de cuatro carreras	20
	7.3.3.	Características y propiedades nutricionales de la cebada.....	20
	7.3.4.	Usos	22
	7.3.5.	Proteína de cebada	22
7.4.		Formulación de productos alimenticios	22
	7.4.1.	Formulación de mezclas vegetales.....	22
	7.4.2.	Productos líquidos en base a semillas.....	23
7.5.		Producción de bebidas	24
	7.5.1.	Tipos de bebidas	24
	7.5.2.	Especificaciones técnicas	25
	7.5.3.	Preservación de bebidas a bajas temperaturas.....	28
	7.5.4.	Preservación de bebidas a altas temperaturas.....	29
	7.5.5.	Aditivos y conservantes	30
7.6.		Requerimientos nutricionales	30
7.7.		Mezclado	31
	7.7.1.	Mezclado de alimentos fluidos.....	31
	7.7.2.	Tipos de fluidos.....	31

	7.7.2.1.	Fluidos newtonianos	31
	7.7.2.2.	Fluidos no newtonianos	32
	7.7.3.	Mezclado de líquidos de mediana y baja viscosidad.....	32
	7.7.3.1.	Componentes de velocidad	32
	7.7.3.2.	Mezcladoras para líquidos de baja y media viscosidad	34
7.8.		Métodos de análisis para el desarrollo de una bebida.....	36
	7.8.1.	Análisis físico	36
	7.8.2.	Análisis bromatológico	36
7.9.		Criterios microbiológicos.....	37
7.10.		Análisis sensorial.....	38
	7.10.1.	Prueba hedónica.....	39
	7.10.2.	Análisis estadístico para la aceptación del análisis sensorial	39
7.11.		Pruebas POST-HOC	40
	7.11.1.	Prueba de Tukey	40
	7.11.2.	Prueba de Scheffé	40
	7.11.3.	Método de la diferencia mínima de Fisher	40
	7.11.4.	Prueba del rango múltiple (Duncan)	40
	7.11.5.	Prueba de Bonferroni.....	41
8.		PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS	43
9.		METODOLOGÍA.....	47
	9.1.	Tipo de estudio	47
	9.2.	Diseño de Investigación.....	47
	9.3.	Variables de estudio	47
	9.4.	Fases del estudio	50

9.4.1.	Fase 1: Exploración bibliográfica	50
9.4.2.	Fase 2: Número de posibles formulaciones.....	51
9.4.3.	Fase 3: Elaboración de la bebida a base de proteína de cebada.....	51
9.4.4.	Fase 4: Análisis de control de calidad de la bebida	53
9.4.4.1.	Métodos de análisis fisicoquímicos.....	53
9.4.4.2.	Métodos de análisis bromatológico.....	54
9.4.5.	Fase 5: Evaluación sensorial	55
9.4.6.	Fase 6: Presentación y discusión de resultados.....	57
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS	59
10.1.	Herramientas de recolección de la información.....	59
10.2.	Herramientas de estadística descriptiva	59
11.	CRONOGRAMA.....	61
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	63
13.	REFERENCIAS.....	65
14.	APÉNDICES.....	69

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Partes fundamentales del grano	16
2.	Cebada de dos carreras o cebada cervecera	19
3.	Categorización de bebidas.....	25
4.	Componentes de velocidad en una mezcladora	33
5.	Mezcladoras para líquidos de baja y media viscosidad.....	35

TABLAS

I.	Taxonomía botánica de la cebada	18
II.	Valor nutritivo (macronutrientes) de cereales (por 100 gramos)	21
III.	Valor nutritivo (micronutrientes) de cereales (por 100 gramos).....	21
IV.	Metodologías de conservación a bajas temperaturas	28
V.	Métodos de conservación a altas temperaturas	29
VI.	Ventajas y desventajas de las mezcladoras para líquidos de baja y media viscosidad.....	35
VII.	Criterios microbiológicos de bebidas a base de cereales.....	38
VIII.	Metodología para análisis sensorial	38
IX.	Descripción de variables	48
X.	Posibles formulaciones	52
XI.	Resultados de análisis fisicoquímicos	54
XII.	Resultados de análisis bromatológicos	55
XIII.	Formulario de evaluación sensoria	57
XIV.	Escala hedónica de 9 puntos	57

XV.	Cronograma de la investigación.....	61
XVI.	Gastos del estudio.....	63

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
C	Cenizas
X_i	Composición
Δ	Delta
ρ	Densidad
X_{fc}	Fibra cruda
F_o	Formulación óptima
°	Grados
°C	Grados Celsius
h	Horas
=	Igual que
Kg	Kilogramo
X_{Lc}	Lípidos crudos
L	Longitud
M	Masa
m	Metro
m³	Metro cúbico
N	Número de formulaciones
π	Pi
%	Porcentaje
A	Porcentaje de aceptabilidad
pH	Potencial de hidrógeno
P	Presión

X_{pc}	Proteína cruda
Q	Quetzales
R	Radio
S	Segundos
S	Sólidos solubles
μ	Viscosidad
v	Volumen

GLOSARIO

Aceptabilidad	Cualidad de dar satisfacción suficiente para cumplir una demanda o requisito.
Aditivo alimentario	Cualquier sustancia o mezcla de sustancias que no se consumen como alimento, ni como ingredientes básicos en la elaboración de un alimento, y que se adiciona al alimento con fines tecnológicos.
Bebida vegetal	Alimento en estado líquido que es de origen vegetal y que se obtiene a partir de cereales, semillas, frutos secos, entre otros.
Brix	Indica la cantidad de sólidos disueltos en una solución y que generalmente, en alimentos se refiere a sacarosa.
Escala hedónica	Lista ordenada de posibles respuestas que corresponden a diferentes grados de aceptación.
Formulación óptima	Es la composición ideal de ingredientes que componen a un alimento, mediante los cuales se considera el mejor.

Hidrocoloides	Grupo grande, heterogéneo, de sustancias poliméricas que incluyen a polisacáridos y algunas proteínas.
Inocuo	Es todo aquello que no causa daños al consumidor.
pH	Medición de los iones hidronio de una muestra, que se relaciona a la acidez o basicidad de un alimento.
Prueba de aceptabilidad	Herramienta utilizada para conocer cuantitativamente el grado de aceptación de un producto por el consumidor.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación busca formular y evaluar una bebida a base de proteína de cebada. Se establecerá la formulación óptima para una bebida, con la cual se pueda aprovechar la proteína contenida en el grano de cebada. Se evaluarán diferentes formulaciones a través de sus características fisicoquímicas, bromatológicas y sensoriales, infiriendo la formulación con mayor aceptabilidad.

Para la elaboración de la bebida se utilizarán proteína de cebada en polvo y diferentes aditivos, a partir de los cuales se plantearán diferentes formulaciones, tomando en cuenta la cantidad permitida de consumo en Guatemala, y con ello, realizar diferentes pruebas hasta obtener las características deseadas para la bebida.

Se caracterizarán fisicoquímicamente y bromatológicamente las formulaciones de la bebida, mediante análisis externos para seleccionar la óptima. Asimismo, se evaluará la aceptabilidad de la bebida con y sin saborizante, por medio de una prueba hedónica de nueve puntos en un panel sensorial sin entrenamiento, como prueba inicial.

Se espera obtener la formulación óptima de la bebida vegetal, para mejorar el aprovechamiento de la materia prima que se obtiene a partir de la merma del grano de cebada y así, poder proporcionar un producto innovador al mercado nacional, satisfaciendo la necesidad de una nueva fuente alimenticia.

1. INTRODUCCIÓN

Después de utilizar el grano de cebada para la producción de cerveza, este se desecha y no se aprovecha para el desarrollo de nuevos alimentos. Sin embargo, la cebada es un grano con alto contenido de proteína y de fibra, lo cual actualmente es importante para aquellas personas que se han interesado en el consumo de alimentos y bebidas de origen vegetal. Además, al aprovechar la proteína del grano de cebada, se logra disminuir la cantidad de desechos que genera en la industria alimentaria aplicando el enfoque circular y con ello, crear nuevos productos alimenticios que generan más ingresos.

Las bebidas no alcohólicas a base de cebada u otros cereales han sido poco investigadas, considerando que se puede aprovechar la merma de cebada luego de la producción de cerveza. Esta investigación aportará la formulación óptima de una bebida para aprovechar la proteína contenida en el grano de cebada, logrando demostrar el procedimiento de elaboración y el aporte nutricional.

A partir de los datos que serán obtenidos de análisis y ensayos, se podrá evidenciar una opción para el aprovechamiento de la proteína en el grano de cebada, obteniendo de tal manera una bebida de origen vegetal con alto valor nutricional. Al aplicar el enfoque circular, esta investigación beneficiará a la industria alimenticia guatemalteca para generar más ingresos, permitiendo disminuir la cantidad de desechos y un mayor aprovechamiento de materia prima.

Se elaborarán diferentes formulaciones de bebidas a base de proteína de cebada, buscando aquella con mejores propiedades fisicoquímicas,

bromatológicas y sensoriales. Se realizará la evaluación nutricional y los análisis de control de calidad a través de laboratorios externos, lo que permitirá seleccionar la formulación óptima. Se ensayará la aceptabilidad de la bebida con y sin saborizante, mediante una prueba hedónica de nueve puntos en un panel sensorial.

Se presentarán los antecedentes de la investigación, que resumen investigaciones previas sobre el tema. Se hará una exploración bibliográfica de los temas que serán útiles como base teórico de la aplicación propuesta. Se presentará la factibilidad de la elaboración del proceso de elaboración de la bebida, en base a la determinación del número de formulaciones y su composición.

2. ANTECEDENTES

En Guatemala no existen publicaciones relacionadas a la creación de bebidas a base de proteína de cereales, sin embargo, en países como Ecuador, Argentina y Venezuela, se encontraron investigaciones relacionadas a la preparación de bebidas a base de granos. Seguidamente, se presentan las más destacadas.

Acosta y Terán (2014), en su publicación *Elaboración de una bebida funcional a base de cebada (*Hordeum vulgare*) y Cacao en polvo (*Theobroma cacao L.*), edulcorado con Stevia (*Stevia rebaudiana Bertoni*)*, proponen la mezcla óptima para elaborar la bebida funcional y los análisis fisicoquímicos y microbiológicos del producto final. Para desarrollar la bebida se plantearon diferentes porcentajes de la mezcla, del saborizante y del edulcorante, para poder evaluar y determinar la bebida mayor aceptabilidad. Para el diseño experimental utilizaron un diseño completamente al azar (DCA) con el cual, realizaron pruebas estadísticas en función de las variables: densidad, concentración de sólidos totales, turbidez, fibra total, proteína y vitamina C, estas variables fueron evaluadas en el producto final. Se realizaron análisis fisicoquímicos y microbiológicos a la fórmula óptima y con ello se determinó la vida útil, además se evaluaron variables cualitativas. Sus resultados demuestran que la fórmula óptima para esta bebida es la que contiene una mezcla de cebada: 40 % cruda y 60 % tostada; con 20 % de saborizante y 0.8 % de edulcorante, al presentar mayor aceptabilidad.

La investigación *Obtención y formulación de una bebida en base de granos de amaranto*, de Soteras (2011), propone dos métodos para la fabricación de la

bebida a base de semillas, con el objetivo de poder establecer las condiciones de procesamiento y la formulación, para conseguir el producto con características sensoriales de alta aceptación. Los procedimientos utilizados se comparan mediante determinaciones analíticas y de propiedades como: la caracterización fisicoquímica, determinaciones de humedad y sólidos totales, determinación de grasas, proteínas, fibra cruda, entre otros. Asimismo, se llevaron a cabo análisis sensoriales y estadísticos. Los resultados obtenidos demuestran que las condiciones ideales para el procesamiento son: molienda húmeda, al 5 % de sólidos totales con tratamiento térmico y con incorporación de 0.05 % de goma xántica. Según los análisis sensoriales a las diferentes formulaciones, se determinó que es conveniente incorporar un 10 % de azúcar y esencias de sabores para fijar las dosis correctas.

Cazar, Cobos y Acosta (2011), proponen el desarrollo y el diseño del proceso para obtener una bebida líquida a base de leche de soya con pinol, con el fin de poder utilizar cereales para crear un complemento alternativo a la alimentación diaria de personas que practican deportes de alto consumo energético. Se desarrollaron formulaciones mediante ensayos a nivel experimental, para lograr determinar las características de la mezcla óptima para elaborar la bebida y realizar las pruebas fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales. Sus resultados demuestran que efectivamente la bebida es un complemento alimenticio para los deportistas de alto rendimiento, y que la fórmula óptima es la que contiene 15 % de panela por representar un nivel nutricional mayor como fuente calórica para el mercado objetivo. Se determinó que el tratamiento térmico adecuado es de 25 minutos a una temperatura de 95 °C.

En la publicación *Elaboración y evaluación de polvos para bebidas instantáneas a base de harina extruida de ñame (Dioscorea alata)* Pacheco-

Delahaye, Techeira y García (2008), se planteó estudiar la integración de harina extruida de ñame para crear una mezcla en polvo para la preparación de bebidas instantáneas con sabor vainilla. Se evaluaron dos formulaciones a base del 20 % y 40 % de harina, donde se analizó la composición química, las características físicas y las propiedades sensoriales. Los resultados obtenidos mostraron que al incorporar dicha harina a base de un 20 %, se permite aumentar el contenido de proteína y fibra dietética, por esto mismo, las características fisicoquímicas son similares a las del producto que se encuentra en el comercio y que fue tomado como referencia por ser el de mayor aceptabilidad.

En España, González (2020), en su trabajo de master universitario en investigación química y química industrial titulado Métodos de análisis para la determinación de proteínas en cereales: amaranto y cebada, donde se proponen las principales metodologías analíticas para apoyar la producción de alimentos ricos en proteínas como el amaranto y la cebada para poder reemplazar las proteínas animales por proteínas vegetales. La investigación presentó que el método más estudiado para el aislamiento de las proteínas es la extracción alcalina seguida de precipitación isoeléctrica donde se ha realizado ensayos con varias condiciones de pH, fuerza iónica y sales en el aislamiento de proteínas de amaranto y cebada.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Guatemala no se está aprovechando la merma del grano de cebada, luego de haber sido utilizado para la elaboración de cerveza y otras bebidas. La cebada ha sido comparada con la proteína animal, y se ha logrado determinar que el contenido de proteína es muy similar. La cebada no solo es un grano con alto contenido de proteína, sino también en fibra y actualmente, gran parte de la población se ha interesado en el consumo de alimentos y bebidas de origen vegetal, a pesar de los altos costos que estos puedan presentar.

Sin embargo, muchas veces se piensa que la cebada únicamente se puede utilizar para elaborar cerveza; lo cual es una idea errónea porque se puede aprovechar todo el grano, creando nuevos productos y así, se logra disminuir la cantidad de desechos que se genera en la industria alimenticia.

El desaprovechamiento de todo el grano de cebada, también se puede ver afectado por la falta de interés en la industria. Ya que se puede creer que no vale la pena o que generaría mayor incremento en costos de operación. En esta situación se puede aplicar el enfoque circular para generar más ingresos, lo que permitirá disminuir la cantidad de desechos y un mayor aprovechamiento de la materia prima.

Es necesario investigar los usos potenciales en la producción de otros alimentos y/o bebidas donde se utilice todo el grano de cebada, porque esto mismo, provoca que se pierdan oportunidades como lo es crear nuevos productos alimenticios aprovechando el contenido de proteína y fibra de la cebada.

Esto lleva a plantear la pregunta principal de estudio: ¿Cuál es la formulación óptima para una bebida, con la cual se puede aprovechar la proteína contenida en el grano de cebada (*Hordeum vulgare*)?

Para responder a esta interrogante se deberán contestar las siguientes preguntas auxiliares:

- ¿Cuál es el número adecuado de posibles formulaciones que se deben comparar para la formulación óptima de una bebida a base de proteína de cebada?
- ¿Qué características fisicoquímicas y bromatológicas poseen las posibles formulaciones de la bebida?
- ¿Cuál es la formulación que obtiene la mayor aceptabilidad?

4. JUSTIFICACIÓN

La realización del presente trabajo se justifica en la línea de investigación del desarrollo y formulación de productos alimenticios funcionales o innovadores de la Maestría de Ciencia y Tecnología de los Alimentos.

En Guatemala se cultiva cebada (*Hordeum vulgare*) que es utilizada principalmente para la elaboración de cerveza y la merma de este proceso no es aprovechada. La cebada no solo es un grano con alto contenido de proteína, sino también en fibra y actualmente, eso no se explota para poder obtener otros alimentos, y con ello, reducir la cantidad de residuos que se generan. Esta investigación aportará la formulación óptima de una bebida para aprovechar la proteína contenida en el grano de cebada, logrando demostrar el procedimiento de elaboración y el aporte nutricional.

La realización de esta investigación requerirá de una metodología para llevar a cabo el desarrollo de una bebida a base de proteína de cebada, como una alternativa para toda aquella población interesada en el consumo de bebidas de origen vegetal. Se propondrán diferentes formulaciones, las cuales serán comparadas mediante análisis a nivel laboratorio de las características físicas, químicas y sensoriales para obtener la formulación de mayor aceptabilidad.

A partir de los resultados de los análisis, se podrá evidenciar una opción para el aprovechamiento de la proteína en el grano de cebada, obteniendo de tal manera una bebida de origen vegetal con mayor valor nutricional. Al aplicar el enfoque circular, esta investigación beneficiará a la industria alimenticia para generar más ingresos, permitiendo disminuir la cantidad de desechos y un mayor

de aprovechamiento de materia prima. Asimismo, se beneficia al ámbito académico al contar con un estudio sobre el aprovechamiento de granos, que puede motivar a realizar nuevas investigaciones.

Esta investigación es importante, porque se enfoca en un uso potencial de la proteína de cebada que no ha sido explorado y que puede ser utilizado, como un complemento nutricional. En Guatemala existen altos niveles de desnutrición y se ha observado el gran interés de la población por sustituir la proteína animal con proteína de origen vegetal, lo cual demuestra la relevancia de desarrollar una bebida a base de proteína de cebada porque puede ayudar a suplir los requerimientos nutricionales de estas personas.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Establecer la formulación óptima para una bebida, con la cual se puede aprovechar la proteína contenida en el grano de cebada (*Hordeum vulgare*).

5.2. Específicos

- Estimar el número adecuado de posibles formulaciones que se deben comparar para la formulación óptima de una bebida a base de proteína de cebada.
- Caracterizar fisicoquímica y bromatológicamente las posibles formulaciones de la bebida, a través de su preparación y análisis de laboratorio para seleccionar la óptima.
- Inferir la formulación que obtiene la mayor aceptabilidad basada en sus propiedades sensoriales.

6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

En Guatemala no se aprovecha la merma del grano de cebada, luego de haber sido utilizado para la elaboración de cerveza y otras bebidas. Se cree que la cebada únicamente puede ser utilizada para elaborar cerveza, esto se debe a la falta de interés por investigar la creación de nuevos productos, a base de este grano, por parte de la industria alimentaria.

El grano de cebada por su alto contenido de proteína y fibra es una excelente opción para desarrollar nuevos alimentos y/o bebidas con los cuales se aproveche el aporte nutricional y así, ofrecer nuevas opciones de consumo a la población. Por ello, se propondrá la formulación de una bebida a base de proteína de cebada, donde se aprovechen sus beneficios.

Esta bebida podrá ser consumida por todas aquellas personas que desean sustituir la proteína de origen animal por proteína de origen vegetal, y ayudará a suplir los requerimientos nutricionales diarios. La cebada adicionalmente al aporte de proteína y fibra contiene calcio, fósforo, potasio, un nivel bajo de grasas y sodio; lo que también beneficiará a la población guatemalteca que presente déficit nutricional y al público en general.

El producto a desarrollar permitirá aplicar el enfoque circular, con lo cual se logrará disminuir la cantidad de desechos y mejorar la utilización de la materia prima, convirtiéndola en una aplicación tecnológica de mejor aprovechamiento. Asimismo, este producto será una innovación para el mercado nacional, ya que permitirá satisfacer la necesidad de una nueva fuente alimenticia.

7. MARCO TEÓRICO

7.1. Alimento

Se considera como alimento a todo aquel producto que ha sufrido un proceso o no, dicho producto tiene como fin el ser consumido por un ser humano. Dentro del grupo de alimentos, se considera a la goma de mascar, a las bebidas y a cualquier otro producto que sea para su consumo, excluyendo al tabaco, a los cosméticos, medicamentos, entre otros (Reglamento Técnico Centroamericano, 2018).

7.2. Cereales

A continuación, se presenta la información básica de los cereales qué son, sus características y la estructura de los granos de cereal.

7.2.1. ¿Qué son?

Para INCAP y OPS (2000) se consideran cereales a las semillas que pertenecen al grupo de las gramíneas, dentro de estas semillas se pueden mencionar al maíz, a la avena, el trigo, la cebada, el centeno y el arroz.

7.2.2. Características

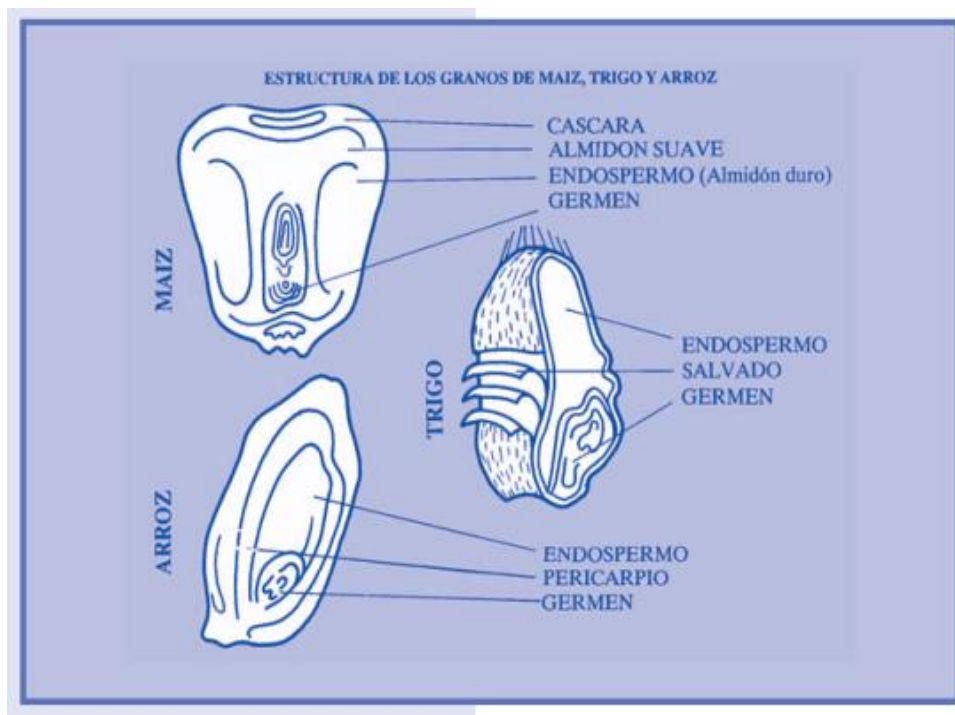
Los cereales son de bajo costo y esto, es una ventaja al compararlo con otros alimentos. Cabe mencionar que son la fuente principal de energía por su alto contenido energético. Los cereales y sus productos se pueden transportar

con facilidad, su almacenamiento puede ser por largos períodos de tiempo y son de fácil preparación para su consumo (INCAP y OPS, 2000).

7.2.3. Estructura de los granos de cereal

Los cereales tienen diferente composición química, sin embargo, las características estructurales son similares.

Figura 1. Partes fundamentales del grano



Fuente: INCAP y OPS (2000). *Cereales y sus productos*.

7.2.3.1. Salvado o cáscara

Según INCAP y OPS (2000), son las capas que envuelven y resguardan al germen y al endospermo. Esta parte del grano contiene la mayor cantidad de fibra que no es digerible por el ser humano, esto se debe a su alto contenido de celulosa. Asimismo, contiene proteína, hierro y vitaminas del complejo B.

7.2.3.2. Germen o embrión

Se encuentra en la parte inferior del grano, a partir del cual se obtiene una nueva planta. Se encuentra compuesto por hierro, niacina, proteína, riboflavina, tiamina y alto contenido de grasa, lo que provoca la rancidez del grano con el transcurso del tiempo (INCAP y OPS, 2000).

7.2.3.3. Endospermo o núcleo

A partir de esta parte se adquiere harina, por su alto contenido de almidón y bajo contenido de proteína. Componente que forma parte en mayor proporción del grano de un cereal (INCAP y OPS, 2000).

7.3. Generalidades de la cebada

A continuación, se presentan las generalidades de la cebada como lo es su descripción, taxonomía botánica, las clases de cebada, sus características y propiedades nutricionales y sus usos.

7.3.1. Descripción

Para Masats (2021), es un cereal cuyo nombre en latín es *Hordeum vulgare* y forma parte de la familia de las Poáceas.

7.3.1.1. Taxonomía botánica

Según Montenegro y Cajamarca (2015), la cebada se clasifica como se muestra a continuación:

Tabla I. Taxonomía botánica de la cebada

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Género	<i>Hordeum</i>
Especie	<i>vulgare L.</i>

Fuente: Montenegro y Cajamarca (2015). *Selección de una línea promisorio de cebada (Hordeum vulgare L.) bio-fortificada, de grano descubierto y bajo contenido en fitatos, en áreas vulnerables de la sierra sur ecuatoriana.*

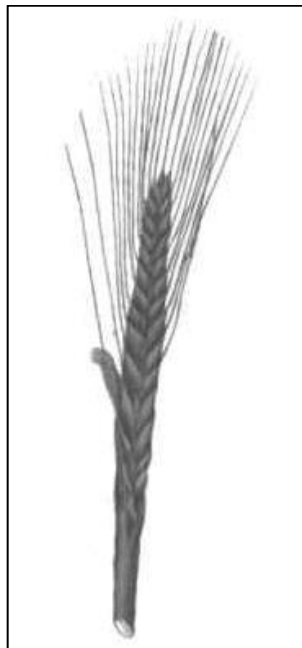
7.3.2. Clases de cebada

A continuación, se describen las clases de cebada como lo son la cebada de dos carreras o cebada cervecera, la cebada de seis carreras o de caballar y la cebada de cuatro carreras.

7.3.2.1. Cebada de dos carreras o cebada cervecera

Es el tipo de cebada más antigua y es aquella en la que únicamente queda la espiga central, luego de haber madurado (Masats, 2021).

Figura 2. **Cebada de dos carreras o cebada cervecera**



Fuente: Masats (2021). *Características del cereal cebada y sus propiedades.*

7.3.2.2. Cebada de seis carreras o cebada caballar

Para Masats (2021), es la más reciente y cuando madura se quedan tres espigas.

7.3.2.3. Cebada de cuatro carreras

Según Masats (2021), en este tipo de cebada se elimina la espiga central y se conservan las espigas laterales.

7.3.3. Características y propiedades nutricionales de la cebada

Su valor nutricional es muy parecido al valor nutricional de la avena y es mayor en comparación al valor nutricional del arroz. El contenido de fibra y hierro de la cebada es alto a diferencia de otros cereales, con excepción del hierro para la avena porque esta tiene mayor contenido que la cebada (INCAP y OPS, 2000).

Dentro de sus propiedades nutricionales se puede mencionar al alto contenido de vitaminas del grupo B, entre las cuales se puede mencionar el ácido fólico. Ayuda a controlar los niveles de azúcar y colesterol en la sangre, por la cantidad de fibra soluble que contiene. Adicionalmente aporta minerales como calcio, zinc, potasio y fósforo, que son importantes para el correcto funcionamiento del organismo.

Tabla II. **Valor nutritivo (macronutrientes) de cereales (por 100 gramos)**

Cereal	Calorías	Proteínas (g)	Carbohidratos (g)	Grasa (g)	Fibra (g)
Avena (mosh)	378	14.4	66.1	6.9	6.6
Cebada	348	9.7	75.4	1.9	6.5
Centeno	334	12.1	73.4	1.7	1.8
Sorgo	342	8.8	76.3	3.2	2.3
Trigo duro	330	12.3	71.7	1.8	2.3

Fuente: INCAP y OPS (2000). *Cereales y sus productos*.

Tabla III. **Valor nutritivo (micronutrientes) de cereales (por 100 gramos)**

Cereal	Calcio (mg)	Hierro (mg)	Fósforo (mg)	Tiamina (mg)
Avena (mosh)	5.2	5.5	414	0.61
Cebada	55	4.5	341	0.4
Centeno	38	3.7	376	0.4
Sorgo	46	3.4	354	0.5
Trigo duro	46	3.4	354	0.5

Fuente: INCAP/OPS (2000). *Cereales y sus productos*.

7.3.4. Usos

Puede usarse el grano para alimentar animales o para productos de consumo humano. Normalmente es utilizada para elaborar harina y obtener de tal manera pan integral, el agua que se obtiene de la cebada se consume como bebida y también puede ser utilizada como espesante de sopas (INCAP y OPS, 2000).

7.3.5. Proteína de cebada

La proteína es un factor que interviene en la calidad del grano, ya que de esto influye en la elaboración de malta y cerveza, pero la cantidad de proteína no debe superar el 11 %. Asimismo, la proteína es importante para utilizar la cebada como alimento de animales. La cantidad de proteína depende de muchos factores, dentro de los cuales se pueden mencionar la época de siembra, el año, la localidad y la variedad, porque no todos los lugares cuentan con las mismas condiciones climáticas, ni de suelo (Beratto y Peyrelongue, 1986).

7.4. Formulación de productos alimenticios

El resultado de la mezcla de 2 o más ingredientes, se define como un alimento formulado. Este alimento formulado según especificaciones establecidas, el proveedor o fabricante lo procesa con otras sustancias para obtener varios productos con diferentes características (Barrios, 2017).

7.4.1. Formulación de mezclas vegetales

Se consideran como proteínas de mejor calidad a aquellas que provienen de los animales, ya que logran aportar al organismo en cantidad óptima a todos

los aminoácidos esenciales. Caso contrario con las proteínas de origen vegetal, ya que para una mezcla vegetal es necesario agregar pequeñas cantidades de otras proteínas que posean el aminoácido que logre mejorar y complementar a la proteína limitante o deficiente (Boteo, 2018).

El ejemplo más conocido de mezclas vegetales es la Incaparina en Guatemala, que consta de la combinación de harina de torta de semilla de algodón con harina de maíz y con ello, se mejora la calidad de los alimentos disponibles en Centroamérica (INCAP/OPS, 1961).

Para INCAP y OPS (1973). las mezclas vegetales se conforman por la combinación de un cereal y una leguminosa, para obtener como resultado un alimento con buen contenido proteico que disminuya la desnutrición de este tipo en los niños, ya que se considera como una de las razones más frecuentes de mortalidad y morbilidad.

7.4.2. Productos líquidos en base a semillas

Debido a la vida moderna, las personas se han interesado por consumir alimentos que aporten bajo contenido calórico y fáciles de digerir, con el fin de poderlos consumir fácilmente. No solo las personas que son vegetarianas pueden consumirlo, si no también personas intolerantes a la lactosa y que buscan una alternativa saludable para cumplir con el requerimiento dietético. La ventaja es que las legumbres o cereales, aportan un alto contenido de minerales, vitaminas, ácidos grasos, aminoácidos y otras sustancias, estas mismas fortalecen el sistema inmune, al funcionamiento del sistema nervioso y circulatorio, y a la actividad mental.

Para producir una bebida a base de semillas, normalmente se tritura el cereal o semilla en sí, luego se le agregan los complementos y agua, tanto para mejorar el sabor como su vida de anaquel. Estas bebidas de origen vegetal muchas veces son mejores que las de origen animal por la cantidad de nutrientes que aportan al consumidor (Soteras, 2011).

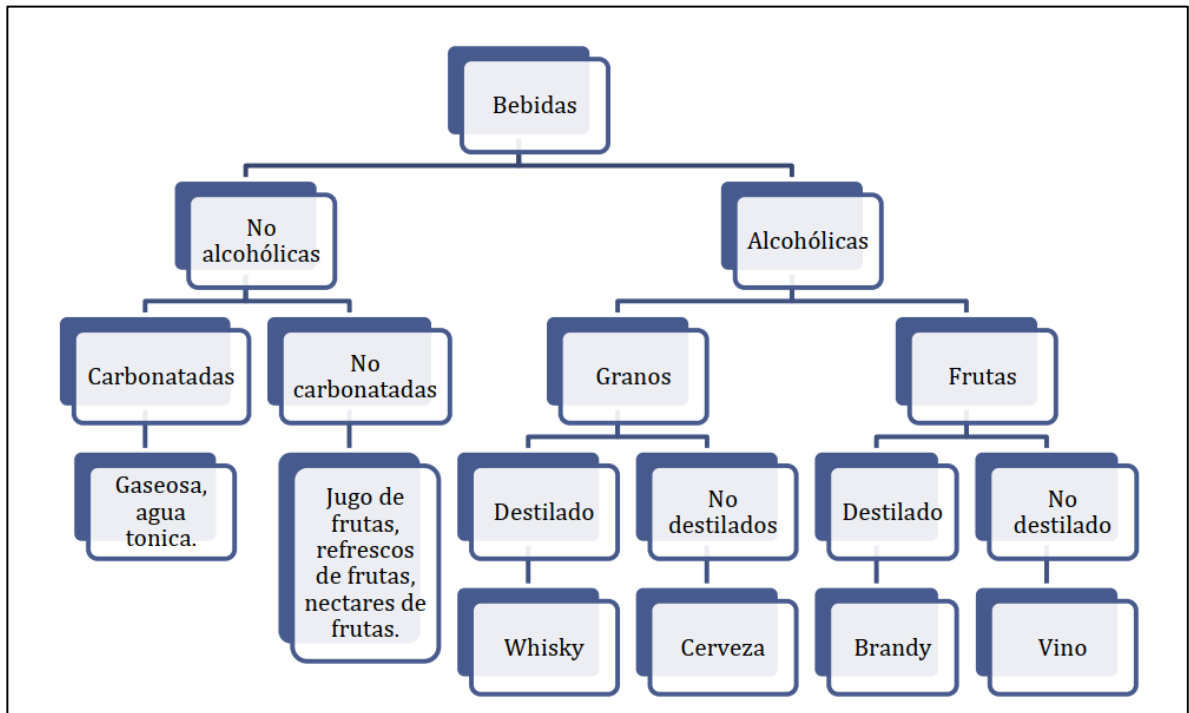
7.5. Producción de bebidas

Dentro de la producción de bebidas, se pueden mencionar los siguientes temas.

7.5.1. Tipos de bebidas

La industria alimenticia se divide en diferentes ramas, dentro de las más importantes se puede mencionar la manufacturación de bebidas. El crecimiento de esta rama de la industria alimenticia se debe a la alta demanda en el mercado y a continuación, se muestra la clasificación de las bebidas (Jacomé, 2013).

Figura 3. **Categorización de bebidas**



Fuente: Jacomé (2013). *Desarrollo de una bebida funcional elaborada a base de extracto de Muicle (Justicia spicigera).*

7.5.2. Especificaciones técnicas

Según Barrios (2017), se consideran como especificaciones técnicas al documento que describe las características de un producto en específico y la muestra clara y concretamente, para asegurar que la información sea la correcta. Normalmente las especificaciones técnicas se conocen como ficha técnica. La información contenida en la ficha técnica se usa como referencia y control de la empresa, cuando se tienen clientes que la requieren o proveedores que la proporcionan. La ficha técnica sirve como referencia para realizar el control de calidad que corresponde a la materia prima, material de empaque, producto, entre otros; que ingresan o salen de la empresa.

Según Barrios (2017), la ficha técnica debe presentar la siguiente información:

- Nombre del producto: es el nombre con el cuál se va a sacar al mercado el producto.
- Descripción: en base a lo establecido en el Reglamento Técnico Centroamericano, se detalla una descripción del producto.
- Presentación: esto corresponde al contenido del producto, es decir el peso que corresponde al tamaño con el que se desea comercializar. La unidad de medición varía en según el tipo de producto si son productos líquidos como bebidas se coloca en mililitros y en el caso de productos secos se coloca en gramos.
- Nombre y dirección del fabricante: en este apartado se coloca el nombre de la empresa donde se elaboró el producto, asimismo como la dirección exacta y en la ciudad que se encuentra.
- Etiquetado nutricional: se detalla en base a la legislación que corresponde, en este caso el Reglamento Técnico Centroamericano de etiquetado.
- Empaque: es el tipo de envase que va a contener el producto, se detalla describiendo sus características como la capacidad, el tipo de material del cual está hecho y si necesita sellarse o no.
- Características organolépticas: se describen todas las características del producto que se pueden percibir por los sentidos, por ejemplo: olor, color, sabor y textura.

- Condiciones de almacenamiento/distribución: es aquella información relacionada al manejo del producto para que no se dañe mediante el cumplimiento de las condiciones básicas que permitan garantizar la inocuidad y calidad de este, durante su distribución o almacenamiento.
- Formulación: es la cantidad detallada de cada ingrediente, se puede expresar como porcentaje en función del peso del producto y su rendimiento cuando se suman todos los ingredientes.
- Diagrama de proceso de la elaboración del producto: se describen los pasos a seguir para elaborar el producto y empacarlo, dentro de esto se incluye el equipo, materia prima, material de empaque y herramientas a utilizar, asimismo debe incluir los parámetros, los puntos de control y los puntos críticos de control.
- Precio costo y valor sugerido de venta: este se determina en función de los precios de la mano de obra, los ingredientes, el deterioro de la maquinaria e infraestructura, los volúmenes de producción, los canales de distribución y el número de producciones.
- Ingredientes: es el listado de todos los componentes e ingredientes que conforman al producto en sí, se colocan en el orden de los ingredientes corresponde a la cantidad de cada uno, se colocan de mayor a menor proporción.
- Instrucciones de consumo: si el alimento lo requiere debe indicar su proceso de preparación para su consumo.

- Tiempo de vida útil: es el tiempo en el cual el producto va a conservar la calidad, la cual podría disminuir tolerablemente y se descarta en el momento que no se aceptan alguno de sus parámetros.
- Declaración de alérgenos: si en dado caso el alimento contiene alguno de los 14 tipos de alérgenos, estos deben ser declarados según lo indicado en el Reglamento Técnico Centroamericano.

7.5.3. Preservación de bebidas a bajas temperaturas

Este método de conservación reduce la actividad de los microorganismos y enzimática, con el fin de alargar la vida de anaquel de los alimentos sin afectar drásticamente sus características químicas y físicas cuando se someten a condiciones de baja temperatura (Domínguez, 2017).

Tabla IV. Metodologías de conservación a bajas temperaturas

Método	Descripción
Refrigeración	Método de conservación donde el alimento se mantiene a temperaturas bajas por encima de los 0 °C, la vida útil del alimento depende netamente del alimento, su procesamiento y el tipo de empaque.
Congelación	El alimento se mantiene a temperaturas menores a la de congelación (0 °C), se alarga la vida de anaquel por mayor tiempo en comparación con la refrigeración, ya que retrasa los cambios químicos, físicos y microbiológicos. Normalmente la temperatura promedio de almacenamiento oscila entre -18 °C a -35 °C.

Continuación tabla IV.

Ultracongelación	El alimento se congela en menor tiempo a una temperatura más baja que en la congelación, aproximadamente -40 °C por 120 minutos, este método ayuda a conservar la estructura física de los alimentos.
------------------	---

Fuente: Domínguez (2017). *Formulación y métodos de conservación de una bebida a partir de la hoja de teberinto (Moringa oleífera)*.

7.5.4. Preservación de bebidas a altas temperaturas

Son los métodos utilizados para eliminar o reducir los microorganismos patógenos y sus esporas, aplicando altas temperaturas (Domínguez, 2017).

Tabla V. **Métodos de conservación a altas temperaturas**

Método	Descripción
Pasteurización	Consta de la eliminación parcial o reducción de microorganismos, mediante el calentamiento de un alimento en un intervalo de temperatura de 65 a 130°C aproximadamente, por un período de tiempo (depende del tipo de pasteurización y el tipo de alimento) y luego, se enfría rápidamente para evitar la zona de riesgo para el crecimiento de los microorganismos patógenos.
Esterilización comercial	Este método es un tratamiento térmico, que permite eliminar por completo todos los microorganismos patógenos y no patógenos, se aplican altas temperaturas por un cierto período de tiempo según el tipo de alimento. El método se aplica sobre el alimento ya envasado, y permite alargar su vida de anaquel.

Continuación tabla V.

Uperización	Se le conoce así a la pasteurización UHT (<i>ultra high temperature</i>), esta permite almacenar el alimento a condiciones ambiente por un largo período de tiempo. Se aplican altas temperaturas por inyección de vapor eliminando las bacterias y sus esporas.
Ebullición	El tiempo de conservación de los alimentos que se someten a este tratamiento, se conservan alrededor de 4 a 10 días. En este método los alimentos son sometidos a temperaturas de ebullición por períodos variables, para asegurar que la mayor parte de la flora microbiana es destruida.

Fuente: Domínguez (2017). *Formulación y métodos de conservación de una bebida a partir de la hoja de teberinto (Moringa oleífera)*.

7.5.5. Aditivos y conservantes

Según Mañumel (2015), se les considera así a aquellas sustancias que se adicionan intencionalmente a bebidas y/o alimentos, con el fin de que sus propiedades iniciales se preserven, evitando que microorganismos y procesos de oxidación las alteren. Estas sustancias también se utilizan para estabilizar y modificar las características organolépticas y físicas de los alimentos.

7.6. Requerimientos nutricionales

Según el INCAP y OPS (2012), a las cantidades de nutrientes y energía que los alimentos deben suministrar a los individuos de una población para satisfacer sus necesidades nutricionales, se le llama recomendaciones dietéticas diarias (RDD).

7.7. Mezclado

Para Barrios (2017), es el proceso que corresponde a la combinación de los ingredientes o materia prima que se colocan dentro de un solvente con el objetivo de obtener una mezcla homogénea, lo cual permite obtener un producto final más llamativo y con mejor aporte nutricional para el consumidor.

7.7.1. Mezclado de alimentos fluidos

Al momento de mezclar los alimentos es necesario que esté mezclado sea intenso, debido a que la consistencia de la mayoría es como la de un fluido no newtoniano y por ello, cambia en función de la velocidad de agitación (Colina, 2017).

7.7.2. Tipos de fluidos

Existen dos clasificaciones de fluidos, los cuales son: fluidos newtonianos y fluidos no newtonianos. A continuación, se muestra una breve explicación de estos.

7.7.2.1. Fluidos newtonianos

Según Colina (2017), se consideran a aquellos alimentos cuya viscosidad es constante en función del tiempo, ni la agitación, solamente depende de la composición y la temperatura. Dentro de estos alimentos se puede mencionar: vino, agua, leche, entre otros.

7.7.2.2. Fluidos no newtonianos

Se consideran a aquellos alimentos cuya viscosidad no es constante en función del tiempo. Estos se dividen en viscoelásticos y pseudoplásticos, dilatantes y tixotrópicos (Colina, 2017).

7.7.3. Mezclado de líquidos de mediana y baja viscosidad

Para Colina (2017), durante el mezclado la solubilidad y la viscosidad son las propiedades físicas que más afectan. Cuando la viscosidad del fluido es baja, se debe someter dicho fluido a una turbulencia para que el mezclado sea más homogéneo.

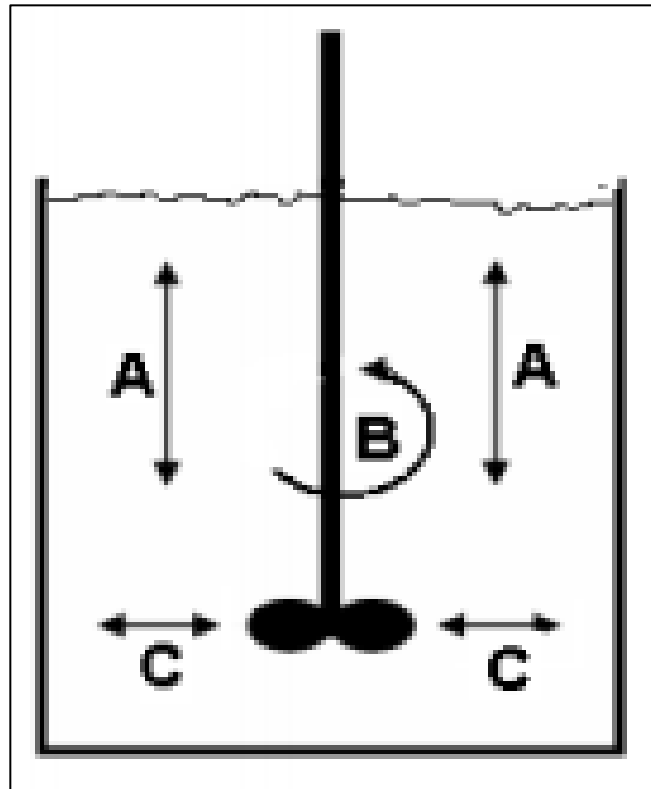
Las mezcladoras utilizadas para líquidos pueden ser abiertas o cerradas, donde las partes que lo conforman son: un tanque o recipiente, un agitador que se encuentra colgado en la parte de arriba del tanque. Al momento de diseñar el tanque de mezclado se deben evitar los bordes rectos, por ello es mejor tener un fondo redondeado para que las corrientes del fluido penetren de tal forma que el mezclado sea homogéneo (Colina, 2017).

7.7.3.1. Componentes de velocidad

- Velocidad longitudinal A: esta velocidad es aquella que se ejerce paralelamente al eje de la mezcladora.
- Velocidad rotacional B: esta velocidad es aquella que se ejerce tangencialmente al eje de la mezcladora.

- Velocidad radial C: esta velocidad es ejercida de forma perpendicular al eje de la mezcladora.

Figura 4. Componentes de velocidad en una mezcladora



Fuente: Colina (2017). *Mezclado de alimentos fluidos*.

Las velocidades A (longitudinal y radial) son las que más influyen en la mezcla, mientras que la velocidad B (rotacional) es la que produce el flujo laminar que forma remolinos o vórtices, pero el líquido no se mezcla y podría atrapar aire, lo cual no se desea (Colina, 2017).

Para evitar la formación de remolinos o vértices, para garantizar un mezclado eficiente se puede colocar el agitador desplazado del centro del tanque

o inclinado dentro del tanque o agregando baffles (placas deflectoras), estos baffles permiten un mejor mezclado al aumentar la turbulencia en el fluido (Colina, 2017).

7.7.3.2. Mezcladoras para líquidos de baja y media viscosidad

- Mezcladoras de paletas o palas

Según Colina (2017), es la más común, ya que únicamente consiste de una hoja plana que está sostenida en el eje de rotación y puede girar a velocidades en un intervalo de 20 y 150 RPM.

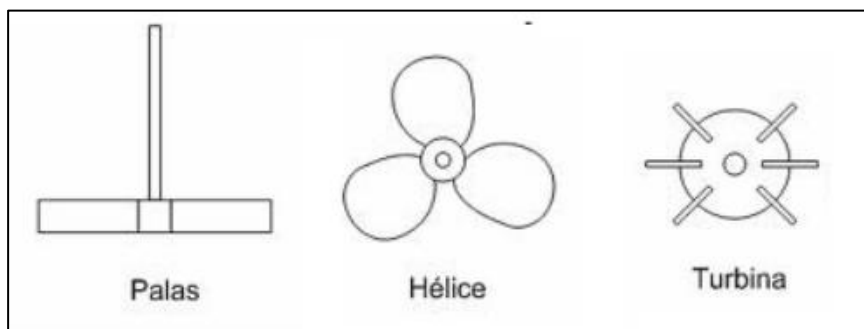
- Mezcladoras de hélice

Son utilizadas para líquidos poco viscosos, ya que puede producir corrientes rotatorias y axiales; para evitar remolinos, esta mezcladora suele montarse inclinada o fuera del centro (Colina, 2017).

- Mezcladoras de turbina

Está compuesta por hojas que están incrustadas sobre un rodete. El líquido se mueve a velocidades desde 30 a 500 RPM, aproximadamente e impulsa al líquido radialmente contra las paredes del tanque (Colina, 2017).

Figura 5. **Mezcladoras para líquidos de baja y media viscosidad**



Fuente: Colina (2017). *Mezclado de alimentos fluidos*.

Tabla VI. **Ventajas y desventajas de las mezcladoras para líquidos de baja y media viscosidad**

Tipo de mezcladora	Ventajas	Desventajas
De paletas	Es económica en comparación con el resto. Produce un buen flujo rotacional y radial.	El flujo perpendicular es escaso, y es muy probable de generar vórtices.
De hélice	Produce un buen flujo tanto rotacional, como longitudinal y radialmente.	En comparación con la mezcladora de paletas es más cara.
De turbina	Mezcla muy bien.	Existen riesgos de que se atasque y es más cara que el resto.

Fuente: Colina (2017). *Mezclado de alimentos fluidos*.

7.8. Métodos de análisis para el desarrollo de una bebida

Existen diferentes métodos de análisis al momento de desarrollar una bebida, en este caso se menciona el análisis físico, bromatológico, sensorial, microbiológico y los análisis estadísticos.

7.8.1. Análisis físico

Según Domínguez (2017), es la evaluación de las características físicas del alimento sin alterar su composición, dichas características se pueden modificar en función de la necesidad de cada persona ya que pueden cortarse, y desde ese momento provocan cambios como: forma, densidad, color, olor, viscosidad, solubilidad, entre otros.

7.8.2. Análisis bromatológico

Es el análisis que se le realiza a los alimentos para conocer la naturaleza, su composición química y como se ve afectado bajo diferentes condiciones. Es de suma importancia, ya que se centra en el estudio de los alimentos desde diferentes perspectivas tomando en cuenta desde la materia prima, su producción, comercialización y consumo (Barrios, 2017).

Según Barrios (2017), en la bromatología se incluyen los siguientes aspectos:

- Química y bioquímica de los alimentos: describe los cambios y/o reacciones que se llevan a cabo cuando los componentes de un producto entran en contacto, toma en cuenta la estructura y las propiedades de cada componente.

- **Análisis de los alimentos:** se relaciona con el control de calidad, para esto se aplican los principios, métodos y técnicas analíticas que permitan determinar cualitativa y cuantitativamente los componentes del producto alimenticio.
- **Microbiología de los alimentos:** sirve para caracterizar la presencia y/o actividad de microorganismos en el alimento, ya sea que afecten positiva o negativamente. Asimismo, es necesario conocer si hay o no microorganismos patógenos que puedan afectar al consumidor.
- **Tecnología de los alimentos:** es la aplicación de todos los pasos a seguir para elaborar un alimento de calidad, según los estándares establecidos.
- **Dietética:** se encarga de producir alimentos que puedan satisfacer los nutrientes que requieren los diferentes grupos de la población para que tengan la alimentación adecuada. En este se relacionan las proporciones de cada uno de los ingredientes y el procesamiento para obtener el producto como tal.

7.9. Criterios microbiológicos

Según el Reglamento Técnico Centroamericano (2018), una bebida a base de cereales debe cumplir con lo siguiente.

Tabla VII. **Criterios microbiológicos de bebidas a base de cereales**

Parámetro	Límite permitido
<i>Escherichia coli</i>	< 3 NPM/g o < 10 UFC/g
Salmonella spp.	Ausencia/25 g

Fuente: Reglamento Técnico Centroamericano (2018). *Criterios microbiológicos para la inocuidad de los alimentos.*

7.10. Análisis sensorial

Según Belloso (2017), el análisis sensorial es definido como una disciplina científica que se utiliza para medir, analizar e interpretar la percepción de las características que constituyen a un nuevo alimento y esto se percibe mediante los sentidos del gusto, olfato, tacto, vista y oído. A partir de este análisis sensorial, se puede medir el nivel de aceptabilidad de un producto que se ve respaldado por los análisis físicos, químicos y bromatológicos.

Tabla VIII. **Metodología para análisis sensorial**

Análisis	Descripción del método	Metodología
Visual	Se evalúan todas las características que pueden ser percibidas por la vista como: el color, la forma, el tamaño del alimento, opacidad, brillo, turbidez y transparencia.	Un grupo de panelistas realizan los análisis sensoriales, y se comparan los resultados entre las diferentes muestras.
Olor	Es la estimulación que se percibe al momento de inhalar, esto previene que cualquier substancia que produzca un olor volátil.	

Continuación tabla VIII.

Sabor	Es la percepción que se genera mediante la conexión entre el sentido del olfato y del gusto, los sabores se perciben en las diferentes secciones de la lengua.
Aroma	Se le conoce así a la esencia que estimula el sentido del olfato, en este caso la esencia del alimento.

Fuente: Domínguez (2017). *Formulación y métodos de conservación de una bebida a partir de la hoja de teberinto (Moringa oleífera)*.

7.10.1. Prueba hedónica

Es la prueba que se aplica para saber qué tanto le agrada o desagrada un producto, esta prueba utiliza escalas cualitativas que describen aceptación o rechazo y se utilizan las frases como; me gusta muchísimo o no me agrada, ni me desagrada o me disgusta muchísimo. Las personas que prueban el alimento, es decir, los panelistas escogen una opción para poder analizar sus respuestas (Belloso, 2017).

7.10.2. Análisis estadístico para la aceptación del análisis sensorial

Para la realización de este análisis se utilizan encuestas, en donde se colocan interrogantes y se permiten registrar datos, para conocer la opinión respecto a un alimento, donde aquí se incluye la escala hedónica que va en base al análisis organoléptico (Domínguez, 2017).

7.11. Pruebas POST-HOC

Son las pruebas que permiten determinar las medias que difieren. La prueba de rango POST-HOC ayuda a poder diferenciar medias entre sí, cuando es muy difícil hacerlo dentro de subconjuntos homogéneos (SEFO, 2019).

7.11.1. Prueba de Tukey

Esta prueba es utilizada para experimentos que tienen una cantidad muy grande de comparaciones (SEFO, 2019).

7.11.2. Prueba de Scheffé

Se relaciona con la prueba de análisis de varianza, y es incluida dentro del grupo de pruebas que se llaman de comparaciones múltiples. Esta prueba es aplicada para realizar comparaciones múltiples en base a las medias de grupos (SEFO, 2019).

7.11.3. Método de la diferencia mínima de Fisher

Con este método se calcula la diferencia crítica que permite comparar cada par de promedios, también se pueden construir intervalos de confianza para las diferencias por pares y utiliza tasas de error individuales (SEFO, 2019).

7.11.4. Prueba del rango múltiple (Duncan)

Realiza la prueba entre las medias, iniciando con la media mayor contra la segunda más grande, y así repetidamente, compara cada caso con un valor crítico que se obtiene por tablas (SEFO, 2019).

7.11.5. Prueba de Bonferroni

Es un método que es empleado para controlar el nivel de confianza para un conjunto de intervalos (SEFO, 2019).

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

HIPÓTESIS

RESUMEN DEL MARCO TEÓRICO

INTRODUCCIÓN

1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Alimento

2.2. Cereales

2.2.1. ¿Qué son?

2.2.2. Características

2.2.2.1. Estructura de los granos de cereal

2.2.2.1.1. Salvado o cáscara

2.2.2.1.2. Germen o embrión

2.2.2.1.3. Endospermo o núcleo

2.1. Generalidades de la cebada

2.1.1. Descripción

2.1.1.1. Taxonomía botánica

- 2.1.2. Clases de cebada
 - 2.1.2.1. Cebada de dos carreras o cebada cervecera
 - 2.1.2.2. Cebada de seis carreras o cebada caballar
 - 2.1.2.3. Cebada de cuatro carreras
- 2.1.3. Características y propiedades nutricionales de la cebada
- 2.1.4. Usos
- 2.1.5. Proteína de cebada
- 2.2. Formulación de productos alimenticios
 - 2.2.1. Formulación de mezclas vegetales
 - 2.2.2. Productos líquidos en base a semillas
- 2.3. Producción de bebidas
 - 2.3.1. Tipos de bebidas
 - 2.3.2. Especificaciones técnicas
 - 2.3.3. Preservación de bebidas a bajas temperaturas
 - 2.3.4. Preservación de bebidas a altas temperaturas
 - 2.3.5. Aditivos y conservantes
- 2.4. Requerimientos nutricionales
- 2.5. Mezclado
 - 2.5.1. Mezclado de alimentos fluidos
 - 2.5.2. Tipos de fluidos
 - 2.5.2.1. Fluidos Newtonianos
 - 2.5.2.2. Fluidos no Newtonianos
 - 2.5.3. Mezclado de líquidos de mediana y baja viscosidad
 - 2.5.3.1. Componentes de velocidad
 - 2.5.3.1.1. Velocidad longitudinal A
 - 2.5.3.1.2. Velocidad rotacional B
 - 2.5.3.1.3. Velocidad radial C

- 2.5.3.2. Mezcladoras para líquidos de baja y media viscosidad
 - 2.5.3.2.1. Mezcladoras de paletas o palas
 - 2.5.3.2.2. Mezcladoras de hélice
 - 2.5.3.2.3. Mezcladoras de turbina
- 2.6. Métodos de análisis para el desarrollo de una bebida
 - 2.6.1. Análisis físico
 - 2.6.2. Análisis bromatológico
- 2.7. Criterios microbiológicos
- 2.8. Análisis sensorial
 - 2.8.1. Prueba hedónica
 - 2.8.2. Análisis estadístico para la aceptación del análisis sensorial
- 2.9. Pruebas POST-HOC
 - 2.9.1. Prueba de Tukey
 - 2.9.2. Prueba de Scheffé
 - 2.9.3. Método de la diferencia mínima de Fisher
 - 2.9.4. Prueba del rango múltiple (Duncan)
 - 2.9.5. Prueba de Bonferroni
- 3. PROCESO DE ELABORACIÓN DE BEBIDA
 - 3.1. Determinación de número de formulaciones y su composición
 - 3.2. Elaboración de bebida a base de proteína de cebada
- 4. EVALUACIÓN NUTRICIONAL Y DE CONTROL DE CALIDAD
 - 4.1. Preparación de muestras
 - 4.2. Métodos de análisis
- 5. EVALUACIÓN SENSORIAL

5.1. Preparación de muestras

5.2. Panel sensorial

5.3. Análisis estadístico

6. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

APÉNDICES

ANEXOS

9. METODOLOGÍA

9.1. Tipo de estudio

El estudio a realizar es considerado de tipo cuantitativo con un alcance correlacional, ya que este se enfoca en una formulación, relacionándola con las variables que abarcan sus propiedades físicas, químicas y sensoriales, para determinar la formulación óptima.

9.2. Diseño de Investigación

Se llevará a cabo un diseño de tipo experimental, dado que se tomarán datos a nivel laboratorio al momento de desarrollar las diferentes pruebas con las formulaciones propuestas, manipulando las condiciones. El muestreo será de tipo sistemático, debido a que se realizarán diferentes combinaciones de los ingredientes con intervalos homogéneos limitados por criterios de producción y seguridad.

9.3. Variables de estudio

A continuación, en la tabla IX, se presentará la descripción de las variables que se evaluarán en el presente estudio.

Tabla IX. Descripción de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional
Composición (x_i)	Es la cantidad o porcentaje en masa de cada uno de los elementos que componen a un objeto en sí.	Fórmula en porcentaje de cada uno de los ingredientes que componen a la bebida a base de proteína de cebada. (%)
Número de formulaciones (N)	Cantidad de posibles formulaciones a elaborar del producto.	Número de formulaciones a elaborar, tomando en cuenta los diferentes porcentajes de los ingredientes que componen a la bebida a base de proteína de cebada. (adimensional)
Sólidos solubles (S)	Son aquellos compuestos solubles en agua que forman parte de una solución, como lo son: azúcares, sales, ácidos, entre otros.	La concentración de sólidos solubles expresada por 100 gramos de fase líquida, se le llama grados Brix. (°Brix)
pH	Es el coeficiente que indica el grado de acidez o basicidad de una solución acuosa.	Se mide mediante un potenciómetro del cual se obtienen los valores de pH entre 0 y 14. (adimensional)
Viscosidad (μ)	Propiedad de los líquidos que describe la resistencia del líquido a fluir y que se relaciona con la fricción interna de dicho líquido.	La viscosidad dinámica se calcula mediante la siguiente fórmula: $\mu = \frac{\pi \cdot \Delta P \cdot R^4}{8 \cdot Q \cdot L} \left(\frac{kg}{m \cdot s} \right) \quad (\text{Ec. 1})$
Densidad (ρ)	Se define como la relación que existe entre la masa y volumen de una sustancia.	La densidad se calcula por medio de la siguiente fórmula: $\rho = \frac{M}{v} \left(\frac{kg}{m^3} \right) \quad (\text{Ec. 2})$
Proteína cruda (x_{pc})	Se refiere a la cantidad de nitrógeno que se encuentra como proteína en el alimento.	Valor en porcentaje, obtenido a partir de un análisis bromatológico. (%)

Continuación tabla IX.

Fibra cruda (x _{fc})	Se les conoce así a todas las sustancias orgánicas que no contienen nitrógeno, que no se disuelven tras hidrólisis sucesivas.	Valor en porcentaje, obtenido a partir de un análisis bromatológico. (%)
Lípidos crudos (x _{Lc})	Son las grasas que se encuentran contenidas en un alimento y que no están compuestas por proteínas. Además, no son solubles en agua.	Valor en porcentaje, obtenido a partir de un análisis bromatológico. (%)
Cenizas (c)	Se le conoce así al residuo orgánico que se obtiene luego de calcinar la materia orgánica.	Valor en porcentaje, obtenido a partir de un análisis bromatológico. (%)
Extracto libre de nitrógeno (ELN)	Es aquel que está constituido por los carbohidratos digeribles, vitaminas y compuestos orgánicos solubles no nitrogenados que se encuentran presentes en los alimentos.	Valor en porcentaje, obtenido a partir de un análisis bromatológico. (%)
Porcentajes de aceptabilidad (A)	Es conocido como un índice que permite medir la cantidad de muestras que son aceptadas por parte de un grupo específico.	De un conjunto total de muestras se realiza el cálculo con respecto a las aceptadas de la forma: $A = \frac{\text{Aceptadas}}{\text{Muestra total}} * 100 \% \text{ (Ec. 3)}$
Formulación óptima (Fo)	Es aquella formulación que presenta la composición del producto, que presentó mayor aceptabilidad a partir de diferentes análisis.	Fórmula en porcentaje de cada uno de los ingredientes que componen a la bebida a base de proteína de cebada con mayor aceptabilidad. (%)

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

9.4. Fases del estudio

A continuación, se muestran cada una de las fases que comprenden el desarrollo del tema de estudio.

9.4.1. Fase 1: Exploración bibliográfica

Se hará una exploración sobre los conceptos generales de los cereales, sus características, su estructura y usos, haciendo énfasis en la cebada como cereal de interés para este estudio. Se hará una recopilación de documentos sobre la cebada, su proteína y el valor nutricional que representa al momento de formular productos alimenticios.

Se tratará el tema de bebidas de origen vegetal desde su formulación, su producción, sus especificaciones técnicas y la preservación de estas aplicando altas o bajas temperaturas. Asimismo, es importante que se deben conocer los aditivos y conservantes que contribuyan al alimento en sabor y/o en su vida de anaquel.

Para la elaboración de una bebida a base de proteína de cebada, es necesario conocer el tipo de fluido que se desea obtener y el mezclado que mejor aplique según su viscosidad. Finalmente se proporcionará un contexto sobre las pruebas a realizar en una bebida, como lo son las fisicoquímicas, bromatológicas y sensoriales; también se presenta una breve introducción de las pruebas POST-HOC que sirven como apoyo para las diferentes formulaciones.

9.4.2. Fase 2: Número de posibles formulaciones

Para determinar el número de posibles formulaciones y la composición de estas, se realizará lo siguiente.

- Análisis funcional de los ingredientes: se investigará la función de cada uno de los ingredientes del producto final, para establecer su indispensabilidad en la formulación.
- Límites permisibles: se indagarán los límites permisibles de cada uno de los ingredientes en las normativas que competen a Guatemala. Asimismo, se tomará en cuenta la ingesta diaria recomendada y la ingesta máxima de una persona.
- Número de posibles formulaciones y sus combinaciones: a partir de los valores de los límites permisibles de cada ingrediente, se realizará una división del rango en un número de intervalos según el costo de prueba. Es decir, se probarán diferentes combinaciones con los ingredientes que serán ajustados con agua como solvente y a partir de ello, se evaluará el precio de las combinaciones para optimizar el experimento.

9.4.3. Fase 3: Elaboración de la bebida a base de proteína de cebada

En base a la cantidad de posibles formulaciones y su composición, se elaborarán las bebidas que cumplan con dichas condiciones.

A continuación, se presenta la tabla X donde se muestran la composición en porcentaje de los ingredientes que constituyen las diferentes formulaciones a elaborar.

Tabla X. **Posibles formulaciones**

Ingredientes	Formulación 1	Formulación 2	Formulación 3	Formulación 4	Formulación 5
	Porcentaje (%)	Porcentaje (%)	Porcentaje (%)	Porcentaje (%)	Porcentaje (%)
Proteína de Cebada	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %
Azúcar	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %
Sal	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %
Aditivo 1	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %
Aditivo 2	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %
Aditivo 3	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %
Aditivo 4	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %
Aditivo 5	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %
Aditivo 6	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %
Aditivo 7	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %
Aditivo 8	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %
Agua	CSP 100 %	CSP 100 %	CSP 100 %	CSP 100 %	CSP 100 %

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

A partir de las diferentes composiciones de las formulaciones, se pretende elaborar las bebidas a base de proteína de cebada a nivel laboratorio. Se tomarán las cantidades que corresponden de cada ingrediente y se evaluará que estos permitan obtener un producto homogéneo aplicando correctamente el proceso de mezclado. Se hará un análisis visual para ver si y se irán descartando las formulaciones en función de diferentes características.

9.4.4. Fase 4: Análisis de control de calidad de la bebida

Los análisis fisicoquímicos y bromatológicos de la bebida a base de proteína de cebada se realizarán con una entidad externa, por ello se muestra la metodología general que se emplearán para determinar diferentes parámetros.

9.4.4.1. Métodos de análisis fisicoquímicos

Se analizarán los sólidos solubles, pH, viscosidad y densidad, de la bebida a base de proteína de ceba y para ello se presenta un breve resumen de los métodos a utilizar.

- Sólidos solubles: al ser un líquido se puede medir mediante un refractómetro el cual indica la concentración de sacarosa y se expresa en grados Brix.
- pH: para poderlo medir de forma precisa en el laboratorio se utiliza un equipo llamado potenciómetro, el cual dispone de una pantalla donde se muestra el valor de pH medido de una disolución y cuya escala va de 0 a 14.
- Viscosidad: esta es medida mediante un instrumento llamado viscosímetro y que es empleado para medir la viscosidad y algunos otros parámetros de flujo de un fluido.
- Densidad: esta es medida mediante un instrumento llamado picnómetro que permite la medida precisa de la densidad de sólidos, líquidos y gases.

En la tabla XI se muestran los resultados de los análisis fisicoquímicos de las diferentes formulaciones.

Tabla XI. **Resultados de análisis fisicoquímicos**

Formulación	Sólidos solubles (°Brix)	pH (adimensional)	Viscosidad (kg/m*s)	Densidad (kg/m³)
Formulación 1				
Formulación 2				
Formulación 3				
Formulación 4				
Formulación 5				

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

9.4.4.2. Métodos de análisis bromatológico

Se analizará la proteína cruda, los lípidos crudos, la fibra cruda, ceniza y el extracto libre de nitrógeno de la bebida a base de proteína de ceba y para ello se presenta un breve resumen de los métodos a utilizar.

- **Proteína cruda:** se emplea el método de Kjeldahl, el cual evalúa el contenido de nitrógeno total en la muestra, después de ser digerida con ácido en presencia de un catalizador.
- **Lípidos crudos:** las grasas de la muestra se extraen con éter de petróleo y se evalúan como porcentaje del peso después de evaporar el solvente.
- **Fibra cruda:** se determina el contenido de fibra en la muestra, luego de que se digiere con soluciones de ácido sulfúrico e hidróxido de sodio y luego

se calcina el residuo. La cantidad de fibra se obtiene de la diferencia de pesos después de la calcinación.

- Ceniza: para obtener el contenido de ceniza se utiliza el método de calcinación, y es considerado como el contenido de minerales totales o material inorgánico en la muestra.
- Extracto Libre de Nitrógeno (ELN): este se obtiene como el resultado de restar a 100 los porcentajes calculados para cada nutriente.

En la tabla XII se muestran los resultados de los análisis bromatológicos de las diferentes formulaciones.

Tabla XII. **Resultados de análisis bromatológicos**

Formulación	Proteína cruda (%)	Lípidos crudos (%)	Fibra cruda (%)	Ceniza (%)	ELN (%)
Formulación 1					
Formulación 2					
Formulación 3					
Formulación 4					
Formulación 5					

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

9.4.5. Fase 5: Evaluación sensorial

Se llevará a cabo la evaluación de cada una de las formulaciones mediante un panel sensorial, que estará compuesto por 10 personas. Los y las panelistas deben cumplir con ciertos requisitos como lo son: no haber consumido algún

alimento, bebida, masticado chicle o haberse cepillado los dientes 30 minutos antes de la evaluación sensorial, no deben utilizar maquillaje que pueda entrar en contacto con los alimentos como labiales, no utilizar perfume, no padecer de alguna enfermedad que pueda afectar el sentido del olfato y el sentido del gusto, en el caso de mujeres de preferencia no estar embarazadas. Los y las panelistas se deben encontrar separados el uno del otro, esto con el fin de mantener distanciamiento social y evitar que pueda haber interferencias con los resultados a obtener.

Para medir la aceptación del producto, se pretende utilizar una escala hedónica de 9 puntos que abarca desde el disgusto extremo hacia el máximo nivel de gusto. El formulario que se utilizará para la evaluación permitirá llevar un control tanto para la aceptación en general como los atributos de apariencia, color de la bebida, textura, consistencia, olor y sabor.

Se proporcionará información general a los panelistas con respecto a la evaluación y cómo proceder para llenar el formulario. Se deberá informar que no existen respuestas correctas o incorrectas, ya que deben responder de acuerdo a lo que perciban con la mayor honestidad posible. Asimismo, cabe mencionar que los panelistas deberán enjuagarse el paladar con agua purificada, previo a cada ronda de evaluación.

En la tabla XIII, se muestra la tabla propuesta del formulario de evaluación y en la tabla XIV, se presenta la escala hedónica a utilizar para el formulario.

Tabla XIII. **Formulario de evaluación sensorial**

Formulación	Apariencia	Color de bebida	Textura	Consistencia	Olor	Sabor
Formulación 1						
Formulación 2						
Formulación 3						
Formulación 4						
Formulación 5						

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla XIV. **Escala hedónica de 9 puntos**

Escala	Puntos
Me disgusta exageradamente	1
Me disgusta mucho	2
Me disgusta moderadamente	3
Me disgusta levemente	4
No me gusta, ni me disgusta	5
Me gusta levemente	6
Me gusta moderadamente	7
Me gusta mucho	8
Me gusta exageradamente	9

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

9.4.6. Fase 6: Presentación y discusión de resultados

Se presentarán la cantidad de formulaciones propuestas y el resultado de estas, al llevar a cabo las diferentes combinaciones de los ingredientes, para obtener la formulación óptima. Así mismo, se proporcionarán los análisis de calidad y sensoriales del producto final y se discutirá sobre los mismos.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS

Para el análisis de la información se utilizan estas herramientas de la estadística descriptiva:

10.1. Herramientas de recolección de la información

- Tablas de datos para las posibles formulaciones
- Tablas de datos para resultados de análisis fisicoquímicos
- Tablas de datos para resultados de análisis bromatológicos
- Formulario de escala hedónica de 9 puntos
- Tablas de datos para resultados de evaluación sensorial

10.2. Herramientas de estadística descriptiva

- Análisis de varianza para la optimización de formulaciones
- Prueba POST-HOC de Hsu para inferir la mejor formulación
- Gráfica de telaraña o radial, para comparar los parámetros que se evalúan en el panel sensorial

11. CRONOGRAMA

A continuación, se presenta en la tabla XV, un cronograma de la ejecución de la investigación a desarrollar. Este se presenta de acuerdo con las fases definidas en la metodología.

Tabla XV. **Cronograma de la investigación**

Actividad	2022																								
	Enero		Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio						
Fase 1: Exploración bibliográfica	■	■																							
Fase 2: Número de posibles formulaciones			■	■																					
Fase 3: Elaboración de la bebida a base de proteína de cebada					■	■	■	■	■																
Fase 4: Análisis de control de calidad de la bebida										■	■	■	■												
Fase 5: Evaluación sensorial																		■	■						
Fase 6: Presentación y discusión de resultados																						■	■	■	■

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

El estudio se llevará a cabo en las instalaciones del laboratorio del área de Fisicoquímica en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Se cuenta con el permiso para realizar los ensayos y evaluaciones.

Las evaluaciones sensoriales se realizarán en un espacio abierto, tomando en cuenta las medidas necesarias contra el COVID-19.

A continuación, en la tabla XVI se presenta un detalle de los gastos que se proyectan para la realización del estudio.

Tabla XVI. **Gastos del estudio**

Rubro	Costo	Observación
Asesor	Q. 2500.00	
Materia Prima	Q. 500.00	CMC, agua, edulcorantes, entre otros
Análisis de Control de Calidad	Q.3000.00	
Papelería	Q. 100.00	
Evaluación Sensorial	Q. 200.00	Panelistas
TOTAL	Q. 6300.00	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Los gastos serán sufragados en su totalidad por el estudiante. Dado que la cantidad es asequible, la realización de estudio es posible.

13. REFERENCIAS

1. Acosta, O. y Terán, W. (2014). *Elaboración de una bebida funcional a base de cebada (*Hordeum vulgare*) y cacao en polvo (*Theobroma cacao L.*), edulcorado con Stevia (*Stevia rebaudiana Bertoni*)* (Tesis de licenciatura). Universidad Técnica del Norte, Ecuador. Recuperado de: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/2687/2/03%20EIA%20349%20ART.%20CIENTIFICO.pdf>.
2. Barrios, O. (2018). *Formulación y aceptabilidad de una bebida funcional a base de lactosuero, suplementada con colágeno. Estudio realizado en una industria láctea del municipio de San Cristóbal Totonicapán, departamento de Totonicapán* (Tesis de licenciatura). Universidad Rafael Landívar, Guatemala.
3. Beratto, E. y Peyrelongue, A. (octubre,1986). Contenido de proteína en el grano de cebada. *Investigación y Progreso Agropecuario Carillanca*, 5(4), 12-14.
4. Boteo, C. (2018). *Formulación y evaluación sensorial de una bebida tipo atol a base de harina de arroz (*Oryza sativa L.*) y harina de bledo (*Amaranthus hypochondriacus L.*) dirigida hacia escolares de primaria urbana del sector oficial de Santo Domingo, Suchitepéquez* (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

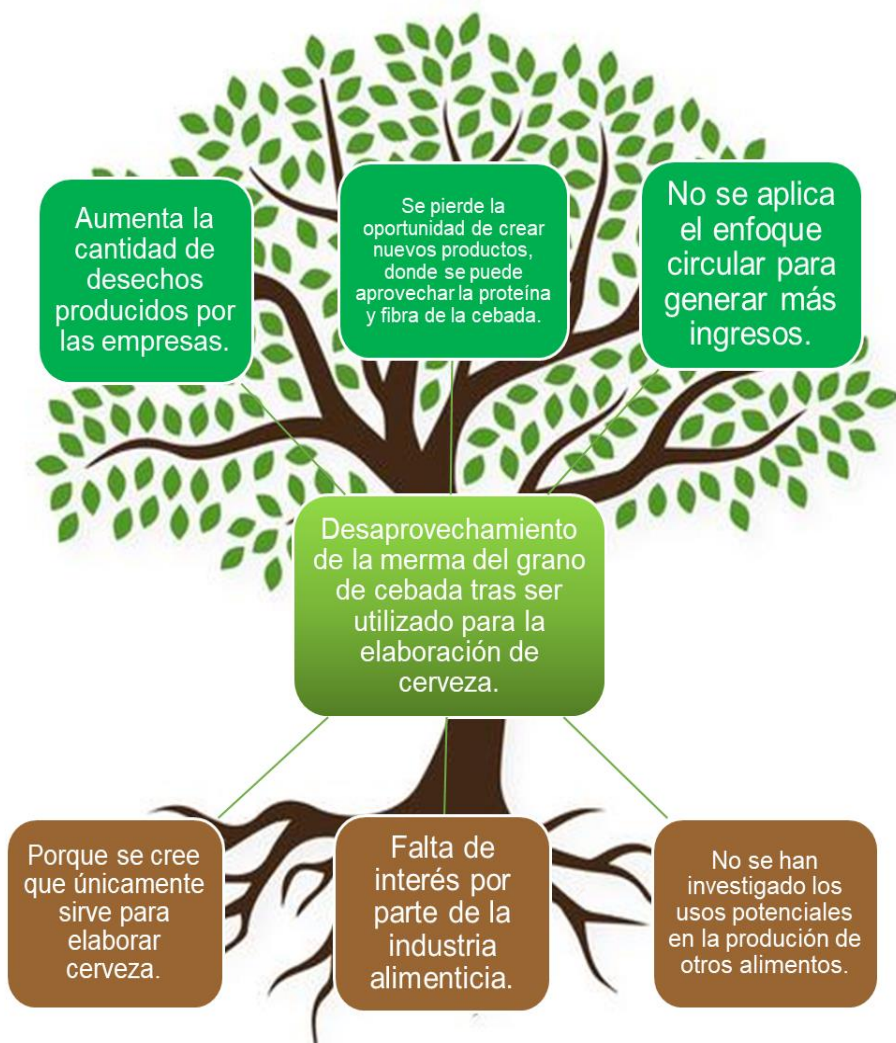
5. Cajamarca, B. y Montenegro, S. (2015). *Selección de una línea promisorio de cebada (Hordeum vulgare L.) bio-fortificada, de grano descubierto y bajo contenido en fitatos, en áreas vulnerables de la sierra sur ecuatoriana* (Tesis de licenciatura). Universidad de Cuenca, Ecuador.
6. Cazar, L., Cobos, A. y Acosta, S. (2011). *Diseño del proceso de una bebida líquida a base de cereales ecuatorianos: soya y cebada, como complemento alternativo en dietas de alto gasto energético* (Tesis de licenciatura). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador. Recuperado de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/16203/1/Dise%C3%B1o%20del%20Proceso%20de%20una%20Bebida%20L%C3%ADquida%20a%20Base%20de%20Cereales%20Ecuatorianos%20Soya%20y%20Cebada%20como%20Complemento%20Alternativo%20en%20Dietas%20de%20Alto%20Gasto%20Energ%C3%A9tico.pdf>.
7. Colina, L. (2017). *Mezclado de alimentos fluidos* (Tesis de licenciatura). Universidad Autónoma Metropolitana de México, México. Recuperado de <https://docplayer.es/24173053-Mezclado-de-alimentos-m-c-ma-luisa-colina-irezabal.html>.
8. Domínguez, A. (2017). *Formulación y métodos de conservación de una bebida a partir de la hoja de teberinto (Moringa oleífera)* (Tesis de licenciatura). Universidad de El Salvador, El Salvador.

9. González, M. (2020). *Métodos de análisis para la determinación de proteínas en cereales: amaranto y cebada* (Tesis de licenciatura). Universidad de Coruña, España.
10. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá y Organización Panamericana de la Salud. (1961). *Mezclas vegetales como fuente de proteína en la alimentación humana: desarrollo de la Incaparina*. Guatemala: Autor.
11. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá y Organización Panamericana de la Salud. (1973). *La Mezcla Vegetal de Bajo Costo y Rica en Proteínas*. Guatemala: Autor.
12. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá y Organización Panamericana de la Salud. (2000). *Cereales y sus productos*. Guatemala: Autor. Recuperado de <https://www.depadresahijos.org/INCAP/cereales.pdf>.
13. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá y Organización Panamericana de la Salud. (2012). *Recomendaciones dietéticas diarias del INCAP*. Guatemala: Autor.
14. Jácome, S. (2013). *Desarrollo de una bebida funcional elaborada a base de extracto de Muicle (Justicia spicigera)* (Tesis de licenciatura). Universidad Veracruzana, México.
15. Mañumel, J. (2015). *Preparadores*. España: Preparadores de oposiciones.

16. Masats, J. (2021). *Características del cereal cebada y sus propiedades*. España: Botanical-online.
17. Pacheco-Delahaye, E., Techeira, N., y García., A. (2008). *Elaboración y evaluación de polvos para bebidas instantáneas a base de harina extruida de ñame (Dioscorea alata)* (Tesis de licenciatura). Universidad Central de Venezuela, Venezuela. Recuperado de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0717-75182008000500008&script=sci_arttext&tlng=es.
18. Reglamento Técnico Centroamericano. (2018). *Criterios microbiológicos para la inocuidad de los alimentos. RTCA 67.04.50:17*. Guatemala: Autor.
19. Scientific European Federation Osteopaths. (2019). *Pruebas POST-HOC*. Madrid, España: Autor. Recuperado de <https://www.scientific-european-federation-osteopaths.org/wp-content/uploads/2019/01/PRUEBAS-POST-HOC.pdf>.
20. Soteras, E. (2011). *Obtención y formulación de una bebida en base de granos de amaranto* (Tesis de maestría). Universidad Nacional del Litoral, Argentina.

14. APÉNDICES

Apéndice 1. **Árbol del problema**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word.

Apéndice 2. Matriz de coherencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	VARIABLES	METODOLOGÍA	PLAN DE ACCIÓN
Pregunta principal ¿Cuál es la formulación óptima para una bebida, con la cual se puede aprovechar la proteína contenida en el grano de cebada (<i>Hordeum vulgare</i>)?	Objetivo general Establecer la formulación óptima para una bebida, con la cual se puede aprovechar la proteína contenida en el grano de cebada (<i>Hordeum vulgare</i>).	- Formulación óptima. - Porcentajes de ingredientes.		
Preguntas auxiliares 1. ¿Cuál es el número adecuado de posibles formulaciones que se deben comparar para la formulación óptima de una bebida a base de proteína de cebada?	Objetivos específicos 1. Estimar el número adecuado de posibles formulaciones que se deben comparar para la formulación óptima de una bebida a base de proteína de cebada.	- Número de posibles formulaciones	- Estimación estadística basada en los porcentajes de cada ingrediente. - Estimación de la cantidad de cada ingrediente en base a las formulaciones especificadas.	<ul style="list-style-type: none"> Investigar los ingredientes para complementar la elaboración de la bebida a base de proteína y los porcentajes que le corresponde a estos. (3 días) Selección de materias primas a utilizar (1 día) Realizar análisis estadísticos para calcular el número de formulaciones a realizar. (2 días)
2. ¿Qué características fisicoquímicas y bromatológicas poseen las posibles formulaciones de la bebida?	2. Caracterizar fisicoquímica y bromatológicamente las posibles formulaciones de la bebida, a través de su preparación y análisis de laboratorio para seleccionar la óptima.	- Características físicas. - Características químicas. - Análisis químico proximal.	Análisis de laboratorio: - sólidos solubles (°Brix) - pH - Viscosidad - Densidad - Proteína cruda. - Fibra cruda. - Lípidos crudos. - Ceniza. - Extracto libre de nitrógeno en la muestra.	<ul style="list-style-type: none"> Preparación de bebidas a partir de formulaciones propuestas estadísticamente (5 días) Experimentación fisicoquímica a nivel laboratorio. (5 días) Colizar el laboratorio en el cual se realizará el análisis químico proximal. (3 días) Enviar muestras al laboratorio de análisis bromatológico. (15 días)
3. ¿Cuál es la formulación que obtiene la mayor aceptabilidad?	3. Inferir la formulación que obtiene la mayor aceptabilidad basada en sus propiedades sensoriales.	- Porcentajes de aceptabilidad.	- Panel sensorial.	<ul style="list-style-type: none"> Seleccionar a un grupo de personas para que formen parte de un panel que evaluará las bebidas de diferente formulación. (2 días) El panel seleccionado, mediante una escala hedónica de 9 puntos determinará la formulación de mayor aceptabilidad. (3 días) Analizar estadísticamente la bebida con mayor aceptabilidad. (3 días)

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.