



UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente

Carrera de Agroindustria

Tema:

“DESARROLLO DE UN PRODUCTO NUTRACEÚTICO CON BASE DE HARINA DE CHOCHO (*Lupinus mutabilis Sweet*), AVENA (*Avena sativa*) Y AMARANTO (*Amaranthus*) EN LA UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR”

Proyecto de investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar, a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias Recursos Naturales y del Ambiente, Carrera de Agroindustria.

Autores:

Quishpe Collay Sofia Tatiana

Villalta Gómez Diego Fernando

Tutora:

Dra. Herminia Sanaguano PhD

Guaranda – Ecuador

2023

**“DESARROLLO DE UN PRODUCTO NUTRACEÚTICO CON BASE DE
HARINA DE CHOCHO (*Lupinus mutabilis Sweet*), AVENA (*Avena sativa*) Y
AMARANTO (*Amaranthus*) EN LA UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR”**

REVISADO Y APROBADO POR:



Dra. Herminia Sanaguano PhD

TUTORA



Ing. Marcelo García MSc

PAR LECTOR



Dr. Carlos Moreno PhD

PAR LECTOR

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Yo Quishpe Collay Sofia Tatiana, con CI (0202347720) y Villalta Gómez Diego Fernando, con CI (0202278214), declaro que el trabajo y los resultados presentados en este informe, no han sido previamente presentados para ningún grado o calificación profesional; y, que las referencias bibliográficas que se incluyen han sido consultadas y citadas con su respectivo autor(es).

La Universidad Estatal de Bolívar, puede hacer uso de los derechos de publicación correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, su Reglamentación y la Normativa Institucional vigente.



Quishpe Collay Sofia Tatiana

CI:0202347720

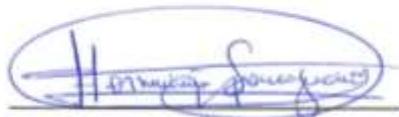
AUTORA



Villalta Gómez Diego Fernando

CI:0202278214

AUTOR



Dra. Herminia Sanaguano PhD

CI:0601587280

TUTORA





Notaria Tercera del Cantón Guaranda
Msc. Ab. Henry Rojas Narvaez
Notario



rio...

N° ESCRITURA: 20230201003P02403

DECLARACION JURAMENTADA

OTORGADA POR: QUISHPE COLLAY SOFIA TATIANA Y
VILLALTA GOMEZ DIEGO FERNANDO

INDETERMINADA DI: 2 COPIAS

H.R. Factura: 001-006-000004896

En la ciudad de Guaranda, capital de la provincia Bolívar, República del Ecuador, hoy día veinticuatro de Octubre del dos mil veintitrés, ante mí Abogado HENRY ROJAS NARVAEZ, Notario Público Tercero del Cantón Guaranda, comparece QUISHPE COLLAY SOFIA TATIANA, soltera de ocupación estudiante, domiciliada en el Cantón San Miguel Provincia Bolívar y de paso por este lugar, con celular número (0939582300), su correo electrónico es sofiaqhishpe2022@gmail.com, y VILLALTA GOMEZ DIEGO FERNANDO, soltero de ocupación estudiante, domiciliado en el Cantón Echeandía Provincia Bolívar y de paso por este lugar, con celular número (0997529152), su correo electrónico es villaltad915@gmail.com, por sus propios y personales derechos, obligarse a quienes de conocer doy fe en virtud de haberme exhibido sus documentos de identificación y con su autorización se ha procedido a verificar la información en el Sistema Nacional de Identificación Ciudadana; bien instruida por mí el Notario con el objeto y resultado de esta escritura pública a la que proceden libre y voluntariamente, advertido de la gravedad del juramento y las penas de perjurio, me presentan su declaración Bajo Juramento declaran lo siguiente manifestamos que el criterio e ideas emitidas en el presente trabajo de investigación titulado "DESARROLLO DE UN PRODUCTO NUTRACEÚTICO CON BASE DE HARINA DE CHOCHO (*Lupinus mutabilis Sweet*), AVENA (*Avena sativa*) Y AMARANTO (*Amaranthus*) EN LA UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR" es de nuestra exclusiva responsabilidad en calidad de autores, previo a la obtención del título de Ingenieros en Agroindustrias en la Universidad Estatal de Bolívar, Es todo cuanto podemos declarar en honor a la verdad, la misma que hacemos para los fines legales pertinentes. HASTA AQUÍ LA DECLARACIÓN JURADA. La misma que elevada a escritura pública con todo su valor legal. Para el otorgamiento de la presente escritura pública se observaron todos los preceptos legales del caso, leída que les fue a los comparecientes por mí el Notario en unidad de acto, quedando incorporado al protocolo de esta notaría, aquellos se ratifican y firma conmigo de todo lo cual doy Fe.

Sofia
QUISHPE COLLAY SOFIA TATIANA

C.C. 090234772-0

Diego
VILLALTA GOMEZ DIEGO FERNANDO

C.C. 020227821-4

Henry Rojas Narvaez
 AB. HENRY ROJAS NARVAEZ

NOTARIO PUBLICO TERCERO DEL CANTON GUARANDA



EL NOTA....

NOMBRE DEL TRABAJO

FINAL Diego (4).docx

AUTOR

Diego Villalta Patricia Iza

RECUENTO DE PALABRAS

18584 Words

RECUENTO DE CARACTERES

101433 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

123 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

32.7MB

FECHA DE ENTREGA

Oct 26, 2023 11:21 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Oct 26, 2023 11:24 AM GMT-5

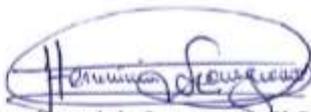
● **8% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base c

- 3% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 7% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossr

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Fuentes excluidas manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)


Dra. Herminia Sanaguano PhD.
TUTORA

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a:

A Dios quien ha sido mi guía y mi fortaleza, y me ha dado las fuerzas para no desmayar en el transcurso del camino, y siempre ha estado conmigo acompañándome hasta el día de hoy.

A mis Padres Beatriz y German quien con su amor paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir mi meta, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía de no temer adversidades, porque Dios está conmigo siempre.

A mi Esposo Kevin Maya, por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias.

Finalmente quiero dedicar a la Dra. Patricia Iza, quien me ha impulsado para seguir adelante cuando más lo necesitaba, y me ha brindado su apoyo incondicional en todo el proceso académico.

Quishpe Collay Sofia Tatiana

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación se la dedico a mis padres María Gómez y Juan Villalta por su apoyo, consejos, comprensión, amor, que han sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores lo cual me ha ayudado a seguir adelante en los momentos difíciles, por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar.

También dedico a mi hija Scarlett quien ha sido mi mayor motivación para nunca rendirme en los estudios y poder llegar a ser un ejemplo para ella.

Diego Fernando Villalta Gómez

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida y a toda mi familia por siempre estar presentes.

De igual manera mis agradecimientos a la Universidad Estatal de Bolívar, a toda la Facultad de Ciencias Agropecuarias Recursos Naturales Y del Ambiente, a mis profesores en especial a la Dra. Herminia Sanaguano, Dr. Carlos Moreno, Ing. Iván García, Dra. Patricia Iza, Ing. José Atuna, quienes, con la enseñanza de sus valiosos conocimientos, hicieron que pueda crecer día a día como profesional, gracias a cada uno de ustedes por su paciencia, dedicación, apoyo incondicional y amistad.

Finalmente quiero expresar mi más grande y sincero agradecimiento a la Dra. Herminia Sanaguano directora de tesis, por su valiosa guía y asesoramiento a la realización de la misma.

Gracias a todas las personas que ayudaron directa e indirectamente en la realización de esta Tesis.

Quishpe Collay Sofia Tatiana

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por permitirme tener tan buena experiencia dentro de mi Universidad y me ha dirigido por el sendero correcto, por haberme otorgado una familia maravillosa quienes han creído en mí siempre, dándome ejemplo de superación, humildad, sacrificio y a la vez enseñándome a valorar todo lo que tengo. Eres quien guía el destino de mi vida.

A mis compañeros en especial a la Ing. Fernanda Barahona, Ing. Carlos Ballesteros, Ing. Bladimir Borja, Ing. Klever Poaquiza por los buenos y malos momentos, que siempre se convertirán en gratos recuerdos, pues sin compañeros la educación no sería la misma.

A todos quienes componen el cuerpo docente de la Facultad de Ciencias Agropecuarias Recursos Naturales y del Ambiente.

Diego Fernando Villalta Gómez

ÍNDICE DE CONTENIDO

CONTENIDO	Pág.
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTO	VIII
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	X
ÍNDICE DE TABLAS	XIV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XVI
CAPÍTULO I	1
1.1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. PROBLEMA	3
1.2.1. Planteamiento del problema.....	3
1.2.2. Situación problemática.....	3
1.2.3. Formulación del problema	4
1.2.4. Sistematización del problema	4
1.3. OBJETIVOS.....	5
1.3.1. Objetivo general	5
1.3.2. Objetivos específicos	5
1.4. HIPÓTESIS	6
1.4.1. Hipótesis nula (Ho)	6
1.4.2. Hipótesis alternativa (Hi)	6
CAPÍTULO II	7
2. MARCO TEÓRICO	7
2.1. Chocho (<i>Lupinus mutabilis Sweet</i>).....	7
2.1.1. Taxonomía del chocho	8

2.1.2.	Composición química	9
2.1.3.	Harina de chocho.....	9
2.1.4.	Uso agroindustrial	10
2.2.	Avena (<i>Avena sativa</i>)	11
2.2.1.	Taxonomía de la avena.....	12
2.2.2.	Composición química	12
2.2.3.	Harina de avena.....	13
2.2.4.	Uso agroindustrial	14
2.3.	Amaranto (<i>Amaranthus</i>).....	14
2.3.1.	Taxonomía del amaranto.....	15
2.3.2.	Composición química	16
2.3.3.	Harina de amaranto	17
2.3.4.	Uso agroindustrial	18
2.4.	Nutraceutico	18
2.5.	Harinas.....	19
2.6.	Pan	20
2.6.1.	Pan sin gluten	20
2.6.2.	Beneficios del pan sin gluten	21
2.7.	Emulsificantes	22
2.7.1.	Celulosa modificada.....	22
2.7.2.	Goma xantana.....	23
2.7.3.	Goma guar.....	23
2.7.4.	Alginato de Propilenglicol	23
2.7.5.	Gluten I´m free	24
CAPÍTULO III.....		25
3.	MARCO METODOLÓGICO.....	25

3.1.	Ubicación y características de la investigación	25
3.1.1.	Localización del experimento	25
3.1.2.	Situación geográfica y climática	26
3.1.3.	Zona de vida (zonificación ecológica)	27
3.2.	Metodología.....	27
3.2.1.	Material experimental	27
3.2.2.	Materiales de campo	27
3.2.3.	Equipos.....	28
3.2.4.	Materiales de oficina	29
3.2.5.	Factores de estudio	29
3.2.6.	Tratamientos.....	30
3.2.7.	Características del experimento	31
3.2.8.	Tipo de diseño experimental	31
3.2.9.	Análisis de varianza (Anova).....	32
3.2.10.	Pruebas de rangos múltiples.....	33
3.3.	Manejo del experimento	33
3.3.1.	Obtención de harina de la materia prima	33
3.3.2.	Diagrama de flujo para la obtención de harinas.....	34
3.4.	Formulación para la obtención del pan libre de gluten	35
3.4.1.	Descripción de la obtención del pan libre de gluten	35
3.4.2.	Diagrama de flujo de la obtención de pan libre de gluten.....	37
3.5.	Análisis físico químico de la materia prima	38
3.5.1.	Análisis de fibra	38
3.5.2.	Análisis de humedad	38
3.5.3.	Análisis de cenizas	38
3.5.4.	Análisis de grasa	38

3.5.5.	Análisis de proteína.....	38
3.5.6.	Análisis de carbohidratos	38
3.5.7.	Análisis de la actividad antioxidante.....	38
3.6.	Análisis sensorial del pan libre de gluten	39
CAPÍTULO IV	40
4.1.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	40
4.2.	Resultados del análisis físico químico de la materia prima.....	40
4.3.	Resultados de la formulación de los porcentajes de harinas en base a proteína y fibra	43
4.4.	Resultado de la calidad y aceptabilidad del pan.....	50
4.4.1.	Color.....	50
4.4.2.	Olor	52
4.4.3.	Sabor	53
4.4.4.	Textura	55
4.4.5.	Aceptabilidad	56
4.5.	Resultados del análisis físico químico del pan libre de gluten.....	58
4.6.	Densidad del pan	61
4.7.	COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS	63
4.7.1.	Hipótesis nula (Ho)	63
4.7.2.	Hipótesis alternativa (Hi)	63
4.7.3.	Verificación de la hipótesis.....	63
CAPÍTULO V	65
5.1.	CONCLUSIONES.....	65
5.2.	RECOMENDACIONES	66
BIBLIOGRAFÍA	67
ANEXOS		

GLOSARIO DE TÉRMINOS

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N°	DESCRIPCIÓN	Pág.
1.	Taxonomía del chocho	8
2.	Contenido nutricional del grano de chocho	9
3.	Taxonomía de la avena.....	12
4.	Composición nutricional de la avena	13
5.	Clasificación taxonómica del amaranto	16
6.	Composición nutricional del amaranto	17
7.	Situación geográfica y climática de la parroquia Salinas.....	26
8.	Situación geográfica y climática del cantón Guaranda	27
9.	Factores de estudio.....	29
10.	Tratamientos.....	30
11.	Características del experimento	31
12.	Anova	32
13.	Diseño de bloques para el análisis sensorial	32
14.	Análisis físico químico de la harina de chocho, avena y amaranto	40
15.	Resultado de proteína y fibra de los 12 tratamientos	43
16.	Análisis de varianza del porcentaje de proteína.....	44
17.	Pruebas de rangos múltiples LSD del factor A de proteína	45
18.	Análisis de varianza del porcentaje de fibra	46
19.	Pruebas de rangos múltiples LSD del factor A de la fibra.....	47
20.	Pruebas de rangos múltiples LSD del factor B de la fibra	47

21. Niveles óptimos de sustitución de harina de chocho, avena y amaranto	49
22. Análisis de varianza del color del pan libre de gluten	51
23. Pruebas de LSD para el color del pan libre de gluten	51
24. Análisis de varianza del olor del pan libre de gluten	52
25. Pruebas de LSD para el olor del pan libre de gluten	53
26. Análisis de varianza del sabor del pan libre de gluten	54
27. Pruebas de LSD para el sabor del pan libre de gluten.....	54
28. Análisis de varianza de la textura del pan libre de gluten.....	55
29. Pruebas de LSD para la textura del pan libre de gluten	56
30. Análisis de varianza de la aceptabilidad del pan libre de gluten.....	57
31. Pruebas de LSD para la aceptabilidad del pan libre de gluten.....	57
32. Análisis físico químico del tratamiento 6 del pan libre de gluten.....	58
33. Análisis físico químico del tratamiento 7 del pan libre de gluten.....	59
34. Comparación de valores de F calculada con la F de tablas para proteína.....	63
35. Comparación de valores de F calculada con la F de tablas para fibra	64

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N°	DESCRIPCIÓN	Pág.
1.	Grano de chocho	8
2.	Avena	11
3.	Amaranto.....	15
4.	Harinas	19
5.	Pan sin gluten	19
6.	Ubicación de la investigación de la parroquia Salinas.....	25
7.	Ubicación de la investigación en la Universidad Estatal de Bolívar	26
8.	Curva de calibración a una concentración de 50 a 600 $\mu\text{mol/g}$ de muestra.....	39
9.	Interacción AB para la proteína	45
10.	Interacción AB de la fibra	48

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO N°	DESCRIPCIÓN
1.	Mapa de ubicación de Salinas donde se desarrolló la investigación
2.	Mapa de ubicación de la Universidad Estatal de Bolívar
3.	Análisis físico químico de la materia prima y del pan libre de gluten
4.	Informe de análisis de actividad antioxidante
5.	Análisis bromatológicos del pan
6.	Informe de análisis de proteína
7.	Informe de análisis de fibra
8.	Ficha técnica de la evaluación sensorial
9.	Tabulaciones del análisis sensorial para color
10.	Tabulaciones del análisis sensorial para olor
11.	Tabulaciones del análisis sensorial para el sabor
12.	Tabulaciones del análisis sensorial para la textura
13.	Tabulaciones del análisis sensorial para la aceptabilidad
14.	Fotografías del análisis físico químico de la materia prima
15.	Análisis de actividad antioxidante
16.	Elaboración del pan libre de gluten
17.	Cataciones

RESUMEN

La investigación práctica se realizó en la Fundación Familia Salesiana de la parroquia Salinas y los análisis en el Laboratorio de Investigación y Vinculación de la Universidad Estatal de Bolívar, el objetivo fue: Desarrollar un producto nutracéutico con base de harina de chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*), avena (*Avena sativa*) y amaranto (*Amaranthus*). Para lo cual se analizó las características físico químico de la harina de chocho, avena y amaranto, donde la harina de chocho se destacó por tener altos contenidos de fibra 24,16 %, grasa 10,79 % y proteína 53,77 %, mientras que la harina de avena se destacó en carbohidratos 56,57% y antioxidantes 9,8937 $\mu\text{mol ET/g}$, finalmente la harina de amaranto presentó mayor humedad 10,85 % y mayor en contenido de ceniza 2,53 %. Para determinar las propiedades nutraceúticas se realizó a todos los tratamientos el análisis de proteína y fibra, resultando en proteína como mejor tratamiento el T7 con un promedio de 11,23 %, mientras que en fibra el tratamiento T6 adquirió un promedio de 12,21 %, estos dos tratamientos en su formulación tienen el 30 % de harina de chocho, demostrando así que estas combinaciones de materias primas tienen excelentes propiedades nutricionales para la elaboración del pan libre de gluten, además, mediante el análisis sensorial se identificó que los tratamientos T6 y T7 fueron los más aceptables. Finalmente se realizó el análisis físico químico al producto final de los mejores tratamientos T6 y T7, donde se determinó que el producto es alto en fibra, grasa, carbohidratos, proteína y antioxidantes. En síntesis, el producto final presenta propiedades nutracéutico para las personas céticas y para quienes deseen consumirlo.

Palabras claves: Nutracéuticos, chochos, gluten, almidón, celíacos, pan.

SUMMARY

The practical research was carried out at the Salesian Family Foundation of the Salinas parish and the analyses at the Research and Linkage Laboratory of the State University of Bolivar, the objective was: To develop a nutraceutical product based on chocho flour (*Lupinus mutabilis Sweet*), oats (*Avena sativa*) and amaranth (*Amaranthus*). For which the physical-chemical characteristics of chocho, oat and amaranth flour were analyzed, where chocho flour stood out for having high contents of fiber 24,16%, fat 10,79% and protein 53,77%, while oat flour stood out in carbohydrates 56,57% and antioxidants 9.8937 $\mu\text{mol ET/g}$, finally amaranth flour presented higher humidity 10,85% and higher ash content 2,53%. To determine the nutraceutical properties, all treatments were analyzed for protein and fiber, resulting in T7 as the best treatment in protein with an average of 11,23%, while in fiber the T6 treatment acquired an average of 12,21%, these two treatments in their formulation have 30% of chocho flour, thus demonstrating that these combinations of raw materials have excellent nutritional properties for the preparation of gluten-free bread, in addition, through sensory analysis it was identified that the T6 and T7 treatments were the most acceptable. Finally, the physical-chemical analysis of the final product of the best treatments T6 and T7 was carried out, where it was determined that the product is high in fiber, fat, carbohydrates, protein and antioxidants. In summary, the final product presents nutraceutical properties for celiac people and for those who wish to consume it.

Key words: Nutraceuticals, chochos, gluten, starch, celiac disease, bread.

CAPÍTULO I

1.1. INTRODUCCIÓN

Los alimentos nutracéuticos son productos que proporcionan nutrientes esenciales y brindan beneficios más allá de la nutrición básica, por lo que influyen específicamente en varias funciones del organismo, también son productos que tienen como objetivo cubrir necesidades que no han sido satisfechas, siendo necesario que los productos aportan proteínas, grasas, carbohidratos, vitaminas o minerales con la finalidad de apoyar al organismo, estos productos van destinados a personas que necesitan complementar su dieta con nutrientes esenciales (Puma, 2018).

El principal desafío en la elaboración de productos de panificación sin gluten, es imitar las propiedades físico químico que la red de gluten le proporciona a la masa elaborada a base de trigo, el cual debe adquirir propiedades extensibles y elásticas, formar una estructura en la miga, retener el CO₂ formado durante la fermentación y así lograr un producto de baja densidad, integrar otros ingredientes y mantenerlos unidos a la estructura, retener la humedad para prolongar la vida de anaquel del producto y otorgar a los productos propiedades sensoriales como suavidad, porosidad, sabor y aroma (Espino, 2019).

Se estima que la enfermedad celíaca afecta a 1 de cada 100 personas a nivel nacional y en América Latina, a nivel mundial 1 de cada 266 padecen de esta enfermedad, el cual es hereditaria y autoinmunitaria, por cada enfermedad celíaca diagnosticada, se estima que 10 personas quedan sin diagnosticar, la mejor manera de controlar la enfermedad celíaca es seguir una dieta sin gluten y detectar las intolerancias a tiempo para evitar daños en el intestino (Villanueva, 2017).

Para la elaboración de panes libres de gluten deben utilizar aditivos alimentarios tales como la carboximetilcelulosa (CMC) o la hidroxipropilmetilcelulosa (HPMC) que son hidrocoloides que imitan las propiedades físico químico del gluten ayudando a la obtención de una masa cohesiva y elástica, a la retención de CO₂ y a dar estructura estable a la miga, desde la antigüedad para la obtención de pan sin gluten, se han utilizado almidones, gomas e hidrocoloides el cual mimetiza las propiedades del gluten (Espino, 2019).

Los productos de panadería se consideran la base de la alimentación y son de gran consumo y demanda, la gran mayoría de los productos de panadería se elaboran a base de harina de trigo (Silva, 2020). En la presente investigación se elaboró panes libres de gluten con base de harina de chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*), avena (*Avena sativa*) y amaranto (*Amaranthus*) para potenciar su valor nutracéutico para personas que son intolerantes al gluten denominadas enfermedades celíaca o celiacúa.

1.2. PROBLEMA

1.2.1. Planteamiento del problema

Como sabemos los productos de panificación son elaborados a base de harina de trigo el cual posee gluten en altas cantidades, por tal razón, la preparación de panes sin gluten se ha convertido en un gran desafío para los fabricantes, con la principal necesidad de encontrar alternativas adecuadas para el gluten. El pan libre de gluten está destinado para las personas que padecen de enfermedades celíacas, para obtener las mismas propiedades nutricionales que el pan de trigo, es necesario incorporar otros tipos de aglutinantes y harinas alternativas con bajo contenido en gluten (Miranda, 2019).

La enfermedad celíaca es una condición causada por la intolerancia persistente al gluten, la enfermedad celíaca ocurre en personas genéticamente predispuestas, el consumo de alimentos que contienen gluten daña el revestimiento del intestino delgado, lo que resulta en una incapacidad para absorber los nutrientes o malabsorción (Contreras & Martelo, 2019). En Ecuador no existe un número exacto de personas diagnosticadas con esta condición, tampoco existe una amplia gama de productos sin gluten para personas con esta intolerancia (Manobanda, 2017).

1.2.2. Situación problemática

En la actualidad, las personas han desarrollado una intolerancia al gluten, específicamente a las proteínas del gluten llamadas glutenina y gliadina, por esta razón existe un gran interés en encontrar nuevas fuentes de mejor nutrición, entre ellos se encuentra la harina de chocho, el cual es totalmente natural y no contienen gluten (Silva, 2020).

Si bien existen estudios a nivel nacional para reemplazar parcialmente la harina de trigo en la elaboración de productos de panificación, no se han identificado formulaciones de harinas para la producción de productos libres de gluten y actualmente existe una creciente demanda de productos libres de gluten, lo que puede deberse a la enfermedad celíaca o al desarrollo de otras reacciones alérgicas relacionadas con el gluten (Sader, 2018). Por lo que la incorporación de la harina de chocho, avena y amaranto en un pan libre de gluten resulta factible en combinación con otras harinas compuestas.

1.2.3. Formulación del problema

Por las razones mencionadas anteriormente la incorporación de harina de chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*), en un pan libre de gluten resulta factible en combinación con otras harinas, por lo tanto, la pregunta de investigación es:

¿El pan elaborado con base de harina de chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*), avena (*Avena sativa*) y amaranto (*Amaranthus*), presentaron altos valores nutricionales para ser considerados como un producto nutracéutico?

1.2.4. Sistematización del problema

Para desarrollarse la presente investigación y cumplir con los objetivos se plantearon las siguientes interrogantes:

¿Qué análisis físico químico se realizará a la materia prima para la obtención de un producto nutracéutico libre de gluten?

¿Cuáles son los porcentajes ideales de las mezclas de harinas para la obtención de un pan libre de gluten?

¿Cómo analizar la calidad y la aceptabilidad del pan libre de gluten?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Desarrollar un producto nutracéutico con base de harina de chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*), avena (*Avena sativa*) y amaranto (*Amaranthus*) en la Universidad Estatal de Bolívar.

1.3.2. Objetivos específicos

- ♣ Realizar el análisis físico químico de la materia prima para la obtención de un producto nutracéutico libre de gluten.
- ♣ Determinar la formulación de distintos porcentajes de harina de chocho, avena y amaranto para la elaboración de un pan libre de gluten.
- ♣ Analizar la calidad y la aceptabilidad del pan mediante análisis sensorial.

1.4. HIPÓTESIS

1.4.1. Hipótesis nula (H₀)

El pan libre de gluten elaborado con base de harina de avena (*Avena sativa*), chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*) y amaranto (*Amaranthus*) no presentan diferencia en las propiedades nutraceuticas de los diferentes tratamientos.

1.4.2. Hipótesis alternativa (H₁)

El pan libre de gluten elaborado con base de harina de avena (*Avena sativa*), chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*) y amaranto (*Amaranthus*) presentan diferencia en las propiedades nutraceuticas de los diferentes tratamientos.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*)

Es una leguminosa originaria de la región de los Andes y fue domesticada en un tiempo indeterminado, según el botánico peruano Fortunato Herrera, varios autores dan testimonio de su larga historia de cultivo, especialmente en las provincias templadas de la Sierra, Cuzco y Condesuyo, además, se han encontrado evidencias de cerámica de chocho en vasijas de estilo Tiahuanaco de la costa, durante siglos el chocho se ha constituido en la base proteica de la alimentación humana, en la población interandina del Ecuador se lo ha consumido siempre cocido y pasado por un proceso de desagüe para desamargarlos, eliminando los alcaloides y contenidos tóxicos que producen un sabor amargo (Ponce, 2018).

El chocho es una importante leguminosa andina utilizada principalmente para la alimentación de población de la región andina y sistemas productivos de pequeños y medianos productores, contiene alrededor del 50 % de proteínas, ácidos grasos esenciales, además de carbohidratos, vitaminas y minerales, se cultiva (Quilca, 2020).

Esta especie son cultivadas en zonas agroecológicas ubicadas en altitudes entre 2600 a 3400 msnm y temperaturas entre 7 a 14 °C, las plantas adultas son resistentes a heladas, los suelos arenosos y arcillosos son los más adecuados para plantar el cual debe tener suficiente abastecimiento de agua, un buen equilibrio de macro y micronutrientes, la planta es capaz de fijar su propio nitrógeno y es un excelente abono verde (Quelal , 2019).

La Figura 1, muestra el grano del chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*).

Figura 1

Granos de chocho



Fuente: PromPerú, (2019)

2.1.1. Taxonomía del chocho

El chocho pertenece a la familia de las leguminosas, la planta es muy diversa siendo adaptables a diferentes condiciones climáticas y tipos de suelo, posee alto contenido nutricional.

En la Tabla 1, se detalla la taxonomía del chocho:

Tabla 1

Taxonomía del chocho

Clase	Dicotiledónea
Subclase	Arquiclamídeas
Orden	Rosales
Familia	Leguminosas
Género	<i>Lupinus</i>
Especie	<i>Mutabilis</i>
Nombre científico	<i>Lupinus mutabilis Sweet</i>
Nombres comunes	Tarwi, chocho

Fuente: Calvache & Pastuña, (2020)

2.1.2. Composición química

El chocho se caracteriza por poseer elevados porcentajes de proteínas, cantidades adecuadas de lisina y cisteína, propiedades que ayudan a combatir el hambre y la desnutrición en el mundo, las semillas constituyen una fuente importante de minerales, pero el contenido de la fibra no es muy alto (Espinoza, 2022).

La Tabla 2, muestra los componentes nutricionales que posee el chocho amargo y desamargado.

Tabla 2

Contenido nutricional del grano de chocho

Componentes	Chocho amargo	Chocho desamargado
Proteína (%)	47,80	50,05
Grasa (%)	18,90	21,22
Fibra (%)	11,07	10,37
Cenizas (%)	4,52	2,54
Humedad (%)	10,13	77,05
Extracto libre de nitrógeno (%)	17,62	11,82
Alcaloides (%)	3,26	0,03
Azúcares totales (%)	1,95	0,73
Azúcares reductores (%)	0,42	0,61
Almidón total (%)	4,34	2,88
K (%)	1,22	0,02
Mg (%)	0,024	0,07
Ca (%)	0,12	0,48
P (%)	0,60	0,43
Fe (ppm)	78,45	74,25
Zn (ppm)	42,84	63,21
Mn (ppm)	36,72	18,47
Cu (ppm)	12,65	7,99

Fuente: Ponce, (2018)

2.1.3. Harina de chocho

Existe una infinidad de preparaciones que se pueden realizar con el chocho, uno de los derivados es la harina de chocho, que no es muy popular en el país, a pesar de

ser muy nutritiva, en la panificación industrial se utiliza con la ventaja de aumentar significativamente el volumen proteico y calórico obteniendo excelentes resultados en panificación por su alto contenido en grasa, también ayuda alargar la vida útil del pan por retro degradación del almidón, mayor volumen debido a las propiedades emulsionantes de la lecitina del chocho (Quilca, 2020).

Estudios han demostrado que a la harina de chocho se debe sustituir por harina de trigo hasta un 15 % en la panificación, esto ayuda a que la calidad del pan no se desmejore en volumen, textura, aroma, suavidad, color del pan y la simetría del sabor (Vásquez *et al.*, 2019).

2.1.4. Uso agroindustrial

En la industria de la panificación la harina de chocho se utiliza hasta en un 15 %, ya que la harina del chocho posee propiedades significativas aumentando el contenido proteico y calórico de los productos, en la medicina los alcaloides son empleados para controlar ectoparásitos y parásitos intestinales de los animales (Espinoza, 2022).

El chocho contiene proteínas con propiedades emulsificantes que estabilizan las partículas de grasa en los sistemas cárnicos y también son capaces de generar geles, estas características que presentan el chocho son aprovechados en la elaboración de hamburguesas, chorizos, jamones y embutidos que ayudan a formar la estructura en dichos productos; además, la capacidad de la proteína para unir grasa es importante para aplicaciones tales como sustitutos de la carne, principalmente porque puede mejorar la retención del sabor (Muñoz, 2020).

2.2. Avena (*Avena sativa*)

La avena fue introducida en América del Norte por los escoceses en el Siglo XVII y se cultivó ampliamente a principios del siglo XX, con el desarrollo y avances tecnológicos en el conocimiento de la calidad nutricional, la avena fue reconocida como un alimento saludable desde mediados de la década de 1980, es utilizado en la alimentación humana, así como para los animales, las más cultivadas en el mundo es la variedad *sativa* y la avena *bizantina* es más adaptable en zonas subtropicales (Gomez, 2020).

La avena son granos de la familia de las gramíneas que se utilizan ampliamente en la nutrición humana, alimentación animal y cosmética en todo el mundo, en comparación con otros cereales, la avena se considera una fuente de proteínas, carbohidratos, fibra, vitaminas y minerales, gracias a los efectos beneficiosos de la avena sus productos se han utilizado en papillas para bebés o cereales para el desayuno, la falta de publicidad a limitado su uso en otros rubros como la panificación (Vilca, 2019).

En la figura 2, se identifica el grano de avena.

Figura 2

Avena



Fuente: Lucia, (2022)

2.2.1. Taxonomía de la avena

La avena es una planta herbácea adaptada a climas fríos y muy sensibles a las altas temperaturas, su tallo es recto y grueso, los frutos de esta planta son carióspside o granos con glumillas adheridas (Barroso, 2020).

La clasificación taxonómica de la especie más cultivada está descrita en la Tabla 3.

Tabla 3

Taxonomía de la avena

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Género	<i>Avena</i>
Especie	<i>Sativa</i>

Fuente: Merchancano *et al.*, (2022)

2.2.2. Composición química

La avena tiene el mayor contenido de proteínas de todos los cereales, el endospermo almidonado es la principal fuente de almidón, proteína y beta-glucano, los lípidos se distribuyen por todo el grano, no en el germen como otros granos, la avena contiene la enzima lipasa que descompone la grasa y libera ácidos grasos, este proceso va acompañado de la formación de amargor en la avena, que es un indicador de calidad, la lipasa en la avena bien procesada se destruye y no da un sabor amargo (Gomez, 2020).

Entre los cereales la avena se destaca en poseer vitaminas E, B1, B2 y los minerales incluyendo calcio, hierro, zinc, fósforo y magnesio, también contiene fibra

insoluble, fundamental para el buen funcionamiento intestinal y para evitar el estreñimiento, mientras que la fibra soluble, junto con el contenido de omega-6, ayuda a reducir los niveles de colesterol en sangre, además la avena contiene varios tipos de avenantramidas, que ayudan a reducir la enfermedad coronaria debido a sus propiedades antiinflamatorias y antiproliferativas (Monar, 2019).

En la Tabla 4, se detalla la composición nutricional de la avena.

Tabla 4

Composición nutricional de la avena

Componente	Unidad	Cantidad
Humedad	g	13,3
Proteínas	g	13,0
Lípidos	g	7,5
Fibra	g	10,3
Cenizas	g	3,1
Calcio	mg	60,0
Fósforo	mg	372,0
Zinc	mg	3,9
Yodo	mg	16,0
Niacina	mg	1,3

Fuente: Conde, (2019)

2.2.3. Harina de avena

Moler avena permite obtener harina de avena apta para celíacos o intolerantes al gluten, esta harina no contiene gluten y es una excelente fuente de hidratos de carbono y minerales como el magnesio y el fósforo (Castro & Del Carpio, 2020). El polvo de harina de avena se puede usar para hacer alimentos saludables, realizar gachas o copos de avena, generalmente se come cocinada y suele expandirse durante la cocción, este tipo de harina favorece al aparato digestivo, para personas

con problemas relacionados con la úlcera, ayuda a prevenir enfermedades gastrointestinales (Yumizaca & Zambrano, 2022).

2.2.4. Uso agroindustrial

Las hojuelas de avena están disponibles como preparación para el desayuno, como ingrediente alimentario para la nutrición adicional de bebés y niños pequeños, también como ingredientes de barras de cereales o barras de alimentos deportivos o en diversas preparaciones, cada uno tiene sus propias regiones gastronómicas (Valenzuela, 2019).

La avena se utiliza de muchas maneras en nuestras comidas, como galletas, bebidas, pan, harinas y pasteles, es uno de los cereales más famosos del mundo porque es fácil de cosechar y es rico en proteínas y nutrientes (Analuisa, 2022).

2.3. Amaranto (*Amaranthus*)

Es una planta andina, tradicionalmente conocida como ataco en Ecuador, es de color rojo a morado, el término Amaranto se hizo ampliamente conocido en la agricultura del país a partir de 1982, cuando el INIAP comenzó a crear un banco de germoplasma de cultivos andinos e introdujo diversas variedades de este cultivo de la región andina y de otros países del mundo, el género *Amaranthus* contiene más de 70 especies, la mayoría son nativas de América, solo 15 especies provienen de Europa, Asia, África y Australia, *Amaranthus cruentus*, *Amaranthus caudatus* y *Amaranthus hypochondriacus* son tres especies domesticadas para aprovechar sus granos (López, 2020).

El amaranto no es muy conocido en el Ecuador porque ha sido reemplazado por granos más grandes y más fáciles de cosechar, como la cebada, el trigo, la arveja, por estas y otras razones, el cultivo del amaranto en el Ecuador no está

suficientemente desarrollado, sin embargo, en 1983 el INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias) impulsó investigaciones y experimentos para mejorar la calidad del grano, estas investigaciones dieron como resultado una variedad mejorada denominada INIAP alegría (Jurado, 2019).

Según datos del INIAP, el amaranto se cultiva en no más de 15 hectáreas de terreno en el país, la superficie cultivable es de aproximadamente 80.000 hectáreas y las plantaciones de amaranto representan el 0,01% de la producción cultivada (Fierro *et al.*, 2020).

La Figura 3, se identifica al amaranto (*Amaranthus*).

Figura 3

Amaranto



Fuente: Díaz, (2019)

2.3.1. Taxonomía del amaranto

La altura de crecimiento anual del amaranto puede variar de 2 a 2,5 m, sin embargo, algunas variedades son más pequeñas y se denominan pseudocereales, que es un grano andino que botánicamente no se corresponde con granos como el arroz, el maíz, el trigo, la cebada, sus ramas son cilíndricas y pueden partir de la base de la planta y obedecer a la variedad sus atractivas flores crecen desde el tallo principal (Jeréz, 2017).

El amaranto se puede adaptar a una amplia variedad de suelos y climas, este cultivo también tiene una amplia adaptación a las condiciones de altura desde el nivel del mar hasta los 3710 msnm, requiere un clima con temperaturas promedio entre 15 hasta 24 °C (Pavón, 2020).

En la Tabla 5, se muestra la taxonomía del amaranto.

Tabla 5

Clasificación taxonómica del amaranto

Reino	Plantae
División	Fanerógama
Tipo	Embryophyta siphonogama
Subtipo	Angiospermas
Clase	<i>Dicotyledoneae</i>
Subclase	<i>Archyclamidaeae</i>
Orden	<i>Centrospermales</i>
Familia	<i>Amaranthaceae</i>
Género	<i>Amaranthus</i>
Sección	<i>Amaranthus</i>
Especie	<i>Amaranthus</i>

Fuente: Illescas, (2017)

2.3.2. Composición química

El amaranto contiene una gran cantidad de carbohidratos 60 %, proteína 16 % y fibra 9 %, es el único vegetal que contiene todos los aminoácidos esenciales, en comparación con otros granos que son deficientes en aminoácidos como la lisina, el amaranto tiene en promedio el doble del contenido de lisina del grano con el trigo, el amaranto está constituido por un elevado contenido de lípidos especialmente ácido linoleico, ácido linolénico y escualeno los cuales son un importante mediador de la formación de los esteroides en las personas (Sánchez, 2022).

Dentro de las propiedades nutritivas del amaranto es considerado como una importante fuente de proteína y es una especie ampliamente beneficiosa para el consumo humano, por otro lado, contiene un alto contenido de importantes minerales como fósforo, hierro haciéndolo necesario para el hombre (Apala, 2021). La composición nutricional del amaranto se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6

Composición nutricional del amaranto

Contenido	Unidad	Cantidad
Proteína	g	12-19
Carbohidratos	g	71,8
Lípidos	g	6,1-8,1
Fibra	g	3,5-5,0
Cenizas	g	3,0-3,3
Calcio	mg	130-164
Fósforo	mg	530
Potasio	mg	800
Vitamina C	mg	1,5

Fuente: Alemán, (2022)

2.3.3. Harina de amaranto

El componente principal de la harina del amaranto son los carbohidratos, de los cuales aproximadamente el 88 % es almidón, por la fibra presente le hace una harina integral ya que contiene igual o superior en porcentajes de fibra a las harinas de trigo integral, el contenido de grasa en harina de amaranto con relación a las harinas de los cereales tradicionales aumenta el valor energético del producto (López, 2020).

El análisis de los componentes proximales de la harina de la semilla de amaranto mostró que el contenido de proteína estaba entre 13 % a 18 %, el contenido de grasa entre 6,3 % a 8,1 %, el contenido de fibra de 2,2 % y 5,8 % y el contenido de cenizas entre 2,8 % a 4,4 % (Lucas, 2021).

2.3.4. Uso agroindustrial

Este cereal se consume mayoritariamente en forma de cereal reventado de los cuales se desprenden los siguientes productos finales: alegrías, amaranto reventado, granolas, tamales, atoles, pinole, mazapán, también otros productos procesados como cereales enriquecidos, tortillas, galletas, panqueques, horchata, bebidas chocolatadas, hojuelas y harinas (Loor, 2020).

Las personas consumen el amaranto principalmente en grano entero o molido en forma de harina, a partir de los cuales se pueden preparar sopas, papillas, tortas y refrescos, en los Estados Unidos el amaranto es combinado con granos de trigo y maíz para elaborar productos como el pan, pasta, harinas de panques, además, este cereal se incluye en los alimentos de producción industrial utilizados en repostería (García, 2020).

2.4. Nutraceutico

Son alimentos o suplementos naturales con propiedades biológicas activas que brindan beneficios médicos para la salud, incluida la prevención y el tratamiento de enfermedades, la misma fuente sugiere que, a diferencia de los fármacos, los suplementos nutricionales no son compuestos o químicos sintéticos, ni están asociados con deficiencias nutricionales (Robalino, 2021). Además de sus efectos antimicrobianos, a menudo tienen otras actividades biológicas beneficiosas que mejoran el apetito y optimizan la absorción de nutrientes a través de sus efectos

sobre los sistemas enzimáticos, lo que resulta en efectos antiinflamatorios, inmunomoduladores, antiespasmódicos y sedantes (De Toro *et al.*, 2017).

2.5. Harinas

Son aquellos productos obtenidos de la molienda de cereales o mezclas de cereales como es la cebada, trigo, centeno y maíz y de otros alimentos con altos porcentajes de almidones como el arroz, tubérculos y leguminosas con un tamaño máximo de partícula de 0,84 mm (Guaminga, 2020).

Actualmente no existe una definición general de lo que considerada harina porque la harina generalmente proviene de granos, se fija un porcentaje mínimo en base a oleaginosas y otros productos, se utiliza como fuente de alimento para tortas, pasteles o la elaboración de fideos y pastas, se pueden mezclar con distintos tipos de harina y es uno de los productos alimenticios más importantes del mundo (Solano & Coello, 2019).

En la Figura 4 se muestra las harinas de los granos y cereales.

Figura 4

Harinas



Fuente: Fuchs, (2020)

2.6. Pan

El pan es un producto obtenido mediante la cocción de masas leudadas mezcladas con harina de trigo y ciertos ingredientes básicos, el pan común es una miga blanca o negra hecha de harina de trigo: blanca, semi-entera o entera, agua potable, levadura, sal, azúcar, grasa comestible animal o vegetal y aditivos aprobados (Martínez, 2020).

Es un alimento preparado mediante la cocción de la masa con levadura o sin levadura hecha de harina, con la adición de agua potable, con o sin levadura para su posterior fermentación, con o sin la incorporación de sal, con o sin la añadidura de otras sustancias permitidas para su procesamiento (García, 2021).

De acuerdo a la norma NTE INEN 2945 (2016), el pan es un producto leudado y horneado a partir de una masa básica de harina de trigo, agua, levadura y sal.

2.6.1. Pan sin gluten

El pan sin gluten está dirigido a la población que padecen enfermedades celiacas, pero la eliminación del gluten en su totalidad es complicada, por lo que se realiza combinaciones de otros productos tales como el arroz, maíz, la incorporación de almidones, proteínas, fibras, hidrocoloides y enzimas para mejorar las propiedades que no se pueden obtener sin gluten con las propiedades nutricionales el volumen, el pan sin gluten es bajo en proteínas y lisina, mientras que, en grasas y carbohidratos es elevado, no tiene las mismas propiedades reológicas, la adición de proteína ayuda a formar una red similar al gluten, mientras que, los hidrocoloides contribuyen a las propiedades viscoelásticas (Enríquez & Nuñez, 2020).

Las materias primas más utilizadas en la elaboración de pan sin gluten son los almidones, siendo los tres almidones más utilizados: de maíz, patata y el almidón

de yuca, la gelatinización del almidón durante la fase de horneado es fundamental para el pan sin gluten, y la influencia de las condiciones del horno dependen principalmente del tipo y las características morfológicas del almidón utilizado (Vidarre, 2020).

El pan sin gluten se muestra en la Figura 5.

Figura 5

Pan sin gluten



Fuente: Rico paladar, (2022)

2.6.2. Beneficios del pan sin gluten

Según Espinoza *et al.*, (2020), menciona numerosas ventajas que presenta el consumo del pan sin gluten son:

- ♣ Reduce la presión sanguínea.
- ♣ Disminuye el colesterol y los triglicéridos.
- ♣ Disminuye el riesgo de padecer trombosis y embolia.
- ♣ Reduce el riesgo de padecer trombosis y embolia.
- ♣ Promueve la coordinación mano-ojo, la agilidad mental y el desarrollo del cerebro y la visión del feto.
- ♣ Ayuda al sistema inmunológico.

- ♣ Es beneficioso en la lucha contra enfermedades y lesiones inflamatorias, alergias, asma, cáncer, psoriasis y salud ósea.
- ♣ Mejora la salud capilar de la piel.

2.7. Emulsificantes

Previenen grietas en los recubrimientos de los alimentos, reducen la actividad del agua y la tasa de pérdida de humedad de los productos, el emulsionante debe ser un emulsionante de calidad alimentaria, normalmente un éster de ácido graso derivados de los vegetales y animales como la glicerina, propilenglicol, sorbitol y sacarosa, los requisitos principales para los productos alimenticios emulsionados es que no sean tóxicos ni cancerígenos ni alergénicos (Caiza, 2021).

Un emulsionante es una molécula cuya estructura es parcialmente soluble en agua (hidrofílica) y parcialmente soluble en grasa (lipófila), la presencia de estas propiedades en una molécula le otorga propiedades emulsionantes únicas, la capacidad de disolverse en agua y grasa, permite que las dos partes se mezclen y formen así una emulsión estable y homogénea, estos compuestos también se conocen como emulsionantes o tensioactivos (Calle & Garzón, 2021).

2.7.1. Celulosa modificada

La celulosa es la sustancia orgánica más abundante en la naturaleza, se encuentra como componente estructural en hojas, tallos y cortezas, el cual es la materia prima para la obtención de nuevos aditivos derivados de modificaciones químicas conocidos como celulosa modificada, en el cual se introduce varios grupos funcionales en los grupos hidroxilo libres de las unidades de glucosa, de esta manera la celulosa modificada actúa como agente de refuerzo evitando la contracción durante la fotopolimerización del material compuesto, contribuyendo al aumento

de volumen y reducción de la contracción del material polimérico (Manobanda, 2017).

2.7.2. Goma xantana

La goma xantana es obtenida por fermentación y polimerización de la dextrosa que es ocasionada por la bacteria *Xanthomonas campestris*, es un heteropolisacárido que se puede identificar por sus moléculas: D-glucosa, que forma el esqueleto, moléculas de D-manosa y ácido D-glucurónico, es muy estable frente al pH y a la presencia de sales alcalinotérreos, su viscosidad sólo se ve ligeramente afectada por la temperatura ya que se restaura por enfriamiento después de tratamientos térmicos como la esterilización y la pasteurización (Gutierrez, 2017).

2.7.3. Goma guar

La goma guar es obtenida del endospermo el cual es molido la semilla de la flor de la planta guar (*Cyamopsis tetragonoloba*), la planta es resistente a climas secos, es robusta sus vainas son de 6 - 9 semillas, el uso de la goma guar en la industria de la panadería se ha incrementado debido a que mejora las propiedades del producto, el cual mejora la maquinabilidad de la masa de manera que se puede desmoldar fácilmente y cortar en rodajas sin desmoronarse, de manera similar se ha demostrado que la adición de la goma guar al 1 % a la masa para la preparación de rosas, brindan propiedades aglutinantes y formadoras de películas, lo que reduce la penetración de grasas y aceites, proporcionando un aumento significativo en el volumen del pan durante la cocción (Castañeda *et al.*, 2020).

2.7.4. Alginato de Propilenglicol

Los alginatos son derivados de algas marinas como sales de ácido algínico, el cual se disuelve en agua fría al 1 % formando un gel sólido, los alginatos son aditivos

aglutinantes que son utilizados en los productos de panadería, estos aditivos aumentan la absorción del agua, aumenta la humedad del producto horneado final por unidad de peso, sube la elevación en productos de hojaldre, los alginatos permiten el uso de harina con absorción de agua ligeramente inferiores (Carrillo, 2021).

El alginato es un biopolímero no tóxico, biodegradable, biocompatible, fácil de disolverse en agua y es renovable, generalmente extraído de algas marinas o producido en cultivo microbiano, este biomaterial está aprobado por la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) de los Estados Unidos en aplicaciones biomédicas para uso humano, comprendiendo una amplia gama de diferentes tipos de alginatos con distintas masas moleculares y proporciones de ácido D-manurónico a grupos de ácido L-gulurónico muy variables, o se les modifican químicamente para tener propiedades diferentes (Hurtado *et al.*, 2020).

2.7.5. Gluten Ím free

Procede de celulosa modificada, se caracteriza por tener un sabor neutro, es un producto no alergénico, además no posee calorías. Al utilizar este tipo de gluten a los productos horneados le da la estructura adicional que necesitan quedando luminosos y aireados evitando que el producto final sea duro (Modernist Pantry, 2023).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Ubicación y características de la investigación

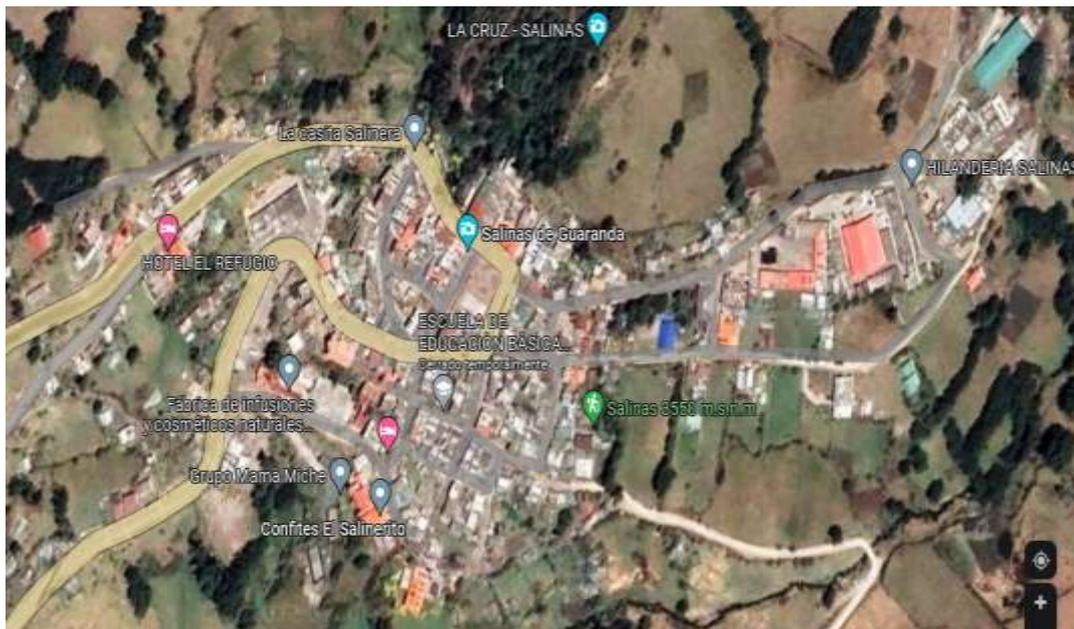
3.1.1. Localización del experimento

En la presente investigación, la fase experimental se desarrolló en la parroquia Salinas del cantón Guaranda, los análisis de la materia prima y del producto terminado se realizó en el laboratorio de Investigación y Vinculación de la Universidad Estatal de Bolívar.

Las Figuras 6 y 7, muestran la ubicación donde se desarrolló la investigación.

Figura 6

Ubicación de la investigación de la parroquia Salinas



Fuente: (Google maps, 2022)

Figura 7

Ubicación de la investigación en la Universidad Estatal de Bolívar



Fuente: (Google maps, 2022)

3.1.2. Situación geográfica y climática

Se presenta en la Tabla 7, las condiciones geográficas y climáticas donde se realizó la investigación.

Tabla 7

Situación geográfica y climática de la parroquia Salinas

Parámetro	Valor
Altitud	4440 msnm
Latitud	01°34'15'' sur
Longitud	79°0'02'' oeste
Temperatura mínima	8 °C
Temperatura media anual	13 °C
Temperatura máxima	18 °C
Humedad	75 %

Fuente: (GAD Salinas, 2021)

La Tabla 8, muestra la situación geográfica y climática de la ciudad de Guaranda.

Tabla 8

Situación geográfica y climática del cantón Guaranda

Parámetro	Valor
Altitud	2800 msnm
Latitud	01°35'40" sur
Longitud	72°0'10" oeste
Temperatura mínima	8 °C
Temperatura media anual	13 °C
Temperatura máxima	26 °C
Humedad	70%

Fuente. Estación Meteorológica Laguacoto II Guaranda-Ecuador (2021)

3.1.3. Zona de vida (zonificación ecológica)

La zona de vida donde se desarrolló la presente investigación corresponde a Bosque Húmedo Montano Bajo (BHMB) según el esquema para la clasificación de las diferentes áreas terrestres según el comportamiento global bioclimático propuesto por el botánico climatólogo Leslie Holdridge.

3.2. Metodología

3.2.1. Material experimental

- ♣ Chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*)
- ♣ Avena (*Avena sativa*)
- ♣ Amaranto (*Amaranthus*)
- ♣ Aglutinantes (alginato de propilenglicol y Gluten I'm Free)

3.2.2. Materiales de campo

- ♣ Pinzas

- ♣ Cápsulas de porcelana
- ♣ Crisoles
- ♣ Espátula
- ♣ Bolillos
- ♣ Bandejas
- ♣ Cuchillos
- ♣ Cucharas
- ♣ Mesa de acero inoxidable
- ♣ Cocina
- ♣ Moldes
- ♣ Erlenmeyer
- ♣ Desecador
- ♣ Dedal de celulosa
- ♣ Embudos
- ♣ Filtros
- ♣ Vaso de precipitación

3.2.3. Equipos

- ♣ Horno
- ♣ Licuadora
- ♣ Balanza analítica
- ♣ Pulverizadora
- ♣ Determinador de grasa
- ♣ Mufla
- ♣ Estufa

- ♣ Plancha de calentamiento

3.2.4. Materiales de oficina

- ♣ Laptop
- ♣ Impresora
- ♣ Papel bond
- ♣ Esferográfico
- ♣ Lápices
- ♣ Libreta de apuntes
- ♣ Cámara fotográfica
- ♣ Flash

3.2.5. Factores de estudio

Para la elaboración del pan libre de gluten, se estableció el experimento con dos factores de estudio, donde el factor A es la mezcla de harinas y el factor B son los sustitutos del gluten, como se identifica en la Tabla 9.

Tabla 9

Factores de estudio

Factor	Código	% Harina
Mezclas de harina (avena, chocho y amaranto)	A	a ₁ : 80% avena -10% chocho- 10% amaranto
		a ₂ : 70% avena- 20% chocho- 10% amaranto
		a ₃ : 60% avena- 30% chocho-10% amaranto
		a ₄ : 50% avena- 30% chocho- 20% amaranto
		a ₅ : 60% avena- 20% chocho- 20% amaranto
		a ₆ : 70% avena- 10% chocho- 20% amaranto
Sustituto del gluten	B	b ₁ : Alginato de propilenglicol
		b ₂ : Gluten I'm Free

3.2.6. Tratamientos

En la Tabla 10, se describen las combinaciones de los tratamientos para el desarrollo del pan libre de gluten.

Tabla 10

Tratamientos

Tratamientos	Códigos	% Harina avena	% Harina chocho	% Harina amaranto	Sustituto de gluten
T1	a ₁ b ₁	80	10	10	Alginato de propilenglicol
T2	a ₁ b ₂	80	10	10	Gluten I'm Free
T3	a ₂ b ₁	70	20	10	Alginato de propilenglicol
T4	a ₂ b ₂	70	20	10	Gluten I'm Free
T5	a ₃ b ₁	60	30	10	Alginato de propilenglicol
T6	a ₃ b ₂	60	30	10	Gluten I'm Free
T7	a ₄ b ₁	50	30	20	Alginato de propilenglicol
T8	a ₄ b ₂	50	30	20	Gluten I'm Free
T9	a ₅ b ₁	60	20	20	Alginato de propilenglicol
T10	a ₅ b ₂	60	20	20	Gluten I'm Free
T11	a ₆ b ₁	70	10	20	Alginato de propilenglicol
T12	a ₆ b ₂	70	10	20	Gluten I'm Free

3.2.7. Características del experimento

En la Tabla 11, se da a conocer la caracterización del experimento.

Tabla 11

Características del experimento

Características	Cantidad
Unidad experimental	400 g
Números de factores experimentales	2
Niveles factor A	6
Niveles factor B	2
Número de repeticiones	3
Número de tratamientos	12
Números de unidades experimentales	36

3.2.8. Tipo de diseño experimental

Se aplicó el Diseño Completamente al Azar (DCA) en arreglo bifactorial A*B (6*2) con tres repeticiones.

Modelo de diseño

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Siendo:

Y_{ijk} = Variable sujeta de medición

μ = Media general

A_i = Efecto del factor A

B_j = Efecto del factor B

AB_{ij} = Efecto de la interacción (A*B)

ε_{ijk} = Efecto del Error Experimental

3.2.9. Análisis de varianza (Anova)

En la Tabla 12, se detalla el análisis de varianza para establecer la diferencia significativa entre los tratamientos.

Tabla 12

Anova

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculada	F tablas
Factor A	SC_A	$a-1$	$SC_A/(a-1)$	CM_A/CM_E	gl A/gl E
Factor B	SC_B	$b-1$	$SC_B/(b-1)$	CM_B/CM_E	gl B/gl E
Interacción AB	SC_{AB}	$(a-1)(b-1)$	$SC_{AB}/(a-1)(b-1)$	CM_{AB}/CM_E	gl AB/gl E
Error	SC_E	$ab(n-1)$	$SC_E/ab(n-1)$		
Total	SC_T	$nab-1$			

La Tabla 13, para el análisis sensorial se aplicó el diseño de bloques, donde los catadores son el factor de bloqueo y el factor de estudio son los criterios a evaluarse como: color, olor, sabor, textura y aceptabilidad.

Tabla 13

Diseño de bloques para el análisis sensorial

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculada	F tablas
Tratamientos	$SS_{tratamientos}$	$a-1$	$SS_{tratamientos}/a-1$	CM/CM_{error}	$F_{(a-1)(b-1)}$
Bloques	$SS_{bloques}$	$b-1$	$SS_{bloques}/b-1$		
Error	SS_{error}	$(a-1)(b-1)$	$SS_{error}/(a-1)(b-1)$		
Total	SS_{total}				

3.2.10. Pruebas de rangos múltiples

Para establecer el mejor tratamiento se aplicó prueba de diferencia mínima significativa (LSD), que es la diferencia mínima que debe existir entre dos medias muestrales para considerar que los tratamientos correspondientes sean significativamente diferentes.

Modelo de LSD

$$LSD = t_{(\frac{\alpha}{2}, gl\ error)} \times \sqrt{CM_E \left(\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j} \right)}$$

Siendo:

$t_{\alpha/2}$ = Valor de la tasa T - Student a una cierta significancia.

$N - k$ = Grados de libertad que corresponden al error.

CM_E = Cuadro medio del error.

n = Es el número de observaciones para los tratamientos i, j y k .

3.3. Manejo del experimento

3.3.1. Obtención de harina de la materia prima

♣ Recepción de la materia prima

El chocho, avena y amaranto, fueron adquiridos en los distintos puntos de la ciudad de Guaranda y trasladados al laboratorio de Investigación y Vinculación de la Universidad Estatal de Bolívar.

♣ Pesado

En una balanza analítica, se procedió a pesar cada una de las materias primas por separado.

♣ Selección

Proceso que consiste en eliminar las materias extrañas presentes en el chocho y amaranto.

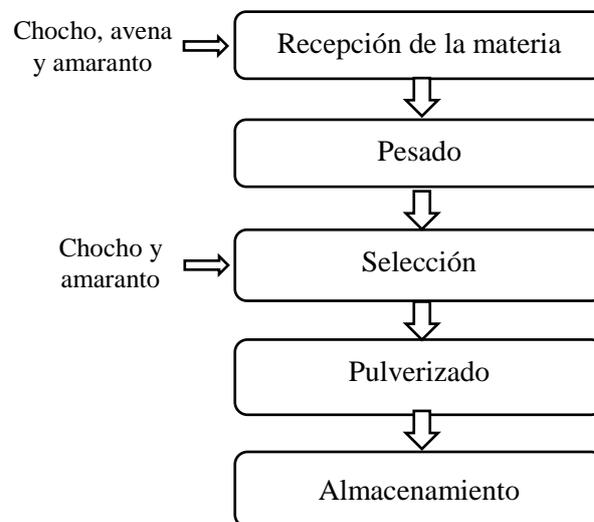
♣ Pulverizado

Para obtener la harina se pulverizó las muestras en un molino eléctrico de ciclón que son utilizados especialmente para la trituración de piensos los cuales van a ser sometidos a diferentes análisis.

♣ Almacenamiento

Las harinas obtenidas fueron almacenadas en recipientes de vidrio herméticamente sellados hasta su posterior análisis.

3.3.2. Diagrama de flujo para la obtención de harinas



3.4. Formulación para la obtención del pan libre de gluten

3.4.1. Descripción de la obtención del pan libre de gluten

♣ Recepción de la materia prima

Se recibió chocho, avena y amaranto.

♣ Pesado

Se pesó las harinas, según la formulación de los factores establecidos y los ingredientes que fueron utilizados para la elaboración del pan libre de gluten.

♣ Preparación de los hidrocoloides

Se licuó 4 g de Gluten Ím free y alginato de propilenglicol con 100 mL de agua hasta obtener un gel similar a la clara de huevo.

♣ Mezclado

Se procedió a mezclar las tres variedades de harinas y los insumos tales como azúcar, levadura, sal, agua, aceite, almidón, huevos y los hidrocoloides preparados.

♣ Amasado

Una vez mezclado todos los insumos se procedió a amasar con la finalidad de obtener un adecuado desarrollo del gluten. Este proceso tiene tres objetivos principales: la obtención de una mezcla homogénea de los diferentes ingredientes, la texturización del gluten y la aireación de la masa.

♣ Moldeado y leudado

Se procedió a colocar la masa en moldes para luego ser trasladados a leudar por 40 min a una temperatura aproximada de 20 a 28 °C, en estas condiciones los almidones de las harinas se transformaron en azúcares y estos en alcohol y gas carbónico el cual hizo que el volumen del pan aumentará.

♣ **Horneado**

Los panes se colocaron en el horno a una temperatura de 160 °C durante 30 min. Al someter al pan a estas temperaturas se eliminan todas las levaduras y todos los posibles contaminantes. También se consigue un aumento de la masa de pan al expandirse el CO₂, debido al calor y un endurecimiento de la superficie que se debe a la evaporación del agua de la corteza por lo cual se pierde un peso de un 8 a 14 % de la masa.

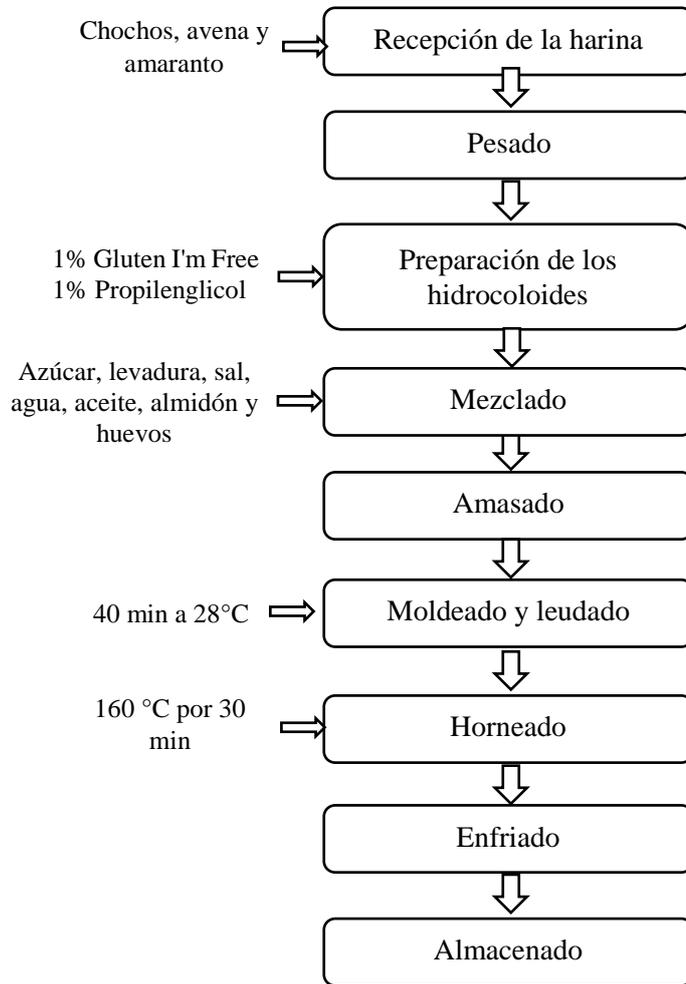
♣ **Enfriado**

Los panes se dejan reposar a temperatura ambiente en la bandeja de 10 a 15 min; en caso de no hacerlo se aplastarán.

♣ **Almacenado**

Se almacenaron a temperatura ambiente manteniendo un producto sin ninguna alteración para su respectivo envío al laboratorio para los análisis.

3.4.2. Diagrama de flujo de la obtención del pan libre de gluten



3.5. Análisis físico químico de la materia prima

3.5.1. Análisis de fibra

Para el análisis del contenido de fibra se realizó por el método WEENDE.

3.5.2. Análisis de humedad

Se realizó por el método AOAC 925.10.

3.5.3. Análisis de cenizas

Se realizó mediante la norma AOAC 923.03.

3.5.4. Análisis de grasa

Para el porcentaje de grasa se desarrolló en base a la norma AOAC 2003.06.

3.5.5. Análisis de proteína

Para analizar el porcentaje de proteína de las materias primas se desarrolló en base al método Dumas norma UNE-EN 15104.

3.5.6. Análisis de carbohidratos

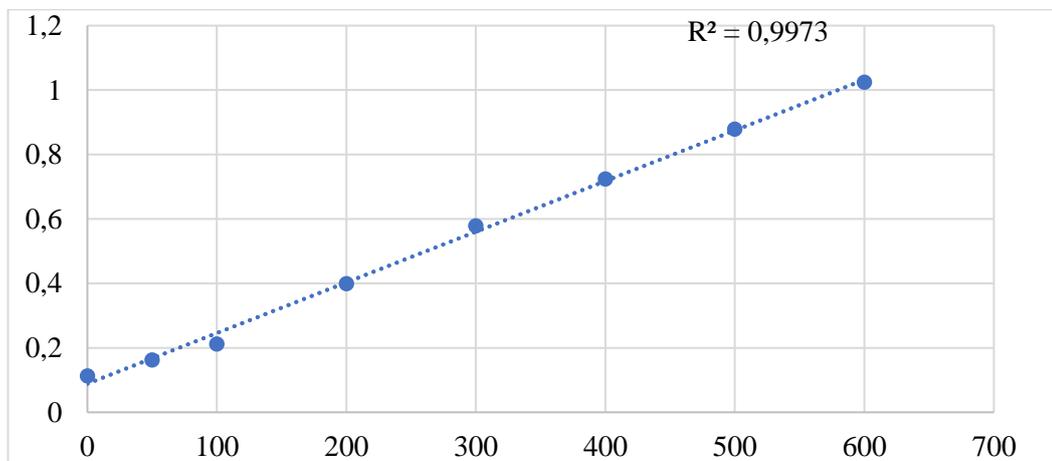
Para el análisis de carbohidratos, se realizó de acuerdo a la investigación realizada por Chirinos & Vargas (2017), donde determina Carbohidratos = $(100 - (\text{proteína} + \text{fibra} + \text{grasas} + \text{humedad} + \text{cenizas}))$.

3.5.7. Análisis de la actividad antioxidante

En la Figura 8, muestra la curva de calibración del análisis realizado por el método ABTS, a una absorbancia de 734 nm y antioxidante de referencia Trolox.

Figura 8

Curva de calibración a una concentración de 50 a 600 $\mu\text{mol/g}$ de muestra



3.6. Análisis sensorial del pan libre de gluten

Para el análisis sensorial, se capacitó a 10 estudiantes de la carrera de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Estatal de Bolívar, los cuales fueron catalogados como catadores semientrenados quienes evaluaron en los atributos: color, olor, sabor, textura y aceptabilidad con una calificación hedónica de 5 puntos, donde 1 es la calificación más baja y 5 la calificación más alta.

CAPÍTULO IV

4.1. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.2. Resultados del análisis físico químico de la materia prima

A continuación, se detalla los resultados adquiridos mediante el análisis físico químico realizado a la harina de chocho, avena y amaranto, los mismos que fueron analizados en el laboratorio de Investigación y Vinculación de la Universidad Estatal de Bolívar.

Tabla 14

Análisis físico químico de la harina de chocho, avena y amaranto

Parámetro	Método	Chocho	Avena	Amaranto
		%		
Fibra	WEENDE	24,16	9,70	12,90
Humedad	AOAC 925.10	6,60	8,95	10,85
Ceniza	AOAC 923.03	1,71	1,35	2,53
Grasa	AOAC 2003.06	10,79	8,51	8,7
Carbohidratos	Cálculo	2,96	56,57	45,45
Proteína	Dumas	53,77	14,91	19,52
Antioxidante	ABTS	7,2949 μmol ET/g	9,8937 μmol ET/g	6,3892 9 μmol ET/g

Los porcentajes de las harinas antes mencionadas en la Tabla 14, se identifica que en fibra, grasa y proteína la harina de chocho presenta valores bastante significativos con 24,16 %, 10,79 % y 53,77 % respectivamente, siendo estos

resultados bastante significativos con respecto a la harina de avena y amaranto. Por otro lado, en carbohidratos la harina de avena adquirió un resultado de 56,57 %, valor significativo con respecto a las demás materias primas en estudio, con respecto a humedad la harina de amaranto adquirió un valor de 10,85 %, siendo la humedad más alta con respecto a la harina de chocho y avena, de igual manera en ceniza adquirió un resultado de 2,53 %, en síntesis, la harina de chocho aporta mayor porcentaje de proteína al pan libre de gluten. Finalmente, para la actividad antioxidante la harina de avena con 9,8937 $\mu\text{mol ET/g}$ presenta un resultado significativo en comparación a la harina de chocho y amaranto.

Acuña (2019), analizó los mismos parámetros en el chocho donde adquirió los siguientes resultados: fibra 9,30 %, humedad 4,50 %, cenizas 2,98 %, grasa 23,20 %, proteína 44,50 %, de igual manera Sánchez & Santacruz (2022), realizó una caracterización físico químico a las semillas de chochos, donde detalla los siguientes resultados: humedad 11,02 %, ceniza 3,45 %, grasa 11,04 %, proteína 40,69 %. Estos resultados adquiridos por los diferentes autores varían significativamente con respecto a los resultados de nuestra investigación, mientras que en proteína los resultados son similares.

Cabe recalcar que el chocho tiene un alto porcentaje de proteína, el cual Camposano & Delgado (2017), manifiesta que el nivel proteico depende fundamentalmente de su concentración en aminoácidos y su nivel de digestibilidad, de la misma manera, el chocho demostró tener alto contenido de fibra, mismo que INIAP (2013), determina que la fibra funciona como regulador gastrointestinal. Llerena (2022), afirma la importancia de la grasa en el chocho, el cual contribuye al óptimo

desarrollo del sistema nervioso central, mejora la función inmunológica y protege la salud del corazón.

La investigación realizada al grano de avena por Pintado (2018), encontraron los siguientes valores: fibra 20 %, ceniza 3,10 %, grasa 7,20 %, proteína 16 %. Del mismo modo Aldaz & Tantaleán (2019), dio a conocer la composición de la avena sobre 100 g de muestra, dando como resultado en fibra 19,09 %, humedad 13,3 %, ceniza 3 %, grasa 5,50 % y proteína 11,50 %, estos valores difieren significativamente con los resultados adquiridos en nuestra investigación, esto debido a la variedad de avena, lugar de procedencia y al método utilizado para la obtención de la harina.

Llumiquina (2022) y Dias (2020), analizaron los mismos parámetros a la harina de amaranto, donde demostraron los siguientes resultados: Fibra 9,06 %, humedad 9,44 %, ceniza 2,21 %, grasa 7,08 % y proteína 12,56 %, en tal sentido, la diferencia de resultados se observó en fibra y proteína con respecto a nuestra investigación, pudiendo atribuirse al método del análisis realizado, la variación de las zonas de producción y la variedad del amaranto.

Pascual (2021), determinó la actividad antioxidante en la harina de chocho encontrando un valor de 11,81 $\mu\text{mol ET/g}$, en la investigación de Zaquinaula (2016), obtuvo un valor de 1,08 $\mu\text{mol Trolox/g}$ en harina de avena y de 8,96 $\mu\text{mol Trolox/g}$ en harina de amaranto valores similares a los encontrados en la investigación.

4.3. Resultados de la formulación de los porcentajes de harinas en base a proteína y fibra

Para dar cumplimiento al segundo objetivo, se realizó análisis de proteína y fibra en todos los tratamientos, con la finalidad de establecer la mejor combinación de harina de avena, chocho y amaranto para la elaboración del pan libre de gluten.

En la siguiente tabla se detalla los resultados de proteína y fibra realizada a las 12 formulaciones establecidas en el trabajo investigativo.

Tabla 15

Resultado de proteína y fibra de los 12 tratamientos

Tratamiento	Proteína %	Fibra %
T1	8,13	3,05
T2	8,61	6,44
T3	10,69	4,74
T4	10,35	6,87
T5	10,69	11,7
T6	10,38	12,21
T7	11,23	9,99
T8	10,94	7,31
T9	9,98	9,96
T10	10,88	11,93
T11	9,13	9,67
T12	8,92	9,79

En la Tabla 15 se detallan los resultados adquiridos de proteína y fibra de las 12 formulaciones del pan libre de gluten, donde en proteína el tratamiento T7 resultó tener un promedio de 11,23 % considerándose el mejor tratamiento en relación al contenido de proteína, mientras que en fibra el tratamiento T6 adquirió un valor de 12,21 % el valor más significativo en relación a los otros tratamientos.

Con relación a los resultados de la materia prima tabla 14 y del producto tabla 15, el valor de la proteína disminuye considerablemente mientras que de la fibra el valor se mantiene. En la investigación realizada por Vargas (2016), adquirió un resultado de proteína de 10,47 % en el pan molde normal con sustitución parcial de harina de pajuro. Por otro lado, Guevara (2022), realizó un análisis de fibra a un pan integral a base de harina de coco y moringa donde adquirió un resultado de 8,81%, con respecto al pan libre de gluten a base de harina de avena, chocho y amaranto no se reportaron en la literatura, por tal motivo es la primera en realizarse.

Tabla 16

Análisis de varianza del porcentaje de proteína

Fuente	Gl	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-p
Efectos principales					
A: Mezcla harina	5	33,2056	6,64113	332,06	0,0000 **
B: Sustituto de gluten	1	0,013225	0,013225	0,66	0,4241 NS
Interacciones					
AB	5	2,04929	0,409858	20,49	0,0000 **
Residuos	24	0,48	0,02		
Total	35	35,7482			

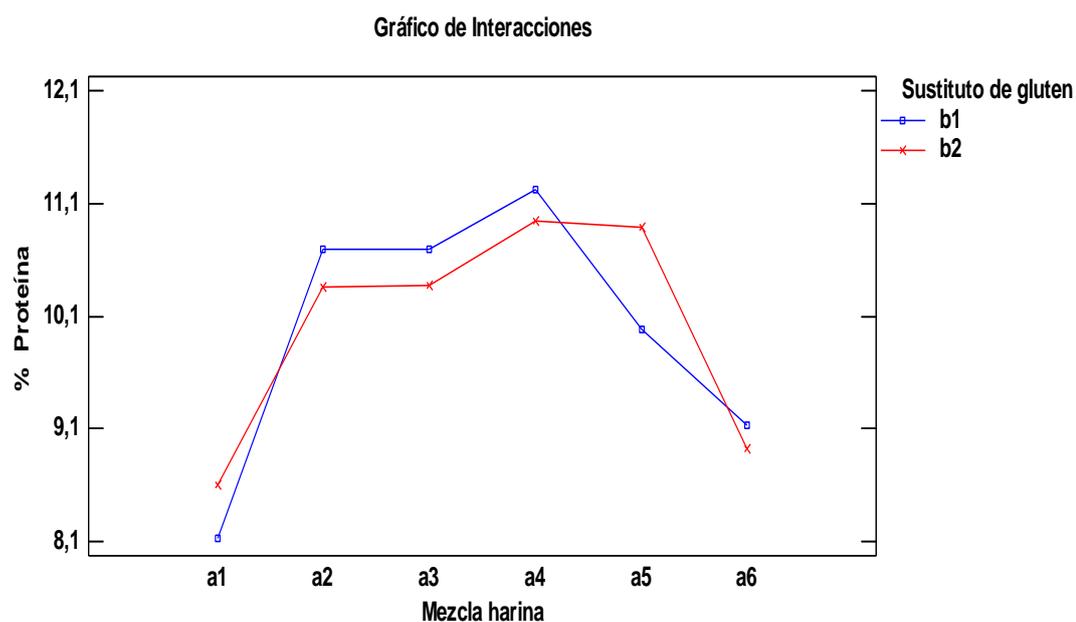
**: Diferencia altamente significativa; NS: Diferencia no significativa

Mediante la Tabla 16, en el análisis de varianza se determina que el factor A (Mezclas de harina) influye en los resultados de proteína, debido a que su valor-p es menor que 0,05, en tal sentido, la mezcla de harina tiene un efecto estadísticamente significativo sobre el porcentaje proteína con un 95,0% de nivel de confianza. Se realizaron pruebas de rangos múltiples para establecer el nivel diferente del factor A.

Tabla 17*Pruebas de rangos múltiples LSD del factor A de proteína*

Mezcla harina	Casos	Media LS	Grupos Heterogéneos
a ₄	6	11,0833	A
a ₃	6	10,5333	B
a ₂	6	10,5217	B
a ₅	6	10,43	B
a ₆	6	9,02167	C
a ₁	6	8,36833	D

La Tabla 17 de las pruebas de rangos múltiples muestra la diferencia entre los grupos heterogéneos, donde el nivel más alto corresponde al a₄ con una media de 11,08 % de proteína, es decir la combinación a 50 % harina de avena + 30 % harina de chocho + 20 % harina de amaranto presentaron mayor porcentaje de proteína en el pan libre de gluten.

Figura 9*Interacción AB para la proteína*

En la Figura 9, se determina que el porcentaje de proteína está influenciada de acuerdo a los porcentajes de combinaciones de harinas para la elaboración del pan libre de gluten, donde el mayor aportante de proteína es la harina de chocho, de esta forma también se observa que los niveles a₄b₁ corresponde ser uno de los mejores tratamientos.

Tabla 18

Análisis de varianza del porcentaje de fibra

Fuente	Gl	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor- ρ
Efectos principales					
A: Mezcla harina	5	244,159	48,8317	71752,72	0,0000**
B: Sustituto de gluten	1	7,43471	7,43471	10924,47	0,0000**
Interacciones					
AB	5	33,659	6,7318	9891,62	0,0000**
Residuos	24	0,0163333	0,000680		
Total	35	285,269			

*: Diferencia altamente significativa

En la Tabla 18 del análisis de varianza se determina que existe diferencia significativa para el porcentaje de fibra con un 95,0 % nivel de confianza, debido a que existe un efecto estadísticamente significativo para el factor A (mezclas de harina) y en el factor B (sustituto del gluten) debido a que sus valor-ρ son menores a 0,05.

Por esta razón se realizaron pruebas de rangos múltiples para identificar el nivel con la media más alta.

Tabla 19*Pruebas de rangos múltiples LSD del factor A de la fibra*

Mezcla harina	Casos	Media LS	Grupos Heterogéneos
a ₃	6	11,96	A
a ₅	6	10,95	B
a ₆	6	9,73	C
a ₄	6	8,65	D
a ₂	6	5,81	E
a ₁	6	4,75	F

Mediante la Tabla 19 de pruebas de rangos múltiples se evidencia que existe diferencia entre los grupos heterogéneos, en el que el nivel más alto corresponde a₃ con una media de 11,95 % de fibra en el pan libre de gluten, el mismo que está compuesto de 60 % harina de avena + 30 % harina de chocho + 10 % harina de amaranto.

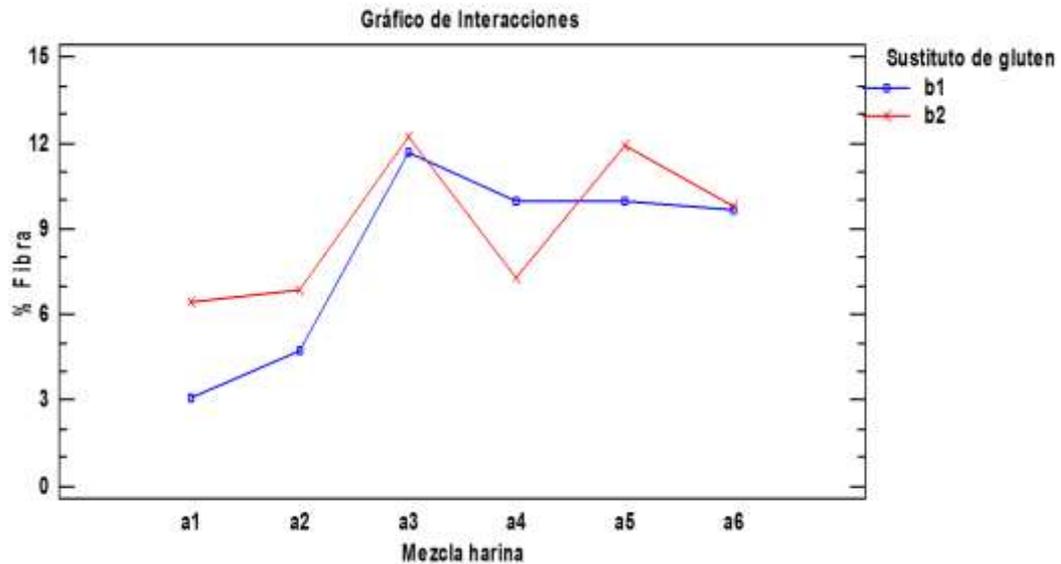
Tabla 20*Pruebas de rangos múltiples LSD del factor B de la fibra*

Sustituto de gluten	Casos	Media LS	Grupos Heterogéneos
b ₂	18	9,09444	A
b ₁	18	8,18556	B

En la Tabla 20 de pruebas de rangos múltiples del factor B (sustituto de gluten), se observa que existe diferencia estadística entre los niveles, donde el nivel b₂ compuesto de Gluten I'm Free, presenta una media más alta con 9,09 % de fibra en el pan libre de gluten.

Figura 10

Interacción AB de la fibra



Mediante la Figura 10, se observa las interacciones entre el factor A y el factor B, donde el nivel a_3b_2 compuesto de 60 % harina de avena + 30 % harina de chocho + 10 % de amaranto con sustituto de Gluten Ím Free, resultó ser el mejor tratamiento en el análisis de fibra realizado al pan libre de gluten.

A continuación, se detalla la formulación que se realizó para la elaboración del pan libre de gluten, el cual fue tomado de acuerdo a los factores de estudio planteados en la presente investigación.

Mediante el análisis de proteína y fibra realizados a los 12 tratamientos, se identificó que los mejores tratamientos son los T6 y T7, de acuerdo al análisis de varianza corridas con los resultados adquiridos. La tabla que se muestra a continuación selecciona los mejores tratamientos.

Tabla 21*Niveles óptimos de sustitución de harina de chocho, avena y amaranto*

Tratamientos	Códigos	%Harina avena	%Harina chocho	%Harina amaranto	Sustituto de gluten
T1	a ₁ b ₁	80	10	10	Alginato de propilenglicol
T2	a ₁ b ₂	80	10	10	Gluten I'm Free
T3	a ₂ b ₁	70	20	10	Alginato de propilenglicol
T4	a ₂ b ₂	70	20	10	Gluten I'm Free
T5	a ₃ b ₁	60	30	10	Alginato de propilenglicol
T6	a₃b₂	60	30	10	Gluten I'm Free
T7	a₄b₁	50	30	20	Alginato de propilenglicol
T8	a ₄ b ₂	50	30	20	Gluten I'm Free
T9	a ₅ b ₁	60	20	20	Alginato de propilenglicol
T10	a ₅ b ₂	60	20	20	Gluten I'm Free
T11	a ₆ b ₁	70	10	20	Alginato de propilenglicol
T12	a ₆ b ₂	70	10	20	Gluten I'm Free

En la Tabla 21, se detalla los productos resultantes de la panificación de los alimentos fermentados y horneados de una masa de harina, agua, sal y levadura, la incorporación de las harinas no tradicionales en matrices alimentarias ha permitido estudiar sus funciones técnicas y composición físico químico e incluso analizar propiedades como la capacidad de retención de agua, fibra, proteína y grasa (Llumiquinga, 2022).

Las proteínas que se encuentran en las matrices alimentarias de los productos de panadería, como el pan, suelen tener propiedades funcionales debido a que la estructura de la proteína contiene componentes como la amilosa y la amilopectina, que son moléculas que determinan el comportamiento reológico y el almidón funcional (Correa, 2017).

La finalidad de la presente investigación fue encontrar mejores alternativas para contribuir con una alimentación saludable, tanto para las personas celiacas, así como para prevenir enfermedades crónico degenerativas, afrontar problemas de desnutrición, el uso de estos cultivos andinos ha recibido especial atención por su alto contenido de macronutrientes, minerales, vitaminas, fibra y especialmente proteínas (Apaza, 2019).

4.4. Resultado de la calidad y aceptabilidad del pan

Un panel semientrenados de diez miembros evaluaron las propiedades sensoriales de los panes libres de gluten, las muestras se codificaron con números específicos para eliminar el sesgo, los atributos a evaluar fueron los siguientes: color, olor, sabor, textura y aceptabilidad con una calificación hedónica de 5 puntos.

4.4.1. Color

A continuación, se observa los resultados del análisis sensorial del atributo color, donde la calificación fue a una escala de 1 a 5 puntos, en la cual 1 es la calificación más baja y 5 la calificación más alta, los valores a evaluarse fueron: me disgusta mucho, me disgusta, no me gusta, me gusta y me gusta mucho.

Tabla 22*Análisis de varianza del color del pan libre de gluten*

Fuente	Gl	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor- ρ
Efectos principales					
Tratamientos	11	4,5	0,409091	1,23	0,2753 NS
Catadores	9	9,16667	1,01852	3,07	0,1455 NS
Residuos	99	32,8333	0,33165		
Total	119	46,5			

NS: Diferencia estadística no significativa

En la Tabla 22, el análisis de varianza realizado en el color del pan libre de gluten, se determinó no tiene un efecto significativo para los catadores, ya que su valores- ρ son mayores a 0,05, en tal sentido, todos los tratamientos son estadísticamente iguales sobre color del pan con un 95,0 % de nivel de confianza. De igual forma se realizó pruebas de rangos múltiples para identificar las medias mínimamente diferentes.

Tabla 23*Pruebas de LSD para el color del pan libre de gluten*

Tratamientos	Casos	Media LS	Grupos Homogéneos
T6	10	4,5	A
T7	10	4,5	A
T8	10	4,4	A
T11	10	4,4	A
T4	10	4,3	A
T9	10	4,3	A
T5	10	4,3	A
T12	10	4,2	A
T2	10	4,1	A
T3	10	4,1	A
T1	10	4,1	A
T10	10	3,8	A

En la Tabla 23, se describe las medias de los 12 tratamientos, donde existen grupos homogéneos, pero cabe mencionar que los tratamientos T6, T7 adquirieron una media de calificación de 4,5 puntos la misma que está en el rango me gusta y me gusta mucho según la escala hedónica utilizada.

4.4.2. Olor

La tabla de análisis de varianza muestra la variabilidad de los resultados tras la evaluación sensorial en el atributo olor, con una valoración hedónica de 5 puntos donde: 1 me disgusta mucho, 2 me disgusta, 3 no me gusta, 4 me gusta y 5 me gusta mucho, estos parámetros fueron evaluados por 10 catadores semientrenados.

Tabla 24

Análisis de varianza del olor del pan libre de gluten

Fuente	Gl	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor- ρ
Efectos principales					
Tratamientos	11	5,825	0,529545	1,37	0,0489*
Catadores	9	7,24167	0,80463	2,08	0,0681 NS
Residuos	99	38,2583	0,386448		
Total	119	51,325			

*: Diferencia significativa; NS: Diferencia estadística no significativa

En la Tabla 24, el análisis de varianza realizados para el atributo olor, se observa que el valor- ρ es menor a 0,05, es decir, cada uno de los tratamientos es diferente estadísticamente con respecto al olor del producto con un 95,0 % de nivel de confianza. Para establecer la media diferencia entre los tratamientos se realizaron pruebas de rangos múltiples.

Tabla 25*Pruebas de LSD para el olor del pan libre de gluten*

Tratamientos	Casos	Media LS	Grupos Heterogéneos
T7	10	4,6	A
T6	10	4,4	A
T9	10	4,4	A
T2	10	4,3	A
T8	10	4,3	A
T3	10	4,2	A
T12	10	4,1	A
T11	10	4,1	A
T5	10	4,0	B
T10	10	3,9	B
T4	10	3,9	B
T1	10	3,9	B

En la Tabla 25, se evidencia que existen diferencia entre los grupos heterogéneos puesto que el tratamiento T7 presenta una media significativa de 4,6 puntos, misma que se encuentra en una escala hedónica entre me gusta y me gusta mucho de acuerdo a la escala hedónica establecida.

4.4.3. Sabor

Con respecto al atributo sabor la tabla de análisis de varianza detalla los resultados obtenidos mediante las cataciones realizadas a 10 panelistas semientrenados, donde los parámetros analizados fueron: 1 me disgusta mucho, 2 me disgusta, 3 no me gusta, 4 me gusta y 5 me gusta mucho.

Tabla 26*Análisis de varianza del sabor del pan libre de gluten*

Fuente	Gl	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor- ρ
Efectos principales					
Tratamientos	11	8,56667	0,778788	1,13	0,3449 NS
Catadores	9	19,3	2,14444	3,12	0,0624 NS
Residuos	99	68,1	0,687879		
Total	119	95,9667			

NS: Diferencia estadística no significativa

En la Tabla 26, se describe el análisis de varianza y se observa que no existe diferencia significativa para el atributo sabor, puesto que el valor- ρ es mayor a 0,05, en tal sentido para los catadores el sabor del pan libre del gluten es estadísticamente iguales con un 95,0 % de nivel de confianza. De igual forma se realizó pruebas de rangos múltiples para evidenciar la media mínimamente diferente.

Tabla 27*Pruebas de LSD para el sabor del pan libre de gluten*

Tratamientos	Casos	Media LS	Grupos Homogéneos
T6	10	4,5	A
T7	10	4,4	A
T8	10	4,1	A
T5	10	4,1	A
T12	10	4,1	A
T1	10	4,1	A
T11	10	4,1	A
T10	10	3,9	A
T2	10	3,9	A
T9	10	3,8	A
T3	10	3,7	A
T4	10	3,5	A

En la Tabla 27, se evidencia que los grupos son homogéneos, pero la media mínimamente diferente corresponde al tratamiento T6 con una calificación de 4,5 puntos de acuerdo a la escala hedónica establecida.

4.4.4. Textura

A continuación, se observa los resultados adquiridos mediante el análisis sensorial realizado al pan libre de gluten por 10 catadores semientrenados a una escala hedónica de 5 puntos, donde los parámetros a evaluarse fueron: 1 me disgusta mucho, 2 me disgusta, 3 no me gusta, 4 me gusta, 5 me gusta mucho.

Tabla 28

Análisis de varianza de la textura del pan libre de gluten

Fuente	Gl	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
Tratamientos	11	15,8667	1,44242	2,61	0,0059**
Catadores	9	20,8	2,31111	4,18	0,0001**
Residuos	99	54,8	0,553535		
Total	119	91,4667			

** : Diferencia estadística altamente significativa

Mediante el análisis de varianza que se presenta en la Tabla 28, se muestra que existe un efecto altamente significativo entre los tratamientos, puesto que los valores-p son menores a 0,05. Por tal razón, la textura del pan libre de gluten tiene un efecto estadísticamente alto con un 95,0 % de nivel de confianza. Por tal motivo se realizaron pruebas de rangos múltiples para determinar el mejor tratamiento.

Tabla 29*Pruebas de LSD para la textura del pan libre de gluten*

Tratamientos	Casos	Media LS	Grupos Heterogéneos
T6	10	4,6	A
T7	10	4,3	A
T5	10	4,2	B
T10	10	4,1	B
T8	10	4,1	B
T1	10	4,0	B
T11	10	4,0	B
T9	10	4,0	B
T12	10	3,6	B
T2	10	3,5	C
T4	10	3,4	D
T3	10	3,4	D

En la Tabla 29, se detalla la comparación de medias, donde se evidencia la heterogeneidad entre los tratamientos, se ha identificado que el tratamiento T6 resultó ser el mejor tratamiento con respecto a la textura del pan libre de gluten, el mismo que pertenece a 60 % de avena, 30 % de chocho y 10 % de amaranto con sustitución de Gluten Ím Free posee una media más alta con 4,6 puntos de calificación, es decir que el pan libre de gluten se encuentra en una escala hedónica entre me gusta a me gusta mucho.

4.4.5. Aceptabilidad

La tabla de análisis de varianza que se presenta a continuación, detalla la variabilidad entre los tratamientos realizado al pan libre de gluten, donde los parámetros a medir fueron: 1 nula, 2 poco aceptable, 3 casi aceptable, 4 aceptable, 5 muy aceptable según la ficha de escala hedónica.

Tabla 30*Análisis de varianza de la aceptabilidad del pan libre de gluten*

Fuente	Gl	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor- ρ
Efectos principales					
Tratamientos	11	12,9	1,17273	1,57	0,0482*
Catadores	9	21,0333	2,33704	3,14	0,0023**
Residuos	99	73,7667	0,745118		
Total	119	107,7			

*: Diferencia estadística significativa; **: Diferencia altamente significativa

La Tabla 30 detalla el análisis de varianza para la aceptabilidad del pan libre de gluten, donde se observa que existe diferencia significativa entre los tratamientos ya que su valor- ρ es menor que 0,05, es decir, que la aceptabilidad del producto elaborado presenta una diferencia significativa con un 95,0 % de nivel de confianza por el método LSD se identificó la media diferente entre los tratamientos.

Tabla 31*Pruebas de LSD para la aceptabilidad del pan libre de gluten*

Tratamientos	Casos	Media LS	Grupos Homogéneos
T6	10	4,6	A
T5	10	4,4	B
T7	10	4,2	B
T8	10	4,1	B
T10	10	4,0	B
T11	10	4,0	B
T1	10	3,9	B
T12	10	3,8	B
T2	10	3,7	B
T9	10	3,7	B
T4	10	3,6	C
T3	10	3,4	D

De acuerdo a los datos obtenidos mediante pruebas de rangos múltiples como se detalla en la Tabla 31, el tratamiento T6 adquirió una calificación de 4,6 puntos, resultando ser el mejor tratamiento de acuerdo a la escala hedónica establecida, dicho tratamiento está elaborado a base de 60 % de avena, 30 % de chocho, 10 % de amaranto con el sustituto de Gluten Ím Free, es decir los catadores establecieron que a esas concentraciones de mezclas de harinas presentó mayor aceptabilidad del producto.

4.5. Resultados del análisis físico químico del pan libre de gluten

De acuerdo a los resultados adquiridos mediante fibra y proteína, se determinó que el mejor tratamiento está compuesto por los niveles a₄b₁ que corresponde al tratamiento T6, el mismo que fue elaborado por 60 % avena, 30 % de chocho, 10 % de amaranto y con sustituto de Gluten Ím Free.

Tabla 32

Análisis físico químico del tratamiento 6 del pan libre de gluten

Parámetro	Método	Pan libre de gluten (T6) %
Fibra	WEENDE	12,21
Humedad	AOAC 925.10	41,49
Ceniza	AOAC 923.03	1,14
Grasa	AOAC 2003.06	8,25
Carbohidratos	Cálculo	15,06
Proteína	Dumas	10,38
T6 Antioxidante	ABTS	5,9903 ± 0,80

En la Tabla 32, se muestra los resultados del análisis físico químico realizado al tratamiento T6, donde se detalla un alto contenido de proteína que posee el pan libre de gluten, esto se puede atribuir a la inclusión del 30 % de harina de chocho, ya que en los análisis físicos químicos realizados a la materia prima como se muestra en la Tabla 14, la harina de chocho presentó un alto contenido de proteína con respecto a las harinas de avena y amaranto.

Tabla 33

Análisis físico químico del tratamiento 7 del pan libre de gluten

Parámetro	Método	Pan libre de gluten (T7) %
Fibra	WEENDE	9,99
Humedad	AOAC 925.10	40,63
Ceniza	AOAC 923.03	1,25
Grasa	AOAC 2003.06	7,38
Carbohidratos	Cálculo	16,02
Proteína	Dumas	11,93
T7 Antioxidante	ABTS	5,2400 ± 0,39

En la Tabla 33, se muestra los resultados de los análisis físico químico del tratamiento 7, misma que está constituido por 50% harina de avena + 30 % de harina de chocho + 20 % de harina de amaranto con sustituto de Alginato de Propilenglicol.

Cueva (2018), confirmó que, al sustituir la harina de trigo por harina de chocho, el porcentaje de fibra aumentaba conforme al nivel de sustitución debido al alto contenido de fibra que posee la harina de chocho.

Espinoza *et al.*, (2018), mencionaron la importancia de las proteínas en los productos de panificación ya que están compuestos por albúmina y globulina, que a su vez tienen un perfil equilibrado de aminoácidos esenciales. Además, Cerda *et al.*, (2017) mencionaron que las proteínas no son solo una fuente de aminoácidos, sino que, debido a su naturaleza polimérica, su presencia influye fuertemente en las propiedades reológicas de los productos alimenticios, haciéndolos más aceptables para los consumidores.

En la investigación realizada por Cueva (2018), el porcentaje de harina de chocho más aceptable fue del 30 %, el mismo porcentaje concuerda con lo adicionado en nuestra investigación.

Selvakumaran *et al.*, (2019), en su estudio afirmaron que los alimentos con más del 6 % de fibra deberían denominarse como alto contenido de fibra, mientras que los alimentos con más del 3 % de fibra se etiquetaron como ricos en fibra.

En la norma NTE INEN 2945 (2016), establece un máximo de 45,0 % de humedad, de forma similar en nuestra investigación se alcanzó un porcentaje de humedad de 41,48 %, por consiguiente, se encuentra dentro de la norma NTE INEN establecida. Las cenizas que se encuentran en diferentes tipos de harinas afectan su calidad y comportamiento, ya que el residuo que queda después de quemar la harina corresponde a los minerales que quedan en forma de ceniza (Jiménez & Duque, 2018).

Un estudio realizado por García (2016), demostró que reemplazando un 20 % de harina de chocho se incrementó el contenido de grasa en un 36,07 %. De igual manera en el estudio realizado por Zavala (2019), afirmó que, al utilizar la harina

de chocho en la elaboración del pan, el contenido de grasa tiende a aumentar debido al porcentaje de grasa que contienen en chocho.

En cuanto a la actividad antioxidante los tratamientos T6, T7 no varían significativamente puesto que los porcentajes de harina de chocho son del 30 % en los dos tratamientos, comparando la actividad antioxidante de la materia prima con el producto final, el valor de la actividad antioxidante disminuye atribuyéndose al proceso de cocción que pasa el producto el cual elimina ciertas propiedades nutricionales, además Pascual *et al.*, (2021), en la materia prima encontraron altos valores de actividad antioxidante en la harina de chocho, siendo la principal materia prima que aporta antioxidantes al producto.

4.6. Densidad del pan

Se elaboró un pan libre de gluten en forma de barra con base de harina de chocho, avena y amaranto, destinada para las personas celíacas con un alto porcentaje de proteína el cual lo proporciona la harina de chocho. A continuación, se muestra los resultados adquiridos tras realizar el análisis de la densidad del pan:

$$\text{Volumen} = \text{Largo (cm)} * \text{Ancho (cm)} * \text{Alto (cm)}$$

$$\text{Volumen} = 30 \text{ cm} * 10 \text{ cm} * 4 \text{ cm}$$

$$\text{Volumen} = 1200 \text{ cm}^3$$

$$\text{Densidad aparente del pan} = \frac{\text{peso del pan (g)}}{\text{volumen (cm}^3\text{)}}$$

$$\text{Densidad aparente del pan} = \frac{326 \text{ g}}{1200 \text{ cm}^3}$$

$$\text{Densidad aparente del pan} = 0,2716 \text{ g/cm}^3$$

En la elaboración del pan el aumento de acidez incrementa la fermentación, favoreciendo la conversión de los azúcares en anhídrido carbónico CO₂ en la masa, lo que origina el aumento del volumen en los panes, por otro lado, la falta de

amasado interviene en el volumen y la dispersión de los ingredientes, el crecimiento del mismo (Calvo *et al.*, 2020).

En el análisis realizado a la densidad del pan por Bustamante, (2019) en un pan libre de gluten encontró una densidad de 0,513 g/cm³, resultado similar al de nuestra investigación, donde fue de 0,2716 g/cm³.

4.7. COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS

Para el desarrollo de la investigación se plantearon las siguientes hipótesis:

4.7.1. Hipótesis nula (H₀)

El pan libre de gluten elaborado con base de harina de avena (*Avena sativa*), chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*) y amaranto (*Amaranthus*) no presentan diferencia en las propiedades nutraceuticas.

4.7.2. Hipótesis alternativa (H₁)

El pan libre de gluten elaborado con base de harina de avena (*Avena sativa*), chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*) y amaranto (*Amaranthus*) presentan diferencia en las propiedades nutraceuticas.

4.7.3. Verificación de la hipótesis

Tabla 34

Comparación de valores de F calculada con la F de tablas para proteína

Factores de estudio	F Calculado	F Tablas
Factor A (mezclas de harina)	332,06	2,216
Factor B (sustituto de gluten)	0,66	2,216
Interacción AB	20,49	2,216

En la Tabla 34 de los valores Fisher calculados de la proteína del pan libre de gluten, el factor A presenta una diferencia altamente significativa, es decir que las mezclas de harina influyen en el resultado de la proteína del producto final, mientras que el sustituto de gluten no presenta diferencia significativa.

Tabla 35*Comparación de valores de F calculada con la F de tablas para fibra*

Factores de estudio	F Calculado	F Tablas
Factor A (mezclas de harina)	71752,72	2,216
Factor B (sustituto de gluten)	10924,47	2,216
Interacción AB	9891,62	2,216

En la Tabla 35 se identifican los valores Fisher calculados para la fibra en el pan libre de gluten, el cual presenta diferencias significativas tanto para el factor A como para el factor B, evidenciando que estos factores influyen en la fibra del producto final.

Mediante la comparación de F calculado y valores de F tabulado, se observa que existe diferencia significativa, en tal sentido existe la evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alterna.

CAPÍTULO V

5.1. CONCLUSIONES

- ♣ Previo de la elaboración del pan libre de gluten, se realizó un análisis físico químico a la materia prima, donde se evidenció que la harina de chocho tiene alto porcentaje de fibra, grasa y proteína con 24,16 %, 10,79 % y 53,77 %, resultados superiores en comparación a las harinas de avenas y amaranto, mientras que, en humedad y ceniza la harina de amaranto adquirió un resultado de 10,85 % y 2,53 % respectivamente, finalmente en carbohidratos la harina de avena adquirió un resultado de 56,57 % y antioxidantes 9,8937 $\mu\text{mol ET/g}$.
- ♣ Mediante la investigación desarrollada, se estableció la formulación para la elaboración del pan libre de gluten con base de harina de chocho, avena y amaranto y mediante el análisis de proteína y fibra se demostró que el tratamiento T6 y T7 corresponde ser uno de los mejores, estos dos tratamientos en su formulación tienen el 30 % de harina de chocho.
- ♣ En cuanto a la aceptabilidad del pan libre de gluten, se determinó que el tratamiento T6 es el más aceptable para los catadores, el mismo que tiene 30 % de adición de harina de chocho, también en este tratamiento junto con el T7 se obtuvo como resultado final un elevado porcentaje de proteína en relación a los demás tratamientos, además autores manifiestan que la proteína en un producto alimenticio influye en las propiedades reológicas haciéndolo más aceptable para los consumidores.

- ♣ El análisis físico químico realizado al mejor tratamiento, se observó un elevado contenido de proteína, grasa, fibra, carbohidratos y antioxidantes, convirtiéndose en un pan libre de gluten con propiedades nutraceuticas.

5.2. RECOMENDACIONES

- ♣ Realizar un análisis de los compuestos bioactivos y funcionales que posee el chocho, avena y amaranto, así como sus beneficios que estos compuestos tienen para la salud del ser humano.
- ♣ Para identificar la variabilidad de las proteínas a diferentes temperaturas de horneado, realizar pruebas a diferentes tiempos y temperaturas de cocción.
- ♣ Estudiar el efecto que tiene los sustitutos de gluten en las formulaciones de la elaboración del pan libre de gluten.
- ♣ Reemplazar la avena por almidón de papa y dar a conocer otros productos libres de gluten.
- ♣ Realizar otras investigaciones sobre otro componente que deban reemplazar al gluten en el pan.

BIBLIOGRAFÍA

- Acuña, S. (2019). Efecto del suplemento nutricional de harina de mashua (*Tropaeolum tuberosum*) y harina de tarwi (*Lupinus mutabilis Sweet*) en la dieta de cuyes (*Cavia Porcellus*) en la etapa de crecimiento - engorde. *Tesis pregrado*. Universidad Nacional del Centro del Perú, Tarma. Obtenido de https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/5910/T010_75107545_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Aldaz, A., & Tantaleán, M. (2019). Efecto de la proporción de avena (*Avena sativa*), cochayuyo (*Chondracanthus chamissoi*) y macambo (*Theobroma bicolor*) en el valor nutricional y análisis sensorial de una barra energética. *Tesis pregrado*. Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”, Lambayeque. Obtenido de <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/4553>
- Alemán, R. (2022). Evaluación de harina de amaranto (*Amaranthus spp*) variedad INTA soberano en productos de panificación en las instalaciones de la Universidad Nacional Agraria, en el periodo de octubre 2021 a junio 2022. *Tesis pregrado*. Universidad Nacional Agraria, Managua. Obtenido de <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnq02a367.pdf>
- Alemán, R. (2022). Evaluación de harina de amaranto (*Amaranthus spp*) variedad INTA soberano en productos de panificación en las instalaciones de la Universidad Nacional Agraria, en el periodo de octubre 2021 a junio 2022. *Tesis pregrado*. Universidad Nacional Agraria, Managua. Obtenido de <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnq02a367.pdf>
- Analuisa, B. (2022). Evaluación del contenido de hierro y fibra en una bebida de amaranto (*amaranthus spp*), avena (*avena sativa*) y maracuyá (*passiflora edulis*). *Tesis pregrado*. Universidad Agraria del Ecuador, Milagro. Obtenidode<https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/ANALUISA%20RAMIREZ%20BRYAN%20RICARDO.pdf>
- Apala, V. (2021). Evaluación comparativa de la calidad nutricional de germinados de tres granos andinos (quinua, cañahua y amaranto) con la alfa alfa, en el centro experimental de cota cota, departamento de la Paz. *Tesis pregrado*.

Universidad Mayor de San Andrés, La Paz. Obtenido de <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/27514/T2960.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Apaza, M. (2019). Efecto del consumo de cultivos andinos quinua, cañihua y tarwi sobre el incremento de peso y nitrógeno retenido en ratas Wistar. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 21(3), 194-204.
doi:<http://dx.doi.org/10.18271/ria.2019.477>

Barroso, D. (2020). Empleo de bebida de avena (*Avena sativa L.*) en la elaboración de (Yogurt) a tres concentraciones de inóculos. *Tesis pregrado*. Universidad AgrariadelEcuador, Milagro. Obtenido de <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/BARROSO%20LOPEZ%20EVELYN%20MARILYN.pdf>

Bustamante, B. (2019). Aplicación de pre fermento líquido (Poolish), para optimizar la formulación del pan libre de gluten a base de harina de Arroz (*Oryza Sativa*). *Tesis pregrado*. Universidad Nacional del Callao, Callao. Obtenido de <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/4426>

Bustos, D. (2015). Estudio de la sustitución parcial de la harina de trigo por la harina de amaranto crudo y cocido en la elaboración de pan. *Tesis pregrado*. Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito. Obtenido de https://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/14307/1/63857_1.pdf

Caiza, I. (2021). El almidón, su uso y efecto como recubrimiento comestible en la conservación de frutas. *Tesis pregrado*. Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, Riobamba. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/17061>

Calle, A., & Garzón, H. (2021). Efecto de un emulsificante de lípidos sobre la productividad y rendimiento a la canal de pollos de engorde en restricción alimenticia. *Tesis pregrado*. Universidad de Cuenca, Cuenca. Obtenido de <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/35827/6/Trabajo%20de%20titulacion.pdf>

Calvache, E., & Pastuña, C. (2020). Manual para la transformación del chocho (*lupinus mutabilis sweet*) en harina y sus derivados: pan, barras energéticas

- y extruidos. *Tesis pregrado*. Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/6994/1/PC-000963.pdf>
- Calvo, M., López, O., Carranco, M., & Marines, J. (2020). Evaluación fisicoquímica y sensorial de un pan tipo baguette utilizando harinas de trigo (*Triticum spp*) y chícharo (*Pisum sativum L.*). *Ciencias Biológicas y de la Salud*, 22(3), 116-124. Obtenido de <https://www.scielo.org.mx/pdf/biotecnia/v22n3/1665-1456-biotecnia-22-03-116.pdf>
- Camposano, J., & Delgado, N. (2017). Diseño de una planta agroindustrial para la producción de alimentos de chocho (*Lupinus Mutabilis Sweet*) en Cotopaxi. *Tesis pregrado*. Universidad de las Américas, Quito. Obtenido de <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/7457>
- Carrillo, L. (24 de Agosto de 2021). *Aditivo alimentario en productos de panadería*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/521498837/unidad3Aditivo-alimentario-en-productos-de-panaderia>
- Castañeda, A., Gonzales, L., Granados, M., & Chávez, U. (2020). Goma Guar: Un Aliado en la Industria Alimentaria. *Padi*, 7(14), 107-111. doi:<https://doi.org/10.29057/icbi.v7i14.4988>
- Castro, P., & Del Carpio, D. (2020). Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta productora de hojuelas de avena fortificadas con cereales andinos. *Tesis pregrado*. Universidad de Lima, Lima. Obtenido de https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/12055/Castro_de_la_Mata_Miranda_Paula.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Cerda, L., Cerda, V., Pilamala, A., Moreno, C., & Pérez, A. (2017). Proteína de harinas de maíz, cebada, quinua, trigo nacional y papa a: características y funcionalidad como sustitutos de la proteína de harina de trigo. *Amazónica Ciencia y Tecnología*, 6(3), 201-216. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6413712>

- Chirinos, W., & Vargas, N. (2017). Anàlisis proximal de galletas de harina de trigo (*Triticum vulgare*); Tapirama (*Phaseolus Lunatus*) de pueblo Nuevo de Paraguanà. *Revista Centro Azucar*, 10-17. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/caz/v44n2/caz02217.pdf>
- Conde, P. (2019). Incidencia de la harina de avena (*Avena sativa*) como sustituto parcial de la harina de trigo (*Triticum vulgare*) en la elaboración de un bizcocho edulcorado con panela. *Tesis Pregrado*. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann- Tacna, Tacna. Obtenido de <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/3664>
- Contreras, A., & Martelo, M. (2019). Alternativas gastronómicas para la población que padece enfermedad celiaca. *Tesis pregrado*. Universidad Autonoma de Bucaramanga, Bucaramanga. Obtenido de https://repository.unab.edu.co/bitstream/handle/20.500.12749/11997/2019_Tesis_Ana_Gabriela_Contreras_Sierra.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Correa, B. (2017). Sustitución parcial de harina de trigo por harina de quinua (*chenopodium quinoa willd*) para elaboración de pan de molde. *Tesis pregrado*. Universidad Técnica de Machala, Machala. Obtenido de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/11159>
- Cueva, P. (2018). Evaluación de la sustitución parcial de la harina de trigo con harina de lupino (*Lupinus mutabilis Sweet*) para la elaboración de pan. *Tesis pregrado*. Universidad Central del Ecuador, Quito. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/16595/1/T-UCE-0008-CQU-043.pdf>
- Daraei, A., Mirzaei, H., Maghsudlo, Y., & Kashaninejad, M. (2014). Producción de papas fritas bajas en grasa con recubrimientos hidrocoloides de una y varias capas. *Ciencia y tecnologia de los alimentos*, 51, 1334-1341. Obtenido de <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0660-9>
- De Toro, J., Arsenault, B., Perre, J., & Vohl, M. (2017). Precision Nutrition: A Review of Personalized Nutritional Approaches for the Prevention and

Management of Metabolic Syndrome. *Nutrients*, 22(9). doi:<https://doi.org/10.3390/nu9080913>

Días, A. (2020). Caracterización física, química, funcional y sensorial de hojas de amaranto (*amaranthus spp.*) para consumo hortícola. *Tesis pregrado*. Universidad de Chile, Santiago de Chile. Obtenido de <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/182830>

Díaz, S. (2019). *Amaranto, ¿Cómo cultivarlo? Siembra, cuidados y cosecha*. Obtenido de <https://www.agrohuerto.com/amaranto-como-cultivarlo/>

Enríquez, L., & Nuñez, S. (2020). Panes sin gluten. *Tesis pregrado*. Universidad Peruana Unión, Juliaca. Obtenido de https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/3353/Luz_Trabajo_Bachiller_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Espino, S. (2019). Uso de harina de papa roja (*Oxalis tuberosa*) en la elaboración de pan tipo danés (croissant), con actividad funcional, reducido en grasa saturada libre de gluten. *Tesis doctoral*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, San Agustín. Obtenido de http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/biblioteca_digital/handle/231104/2332

Espinoza, D. (2022). Efecto de la incorporación de lactosuero y harina de chocho (*lupinus mutabilis*) sobre el contenido proteico en pan tradicional trabajo experimental. *Tesis pregrado*. Universidad Agraria del Ecuador, Milagro. Obtenido de <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/ESPINOZA%20BARROS%20DAYSI%20MAGDALENA.pdf>

Espinoza, F., Reyes, W., Díaz, B., & Arana, L. (2020). Elaboración y aceptabilidad de pan libre de gluten a base de harina de las líneas promisorias de arroz de la UTB. *Pertinencia Académica*, 4(4), 22-35. Obtenido de <https://revistas.utb.edu.ec/index.php/rpa/article/view/2529>

Espinoza, Y., Gamarra, N., & Tarazona, R. (2018). Sustitución de la harina de trigo por harina de quinua y puré de espinaca en la elaboración de una pasta enriquecida y fortificada. *Aporte Santiaguino*, 11(1), 69-80. doi:<https://doi.org/10.32911/as.2018.v11.n1.457>

- Fierro, S., Zurita, J., & Guerrero, C. (2020). Estrategias comerciales para la exportación del Amaranto Ecuatoriano a Paris (Unión Europea). *Ciencias económicasyempresariales*,5(17),105-116
doi:<https://doi.org/10.23857/fipcaec.v5i5.187>
- Fuchs, L. (12 de Febrero de 2020). *Guía para distinguir los diferentes tipos de harina de trigo: en qué se diferencian y cómo usar cada una*. Obtenido de <https://www.directoalpaladar.com/ingredientes-y-alimentos/guia-para-distinguir-diferentes-tipos-harina-trigo-que-se-diferencian-como-usar-cada>
- García, F. (2016). Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por harina de tarwi (*Lmutabilis*) sobre las características fisicoquímicas y aceptabilidad general de galletas tipos soda. *Tesis pregrado*. Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo. Obtenido de https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/2468/1/RE_IND.ALIM_FLOR.GARCIA_EFECTO.DE.LA.SUSTITUCION.PARCIAL.DE.HARINA.DE.TRIGO_DATOS.PDF
- García, G. (2020). “Efecto de la adición de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) y amaranto (*Amaranthus caudatus*) en la calidad nutricional de una bebida deslactosada”. *Tesis pregrado*. Uniersidad Politécnica Estatal del Carchi, Tulcán.Obtenidode<http://repositorio.upec.edu.ec/bitstream/123456789/1336/1/030ARC%C3%8DA%20MENDIETA%20GISSIELA%20MARIBEL.pdf>
- García, P. (2021). “Sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum vulgare L.*) por harina de guandul. *Tesis pregrado*. Universidad Politécnica Estatal del Carchi,Tulcán.Obtenidode<http://repositorio.upec.edu.ec/bitstream/123456789/1319/1/04920GARC%C3%8DA%20PATI%C3%91O%20PAULINA%20GABRIELA.pdf>
- García, P. (2021). Sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum vulgare L.*) por harina de guandul (*Cajanus cajan*) en la elaboración de pan común. *Tesis pregrado*. Universidad Politécnica Estatal del Carchi, Tulcán. Obtenido de

<http://repositorio.upec.edu.ec/bitstream/123456789/1319/1/04920GARC%C3%8DA%20PATI%C3%91O%20PAULINA%20GABRIELA.pdf>

Gomez, J. (2020). Influencia del maíz amarillo (*zea mays*) y avena (*avena sativa*) en el contenido nutricional de una bebida de malta refrescante trabajo experimental. *Tesis pregrado*. Universidad Agraria del Ecuador, Milagro. Obtenido de https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/GOMEZ%20GUANANGA%20JHON%20CRISTHIAN_compressed.pdf

Guaminga, L. (2020). “Obtencion y caracterización funcional de harina y almidón de maíz negro (*Zea mays L.*)”. *Tesis pregrado*. Universidad Nacional del Chimborazo, Riobamba. Obtenido de <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/6552/1/OBTENCI%C3%93N%20Y%20CARACTERIZACI%C3%93N%20FUNCIONAL%20DE%20HARINA%20Y%20ALMID%C3%93N%20DE%20MA%C3%8DZ%20NEGRO.pdf>

Guevara, D. (2022). Influencia de harina de coco (*Cocos nucifera*) y moringa (*Moringa oleifera*) en las características nutricionales y sensoriales del apn integral. *Tesis pregrado*. Universidad Agraria del Ecuador, Milagro. Obtenido de <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/GUEVARA%20ACOSTA%20DENISE%20LISETTE.pdf>

Gutierrez, J. (2017). Influencia de la concentración de dos estabilizantes sobre las propiedades organolépticas y la viscosidad del néctar de sachatomate (*Cyphomandra Betacea*). *Tesis pregrado*. Universidad Nacional José María Arguedas, Andahuaylas. Obtenido de <https://repositorio.unajma.edu.pe/handle/20.500.14168/249>

Hurtado, A., Selgas, R., & Serrano, Á. (2020). El alginato y sus inmensas aplicaciones industriales. *Iberoamericana Interdisciplinar de Métodos, Modelización y Simulación*, 137 doi:https://doi.org/10.46583/nereis_2020.12.573

Illescas, J. (2017). “Estudio fenológico de dos variedades de amaranto en las condiciones agrometeorológicas de querochaca”. *Tesis pregrado*. Universidad Técnica de Ambato, Cevallos. Obtenido de

<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/26383/1/Tesis%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20520.pdf>

INIAP. (2013). *Propiedades nutritivas del chocho*. Quito.

Jeréz, D. (2017). Industrialización de granos andinos “elaboración de pan integral de quínoa (*chenopodium quínoa willd*) y amaranto (*amaranthus caudatus. l*)”. *Tesis pregrado*. Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/4193>

Jiménez, N., & Duque, C. (2018). Efecto de la sustitución parcial de la harina de trigo (*triticum aestivum l.*) por harina de castaña (*bertholletia excelsa*) en el comportamiento reológico de su masa para la aplicación en la industria de la panificación. *Tesis pregrado*. Universidad Nacional del Santa. Obtenido de https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNSR_dddeb2266951d4bca148d7e4c0ff71db

Jurado, E. (2019). “Estudio de la producción y comercialización del amaranto (*amaranthus sp*) en la provincia de Imbabura” . *Tesis pregrado*. Universidad Técnica del Norte, Ibarra. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/9888/2/03%20AGN%20064%20TRABAJO%20GRADO.pdf>

Llerena, L. (2022). Beneficios del chocho para mejorar la nutrición. *Revista Qualitas*, 24(24), 66-75. doi:<http://www.doi.org/10.55867/qual24.05>

Llumiquinga, N. (2022). Efecto de la adición de harinas no convencionales para la producción y enriquecimiento de productos de panificación y pastelería. *Tesis pregrado*. Universidad Técnica de Ambato, Ambato. Obtenido de Efecto de la adición de harinas no convencionales para la producción y

Loor, J. (2020). Desarrollo de un snack energético bajo en gluten a partir de la harina de arroz (*oriza sativa l.*) con amaranto (*amaranthus spp.*) y frutos secos. *Tesis pregrado*. Universidad Agraria del Ecuador, Guayaquil. Obtenido de https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/LOOR%20NAPA%20JANNY%20JANETH_compressed.pdf

- López, A. (2020). Obtención de un producto de panadería a partir de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de quinua (*Chenopodium quinoa willd*) y amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*). *Tesis pregrado*. Universidad Politécnica Estatal del Carchi, Tulcán. Obtenido de <http://repositorio.upec.edu.ec/handle/123456789/1338>
- Lucas, J. (2021). Incidencia del amaranto (*amaranthus caudatus*) en las características fisicoquímicas y sensoriales de una mortadela a base de codorniz (*coturnix coturnix*). *Tesis pregrado*. Universidad Agraria del Ecuador, Milagro. Obtenido de <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/LUCAS%20ESPINOZA%20JARITZA%20ANGELICA.pdf>
- Lucia. (04 de Abril de 2022). *Propiedades nutricionales de la avena*. Obtenido de <https://informaciongastronomica.com/avena/>
- Manobanda, G. (2017). Estudio del efecto de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de arrocillo en la producción de pan. *Tesis pregrado*. Escuela Politécnica Nacional, Quito. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17026>
- Manobanda, N. (2017). Formulación y caracterización de un pan libre de gluten elaborado a partir de cultivos nativos del Ecuador. *Tesis pregrado*. Universidad Técnica de Ambato, Ambato. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/26312/1/AL%20641.pdf>
- Martínez, A. (2020). Evaluación de un pan integral de harina de zapallo (*cucurbita maxima*) y gandul (*cajanus cajan*) en reemplazo parcial de la harina de trigo . *Tesis pregrado*. Universidad Agraria del Ecuador, Milagro. Obtenido de <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/MARTINEZ%20RUIZ%20ANGEL%20EDUARDO.pdf>
- Merchancano, J., Castro, E., Hernández, F., Portillo, P., & Cadena, Á. (2022). *Cultivo y ensilaje de avena (Avena sativa L.) en el trópico alto del departamento de Nariño*. Mosquera: AGROSAVIA. Obtenido de

https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/37107/Ver_Documento_37107.pdf?sequence=5&isAllowed=y

Miranda, P. (2019). Efecto de la adición de harina de quinoa y lupino dulce sobre la calidad tecnológica de panes libres de gluten. *Tesis doctoral*. Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba. Obtenido de <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/28703/Tesis%20Doctoral%20Miranda-Villa.pdf?sequence=1>

Monar, K. (2019). “Aprovechamiento agroindustrial de chía (*Salvia hispánica l.*) y avena (*Avena sativa*) en la elaboración de una bebida nutricional”. *Tesis pregrado*. Universidad Nacional del Chimborazo, Riobamba. Obtenido de <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/6388/1/APROVECHAMIENTO%20AGROINDUSTRIAL%20DE%20CH%20C3%8DA%20%28Salvia%20hisp%C3%A1nica%20L.%29%20Y%20AVENA.pdf>

Muñoz, M. (2020). Evaluación del tiempo de secado del tarwi y su porcentaje de sustitución en grasa animal para la elaboración de hamburguesa de cuy. *Tesis pregrado*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima. Obtenido de https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/15206/Nunez_om.pdf?sequence=1&isAllowed=y

NTE INEN 2945. (2016). *Pan. Requisitos*. Quito.

NTE INEN 2945. (2016). *Pan. Requisitos*. Quito.

Pascual, G., Cruz, J., Hidalgo, A., Benavente, F., Pérez, M., Sotelo, A., . . . Encina, C. (2021). Lupinus mutabilis oil obtained by expeller press: Yield, physicochemical characterization, antioxidant capacity, fatty acids and oxidative stability analyses. *Research article*, 12(2), 219-127. doi:<https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2021.025>

Pavón, K. (2020). Análisis de la composición proximal y actividad antioxidante de la harina cruda y tostada de cuatro variedades de *Amaranthus cruentus* cultivados en Managua, Agosto 2019 - Marzo 2020. *Tesis pregrado*. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua, Managua. Obtenido de <https://repositorio.unan.edu.ni/14634/1/14634.pdf>

- Pintado, T. (2018). Estrategias de reformulación de productos cárnicos más saludables basadas en la incorporación de emulsiones gelificadas en frío estabilizadas con chía (*Salvia Hispanica, L.*) o avena (*Avena satia, L.*). *Tesis doctoral*. Universidad Complutense de Madrid, Madrid. Obtenido de <https://eprints.ucm.es/id/eprint/50122/1/T40631.pdf>
- Ponce, S. (2018). Comparación de harina de chocho (*Lupinus Mutabilis Sweet*) deshidratada y liofilizada, para la elaboración de pan artesanal. *Tesis pregrado*. Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, Riobamba. Obtenido de <http://dspace.espace.edu.ec/handle/123456789/11691>
- PromPerú. (20 de Septiembre de 2019). *El tarwi o chocho: una súper leguminosa de los Andes*. Obtenido de <https://peru.info/espe/gastronomia/noticias/2/12/el-tarwi-o-chocho--una-super-leguminosa-de-los-andes>
- Puma, A. (2018). Posicionamiento de la marca yerbanova en el mercado de nutraceútico. *Tesis pregrado*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador-Matriz, Quito. Obtenido de <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/15177/Trabajo%20de%20titulaci%C3%B3n%20Amanda%20Puma.pdf?sequence=1>
- Quelal, M. (2019). Estudio de la comercialización del chocho desamargado (*Lupinus mutabilis Sweet*) en el Distrito Metropolitano de Quito. *Tesis postgrado*. Universidad Andina Simón Bolívar, Quito. Obtenido de <https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/6650/1/T2877-MAE-Quelal-Estudio.pdf>
- Quelal, M. (2019). Estudio de la comercialización del chocho desamargado (*Lupinus mutabilis Sweet*) en el Distrito Metropolitano de Quito. *Tesis pregrado*. Universidad Andina Simón Bolívar, Quito. Obtenido de <https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/6650/1/T2877-MAE-Quelal-Estudio.pdf>
- Quilca, P. (2020). Elaboración de harina de chocho para enriquecer harina de trigo. *Tesis pregrado*. Universidad Central del Ecuador, Quito. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/21469>

- Rico paladar. (2022). *Beneficios del pan sarraceno y sus propiedades*. Obtenido de <https://ricopaladar.es/beneficios-del-pan-sarraceno-y-sus-propiedades/>
- Robalino, M. (2021). Los antioxidantes y antiinflamatorios naturales en la alimentación de pollos. *Tesis pregrado*. Universidad Superior Politécnica del Chimborazo, Riobamba. Obtenido de <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/15631/1/17T01659.pdf>
- Sader, T. (2018). Enriquecimiento de panes sin gluten con mezclas proteicas. *Tesis posgrado*. Universidad de Valladolid, Valladolid. Obtenido de <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/32131/TFM402.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sánchez, A. (2022). Usos de las harinas de chíá (salvia hispanica), amaranto (*amaranthus sp.*) y haba (*vicia faba*), como fuente de proteína y fibra para la elaboración de galletas trabajo experimental. *Tesis pregrado*. Universidad Agraria del Ecuador, Milagro. Obtenido de <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/SANCHEZ%20PICHASACA%20ANDREA%20CAROLINA.pdf>
- Sánchez, D., & Santacruz, S. (2022). Caracterización físico-química de granos y funcional de harinas obtenidas de fréjol canario (*Vigna unguiculata*) y chocho (*Lupinus mutabilis sweet*). *Tesis pregrado*. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Manabí. Obtenido de <https://repositorio.uleam.edu.ec/handle/123456789/4165>
- Selvakumaran, L., Shukri, R., Shazini, N., Pak, M., & Wan, W. (2019). Orange sweet potato (*Ipomoea batatas*) puree improved physicochemical properties and sensory acceptance of brownies. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 18, 332 doi:<https://doi.org/10.1016/j.jssas.2017.09.006>
- Silva, G. (2020). Evaluación de la harina de chachafruto como ingrediente para la elaboración de un producto de panadería libre de gluten. *Tesis posgrado*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/77707>
- Solano, D., & Coello, J. (2019). Elaboración y análisis proximal de la harina de sandía en 2 variedades diferentes (*Citrullus lanatus*, *Charleston Gray* y

- Crimsoom Sweet*). *Tesis pregrado*. Universidad de Guayaquil, Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/45437>
- Valenzuela, M. (2019). *Estudio de las metodologías para el análisis comercial de la avena para consumo humano*. Santiago de Chile: ODEPA. Obtenido de <https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2020/04/Informe-Final-Avena-para-consumo-humano.pdf>
- Vargas, E. (2016). *edulis*), Caracterización fisicoquímica de pan molde blanco con sustitución parcial de harina de pajuro (*erythrina*). *Tesis pregrado*. Universidad Peruana Union, Lima. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12840/438>
- Vásquez, V., Salhuana, J., Alvarado, M., Ludeña, A., & Jiménez, L. (2019). Empleo de tres métodos de desamargado a través de la evaluación sensorial de harina y pan de *Lupinus mutabilis Sweet*. *Agroindustrial Science*, 9(1), 53-59. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7023241>
- Vidarte, J. (2020). Desarrollo de panes libres de gluten con harinas de granos andinos. *Tesis doctoral*. Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima. Obtenido de <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4374/vidaurre.ruiz-julio-mauricio.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vilca, J. (2019). Optimización de la aceptabilidad de un pan con harina de centeno (*Secale cereale*), cebada (*Hordeum vulgare*) y avena (*Avena sativa*). *Tesis pregrado*. Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo. Obtenido de <https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/13439>
- Villanueva, R. (2017). Productos libres de gluten: un reto para la industria de los alimentos. *Ingeniería industrial*(35), 183-194. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/3374/337453922009.pdf>
- Yumizaca, L., & Zambrano, Y. (2022). Estudio de factibilidad para la elaboración y comercialización de pizzas a base de harina de avena como una opción nutritiva para los habitantes de la ciudad de Guayaquil. *Tesis pregrado*. Universidad de Guayaquil, Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/61078>

Zaquinaula, F. (2016). Determinación de la capacidad antioxidante en alimentos tradicionales. *Tesis pregrado*. Universidad Técnica Particular de Loja, Loja. Obtenido de <https://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/16302/1/Zaquinaula%20I%c3%b1ahuazo%20Fabi%c3%a1n%20Efra%c3%adn.pdf>

Zavala, O. (2019). Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestevium*) por harina de tarwi (*Lupinus mutabilis sweet*) en las propiedades físicoquímicos y sensoriales de cupcakes. *Tesis pregrado*. Universidad Peruana Unión, Lima. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12840/2046>

ANEXOS

Anexo 1

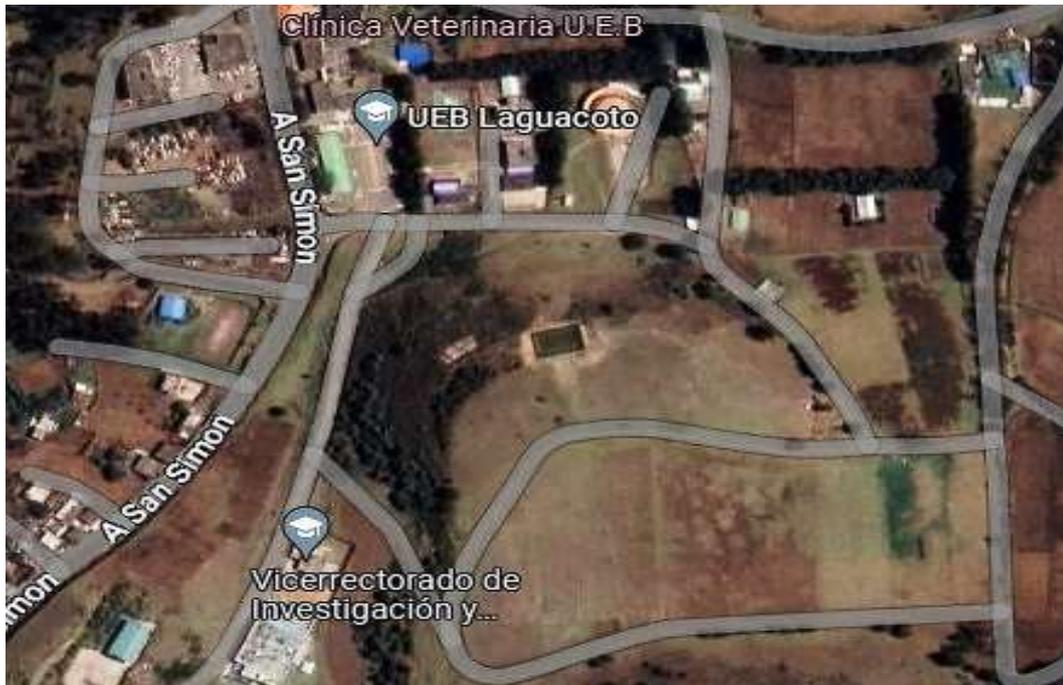
Mapa de ubicación de Salinas donde se desarrolló la investigación



Fuente: (Google map, 2023)

Anexo 2

Mapa de ubicación de la Universidad Estatal de Bolívar



Fuente: (Google map, 2023)

Anexo 3

Análisis físico químico de la materia prima y del pan libre de gluten

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIO DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS Y FITOQUÍMICA <small>Laiguacoto #1, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.</small>	Versión	1
	INFORME DE RESULTADOS	Año	2023
		Página	Página 1 de 3

INFORME DE ENSAYOS N°051

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
Solicitante	Diego Villalta – Sofia Qhishpe
Muestra	Harina de avena, harina de chocho, harina de amaranto, pan
Código asignado UEB	INV131 – INV132- INV133- INV134
Estado de la muestras	Pulverizados
Envase de recepción	Bolsas plásticas
Análisis requerido(s)	Humedad, ceniza, fibra, grasa
Fecha de recepción	21 de Marzo de 2023
Fecha de análisis	21 de Marzo -04 de Abril 2023
Fecha de informe	04 de Abril 2023
Técnico (s) asignado	MPWF

RESULTADOS OBTENIDOS

PARAMETROS BROMATOLÓGICOS

Código laboratorio	Muestra	Parámetro	Unidad	Método	Resultado
INV131	Harina de avena	Fibra	%	WEENDE	9,70
					9,70
					9,70
		Humedad	%	AOAC 925.10	8,90
					9,03
					8,91
		Ceniza	%	AOAC 923.03	1,30
					1,46
					1,30
		Grasa	%	AOAC 2003.06	8,51
					8,51
					8,51
		Carbohidratos	%	Por cálculo	56,67
					56,38
					56,71

INV132	Harina de chocho	Fibra	%	WEENDE	24,13
					24,23
					24,13
		Humedad	%	AOAC 925.10	6,62
					6,58
					6,62
		Ceniza	%	AOAC 923.03	1,79
					1,67
					1,67
		Grasa	%	AOAC 2003.06	11,09
					11,22
					10,06
Carbohidratos	%	Por cálculo	2,93		
			3,11		
			2,83		
INV133	Harina de amaranto	Fibra	%	WEENDE	12,02
					13,34
					13,34
		Humedad	%	AOAC 925.10	10,85
					10,89
					10,82
		Ceniza	%	AOAC 923.03	2,53
					2,52
					2,54
		Grasa	%	AOAC 2003.06	8,78
					8,54
					8,78
Carbohidratos	%	Por cálculo	46,38		
			45,21		
			44,77		

INV134	Pan	Fibra	%	WEENDE	9,72
					9,72
					9,72
		Humedad	%	AOAC 925.10	41,31
					41,31
					41,85
		Ceniza	%	AOAC 923.03	1,14
					1,15
					1,12
		Grasa	%	AOAC 2003.06	10,75
					10,75
					10,75
		Carbohidratos	%	Por cálculo	20,96
					21,88
					20,94

Los resultados de los análisis corresponden a 3 determinaciones por muestra y a tres diluciones.



 Ing. Favián Bayas, PhD.
 Director DIVUEB

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	Código	FP012-01
	<small>Capacitación, No. 112, 104 & 105, San Juan, Centro Universitario, Píscos, Bolívar, Ecuador</small>	Versión	1
	INFORME DE RESULTADOS	Año	2023
		Página	Página 1 de 1

INFORME N° 053-2023

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
Solicitante	Diego Vilalta- Sofia Quishpe
Muestra	Avena, chocho, amaranto, pan
Código asignado UEB	INV131, INV132, INV133, INV134
Estado de la muestra	Sólido
Envase de recepción	Botella de vidrio
Análisis requerido(s)	Porcentaje de proteína
Fecha de recepción	21/03/2023
Fecha de análisis	22/03/2023
Fecha de informe	05/04/2023
Técnico (s) asignado	MIPV

RESULTADOS OBTENIDOS						
Código de laboratorio	Muestra	Parámetros	Unidad	Método	Resultado	Promedio
INV- 131	Harina de avena R1	Porcentaje de proteína	%	Dumas	14,925	14,905
	Harina de avena R2				14,925	
	Harina de avena R3				14,867	
INV- 132	Harina de chocho R1	Porcentaje de proteína	%	Dumas	53,488	53,771
	Harina de chocho R2				53,188	
	Harina de chocho R3				54,688	
INV- 133	Harina de amaranto R1	Porcentaje de proteína	%	Dumas	19,438	19,563
	Harina de amaranto R2				19,500	
	Harina de amaranto R3				19,750	
INV- 134	Pan- R1	Porcentaje de proteína	%	Dumas	16,125	15,656
	Pan- R2				15,188	
	Pan- R3				15,625	

Las muestras son con tres réplicas


 Dr. Favlen Bayas Morejón
 Director DIVIUEB

Anexo 4

Informe de análisis de actividad antioxidante

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA					
Solicitante	Sofia Quishpe - Diego Villalta				
Muestra	Harinas de: amaranto, chocho, avena. Pan				
Código asignado UEB	INV 350, 351, 352, 343, 344, 345				
Estado de la muestra	Sólido				
Envase de recepción	Plástico				
Análisis requerido(s)	Actividad antioxidante ABTS				
Fecha de recepción	26 de junio de 2023				
Fecha de análisis	26 – 28 de junio de 2023				
Fecha de informe	29 de junio de 2023				
Técnico (s) asignado	MFQM - RCMR				
RESULTADOS OBTENIDOS					
Código de laboratorio	Muestra	Análisis	Método de análisis	Unidad	Resultado
INV 350	Harina de avena	Actividad antioxidante	ABTS	$\mu\text{mol ET/g}$	$9,8937 \pm 0,52$
INV 351	Harina de chocho	Actividad antioxidante	ABTS	$\mu\text{mol ET/g}$	$7,2949 \pm 0,10$
INV 352	Harina de amaranto	Actividad antioxidante	ABTS	$\mu\text{mol ET/g}$	$6,3892 \pm 0,89$
INV 343	Pan	Actividad antioxidante	ABTS	$\mu\text{mol ET/g}$	$5,9903 \pm 0,80$
INV 344	Pan	Actividad antioxidante	ABTS	$\mu\text{mol ET/g}$	$5,2400 \pm 0,39$
INV 345	Pan	Actividad antioxidante	ABTS	$\mu\text{mol ET/g}$	$5,5313 \pm 0,40$

Los resultados son expresados como media de tres replicas \pm DE.



firmado electrónicamente por:
ISIDRO FAVIAN BAYAS MOREJON

Ing. Favian Bayas, PhD
**Director de Investigación y
Vinculación**

Anexo 5

Informe de análisis de proteína del pan libre de gluten

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN <small>Laguacoto II, Km 1 1/2, v.la a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.</small>	Código	FG12-01
	INFORME DE RESULTADOS	Versión	1
		Año	2023
		Página	Página 1 de 5

INFORME N° 169-2023

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA						
Solicitante	Diego Fernando Villalta Gómez - Sofía Tatiana Quishpe Collay					
Muestra	Pan y harinas de chocho, avena y amaranto					
Código asignado UEB	INV-338- INV-339 –INV 340- INV 341- INV 342- INV 343- INV 344- INV 345- INV 346- INV 347- INV 348- INV 349- INV 350- INV 351- INV 352					
Estado de la muestra	Sólido y pulverizado					
Envase de recepción	Frasco de vidrio y fundas ciclop					
Análisis requerido(s)	Porcentaje de Proteína total					
Fecha de recepción	26/06/2023					
Fecha de análisis	27/06/2023					
Fecha de informe	29-06-2023					
Técnico (s) asignado	MIPV					
RESULTADOS OBTENIDOS						
Código de laboratorio	Muestra	Parámetros	Unidad	Método	Resultado	Promedio
INV- 338	Pan sin gluten - T1: 80 % avena, 10% chocho y 10% amaranto más alginato. R1	Porcentaje de proteína total	%	Dumas	8,13	8,13
	Pan sin gluten - T1: 80 % avena, 10% chocho y 10% amaranto más alginato. R2				8,13	
	Pan sin gluten - T1: 80 % avena, 10% chocho y 10% amaranto más alginato. R3				8,13	
INV- 339	Pan sin gluten - T2: 80 % avena, 10% chocho y 10% amaranto más perfect gluten - R1	Porcentaje de proteína total	%	Dumas	8,63	8,60
	Pan sin gluten - T2: 80 % avena, 10% chocho y 10% amaranto más perfect gluten – R2				8,63	

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	Código	FPG12-01
	Laguacolo II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.	Versión	1
	INFORME DE RESULTADOS	Año	2023
		Página	Página 2 de 5

	Pan sin gluten - T2: 80 % avena, 10% chocho y 10% amaranto más perfect gluten – R3				8,56	
INV- 340	Pan sin gluten - T3: 70 % avena, 20% chocho y 10% amaranto más alginato. R1	Porcentaje de proteína total	%	Dumas	10,69	10,69
	Pan sin gluten - T3: 70 % avena, 20% chocho y 10% amaranto más alginato. R2				10,69	
	Pan sin gluten - T3: 70 % avena, 20% chocho y 10% amaranto más alginato. R3				10,69	
INV- 341	Pan sin gluten - T4: 70 % avena, 20% chocho y 10% amaranto más perfect gluten. R1	Porcentaje de proteína total	%	Dumas	10,25	10,35
	Pan sin gluten - T4: 70 % avena, 20% chocho y 10% amaranto más perfect gluten. R2				10,25	
	Pan sin gluten - T4: 70 % avena, 20% chocho y 10% amaranto más perfect gluten. R3				10,56	
INV- 342	Pan sin gluten - T5: 60 % avena, 30% chocho y 10% amaranto más alginato. R1	Porcentaje de proteína total	%	Dumas	10,63	10,69
	Pan sin gluten - T5: 60 % avena, 30% chocho y 10% amaranto más alginato. R2				10,69	
	Pan sin gluten - T5: 60 % avena, 30% chocho y 10% amaranto más alginato. R3				10,75	
INV- 343	Pan sin gluten - T6: 60 % avena, 30% chocho y 10%				10,25	

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	Código	FPG12-01
	<small>Laguacoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.</small>	Versión	1
	INFORME DE RESULTADOS	Año	2023
		Página	Página 3 de 5

	amaranto más perfect gluten. R1	Porcentaje de proteína total	%	Dumas		10,38
	Pan sin gluten - T6: 60 % avena, 30% chocho y 10% amaranto más perfect gluten. R2				10,44	
	Pan sin gluten - T6: 60 % avena, 30% chocho y 10% amaranto más perfect gluten. R3				10,44	
INV- 344	Pan sin gluten - T7: 50 % avena, 30% chocho y 20% amaranto más alginato. R1	Porcentaje de proteína total	%	Dumas	11,06	11,23
	Pan sin gluten - T7: 50 % avena, 30% chocho y 20% amaranto más alginato. R2				11,06	
	Pan sin gluten - T7: 50 % avena, 30% chocho y 20% amaranto más alginato. R3				11,56	
INV- 345	Pan sin gluten - T8: 50 % avena, 30% chocho y 20% amaranto más perfect gluten. R1	Porcentaje de proteína total	%	Dumas	11,00	10,94
	Pan sin gluten - T8: 50 % avena, 30% chocho y 20% amaranto más perfect gluten. R2				10,94	
	Pan sin gluten - T8: 50 % avena, 30% chocho y 20% amaranto más perfect gluten. R3				10,88	
INV- 346	Pan sin gluten - T9: 60 % avena, 20% chocho y 20% amaranto más alginato. R1	Porcentaje de proteína total	%	Dumas	9,88	9,98
	Pan sin gluten - T9: 60 % avena, 20% chocho y 20% amaranto más alginato. R2				10,06	

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	Código	FPG12-01
	<small>Laguacoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.</small>	Versión	1
	INFORME DE RESULTADOS	Año	2023
		Página	Página 4 de 5

	Pan sin gluten - T9: 60 % avena, 20% chocho y 20% amaranto más alginato. R3				10,00	
INV- 347	Pan sin gluten - T10: 60 % avena, 20% chocho y 20% amaranto más perfect gluten. R1	Porcentaje de proteína total	%	Dumas	10,88	10,88
	Pan sin gluten - T10: 60 % avena, 20% chocho y 20% amaranto más perfect gluten. R2				11,13	
	Pan sin gluten - T10: 60 % avena, 20% chocho y 20% amaranto más perfect gluten. R3				10,63	
INV- 348	Pan sin gluten - T11: 70 % avena, 10% chocho y 20% amaranto más alginato. R1	Porcentaje de proteína total	%	Dumas	9,19	9,13
	Pan sin gluten - T11: 70 % avena, 10% chocho y 20% amaranto más alginato. R2				9,00	
	Pan sin gluten - T11: 70 % avena, 10% chocho y 20% amaranto más alginato. R3				9,19	
INV- 349	Pan sin gluten - T12: 70 % avena, 10% chocho y 20% amaranto más perfect gluten. R1	Porcentaje de proteína total	%	Dumas	9,00	8,92
	Pan sin gluten - T12: 70 % avena, 10% chocho y 20% amaranto más perfect gluten. R2				9,00	
	Pan sin gluten - T12: 70 % avena, 10% chocho y 20% amaranto más perfect gluten. R3				8,75	
INV- 350	Harina de avena. R1				14,05	

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN Laguacolo II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.	Código	FPG12-01
	INFORME DE RESULTADOS	Versión	1
		Año	2023
		Página	Página 5 de 5

	Harina de avena. R2	Porcentaje de proteína total	%	Dumas	14,05	14,03
	Harina de avena. R3				13,99	
INV- 351	Harina de chocho. R1	Porcentaje de proteína total	%	Dumas	52,63	52,42
	Harina de chocho. R2				52,88	
	Harina de chocho. R3				51,75	
INV- 352	Harina de amaranto. R1	Porcentaje de proteína total	%	Dumas	16,31	16,33
	Harina de amaranto. R2				16,31	
	Harina de amaranto. R3				16,38	

Los resultados son realizados con tres réplicas



firmado electrónicamente por:
SIDRO FAVIAN BAYAS MOREJON

Ing. Favian Bayas, PhD
Director de Investigación y Vinculación

Anexo 6

Informe de análisis de fibra del pan libre de gluten

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA					
Solicitante	Diego Villalta – Sofía Quishpe				
Muestra	Panes libres gluten				
Código asignado UEB	INV338 – INV349				
Estado de la muestras	Sólidos				
Envase de recepción	Bolsas Plásticas				
Análisis requerido(s)	Fibra				
Fecha de recepción	19 de Junio de 2023				
Fecha de análisis	05 de Julio 2023				
Fecha de informe	06 de Julio de 2023				
Técnico (s) asignado	MPWF				
RESULTADOS OBTENIDOS					
PARAMETROS BROMATOLÓGICOS					
Código laboratorio	Muestra	Parámetro	Unidad	Método	Resultado
INV338	Pan sin gluten	Fibra	%	WEENDE	3,05
INV339	Pan sin gluten				6,44
INV340	Pan sin gluten				4,74
INV341	Pan sin gluten				6,87
INV342	Pan sin gluten				11,70
INV343	Pan sin gluten				12,21
INV344	Pan sin gluten				9,99
INV345	Pan sin gluten				7,31
INV346	Pan sin gluten				9,96
INV347	Pan sin gluten				11,93
INV348	Pan sin gluten				9,67
INV349	Pan sin gluten				9,79

Los resultados de los análisis corresponden a 3 determinaciones por análisis y a tres diluciones.



Analizado y validado electrónicamente por:
HISIDRO FAVIAN BAYAS MOREJON

Ing. Favian Bayas, PhD
Director de Investigación y Vinculación

Anexo 7

Informe de análisis bromatológicos del pan libre de gluten T7

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACION Y VINCULACIÓN Laguacoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.	Código	FPG12-01
		Versión	1
	INFORME DE RESULTADOS	Año	2023
		Página	Página 13 de 126

INFORME DE ENSAYOS N° 170-2023

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA					
Solicitante	Diego Fernando Villalta Gómez - Sofía Tatiana Quishpe Collay				
Muestra	Pan y harinas de chocho, avena y amaranto				
Código asignado UEB	INV-134				
Estado de la muestra	Sólido y pulverizado				
Envase de recepción	Frasco de vidrio y fundas ziclop				
Análisis requerido(s)	Humedad, ceniza, fibra, grasa				
Fecha de recepción	26/06/2023				
Fecha de análisis	27/06/2023				
Fecha de informe	29-06-2023				
Técnico (s) asignado	MPWF				
RESULTADOS OBTENIDOS					
PARAMETROS BROMATOLOGICOS					
Código laboratorio	Muestra	Parámetro	Unidad	Método	Resultado
INV134	Pan	Fibra	%	WEENDE	9,99
		Humedad	%	AOAC 925.10	40,63
		Ceniza	%	AOAC 923.03	1,25
		Grasa	%	AOAC 2003.06	7,38
		Carbohidratos	%	Calculo	16,02

Los resultados de los análisis corresponden a 3 determinaciones por análisis y a 3 diluciones.



Firmado electrónicamente por:

ISIDRO FAVIAN BAYAS MOREJON

Ing. Favian Bayas, PhD

Director de Investigación y Vinculación

	4: Me gusta																		
	5: Me gusta mucho																		
Sabor	1: Me disgusta mucho																		
	2: Me disgusta																		
	3: no me gusta																		
	4: Me gusta																		
	5: Me gusta mucho																		
Textura	1: Me disgusta mucho																		
	2: Me disgusta																		
	3: no me gusta																		
	4: Me gusta																		
	5: Me gusta mucho																		
Aceptabilidad	1: Nula																		
	2: Poco aceptable																		
	3: Casi aceptable																		
	4: Aceptable																		
	5: Muy aceptable																		

Fuente: Alemán, (2022)

Observaciones: _____

Anexo 9

Tabulaciones del análisis sensorial para color

COLOR										
Catadores	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
T1	4	4	4	3	5	4	5	4	4	4
T2	3	4	5	3	4	4	5	4	4	5
T3	4	4	4	3	4	5	4	4	5	4
T4	3	4	4	3	5	5	5	5	4	5
T5	4	4	5	4	5	5	4	4	4	4
T6	5	4	5	4	5	4	4	4	5	5
T7	4	4	5	5	5	5	4	4	4	5
T8	4	4	4	5	5	4	5	5	4	4
T9	4	4	4	4	5	5	4	4	5	4
T10	4	4	4	2	4	5	5	4	4	2
T11	4	4	5	4	4	4	5	4	5	5
T12	4	4	4	5	5	4	4	4	4	4

Anexo 10

Tabulaciones del análisis sensorial para olor

OLOR										
Catadores	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
T1	4	4	4	3	5	4	5	4	4	2
T2	4	3	4	4	5	4	5	4	5	5
T3	4	4	5	4	5	4	4	4	4	4
T4	3	4	5	3	4	5	4	5	4	2
T5	4	4	4	4	4	5	3	4	3	5
T6	5	4	5	4	4	4	5	4	4	5
T7	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4
T8	4	3	4	5	5	4	4	5	5	4
T9	4	4	5	4	5	4	5	4	5	4
T10	4	3	4	3	4	4	4	4	5	4
T11	4	4	5	4	4	4	4	4	3	5
T12	4	3	5	5	4	4	4	4	4	4

Anexo 11

Tabulaciones del análisis sensorial para el sabor

SABOR										
Catadores	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
T1	4	4	4	3	5	4	5	4	3	5
T2	4	3	5	3	4	3	5	5	2	5
T3	3	3	4	4	5	4	5	4	3	2
T4	3	3	3	2	5	5	4	5	3	2
T5	5	4	5	4	4	4	4	4	3	4
T6	5	4	4	4	5	4	5	4	5	5
T7	3	4	5	5	5	5	4	5	4	4
T8	4	4	3	3	5	4	4	5	4	5
T9	3	5	5	5	4	3	4	4	4	1
T10	4	4	4	1	4	5	5	4	3	5
T11	4	4	5	4	4	4	5	3	3	5
T12	4	3	5	4	5	4	4	5	3	4

Anexo 12

Tabulaciones del análisis sensorial para la textura

TEXTURA										
Catadores	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
T1	3	4	5	3	4	4	4	5	4	4
T2	2	3	4	2	5	3	5	5	4	2
T3	2	3	3	4	4	4	5	4	4	1
T4	2	3	3	3	4	5	4	4	4	2
T5	4	4	5	4	4	5	4	4	4	4
T6	5	4	5	4	5	4	5	4	5	5
T7	4	4	5	5	5	4	4	5	4	3
T8	4	4	3	4	4	4	4	5	4	5
T9	3	4	5	4	4	5	5	4	4	2
T10	4	4	3	4	4	5	5	4	4	4
T11	4	3	4	3	5	3	5	3	5	5
T12	3	3	4	4	4	5	4	3	4	2

Anexo 13

Tabulaciones del análisis sensorial para la aceptabilidad

ACEPTABILIDAD										
Catadores	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
T1	4	4	4	2	5	4	4	4	4	4
T2	2	3	5	2	5	3	5	4	3	5
T3	2	3	3	3	4	4	4	4	4	3
T4	2	3	2	2	5	5	4	5	4	4
T5	5	4	5	4	4	5	5	4	4	4
T6	5	4	4	4	5	5	5	4	5	5
T7	2	4	5	5	4	5	4	5	4	4
T8	5	4	3	3	4	4	4	5	4	5
T9	2	4	5	4	4	5	4	4	4	1
T10	5	4	3	2	4	5	5	4	4	4
T11	5	3	5	3	5	3	5	3	3	5
T12	3	2	5	4	5	4	4	4	4	3

Anexo 14

Fotografías del análisis físico químico de la materia prima



Determinación de fibra



Determinación de ceniza



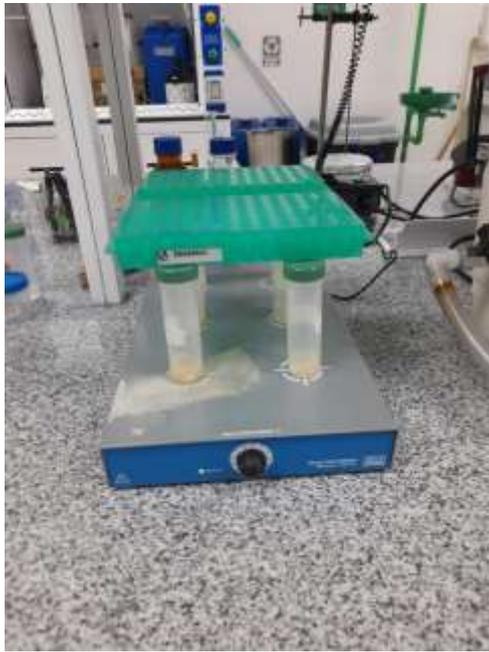
Determinación de humedad



Determinación de grasa

Anexo 15

Análisis de actividad antioxidante



Preparación de la muestra



Homogeneizador



Reposo en un lugar oscuro



Lectura NanoDrop

Anexo 16

Elaboración del pan libre de gluten



Recepción de la materia prima



Mezclado



Amasado



Moldeado



Leudado



Horneado



Reposo



Producto final

Anexo 17
Cataciones



GLOSARIO DE TÉRMINOS

♣ Almidón

Es una macromolécula que está compuesta por dos polímeros distintos de glucosa, la amilosa y la amilopectina, es el glúcido de reserva de la mayoría de los vegetales.

♣ Aminoácidos

Es una molécula orgánica con un grupo amino en uno de los extremos de la molécula y un grupo carboxilo en el otro extremo.

♣ Cereal

Son plantas de la familia de las poáceas cultivadas por su grano, incluyen cereales mayores como el trigo, el arroz, el maíz, la cebada, la avena y el centeno, y cereales menores como el sorgo.

♣ Enzimas

Son moléculas orgánicas que actúan como catalizadores de reacciones químicas, es decir, aceleran la velocidad de reacción, comúnmente son de naturaleza proteica, pero también de ARN.

♣ Endospermo

Es el tejido nutricional formado en el saco embrionario de las plantas con semilla; es triploide y puede ser usado como fuente de nutrientes por el embrión durante la germinación.

♣ Fermentación

Es un proceso catabólico de oxidación incompleta, que no requiere oxígeno, y cuyo producto final es un compuesto orgánico, es propio del metabolismo de muchos microorganismos y según los productos finales, existen diversos tipos de fermentación.

♣ **Gelatinización**

Es un proceso irreversible de transición de fase, donde los gránulos de almidón se unen para formar una red polimérica amorfa.

♣ **Gluten**

Es un conjunto de proteínas de pequeño tamaño, contenidas exclusivamente en las semillas de los cereales de secano, fundamentalmente el trigo, pero también la cebada y el centeno, así como cualquiera de sus variedades e híbridos, y algunas variedades de avenas.

♣ **Gramíneas**

Son plantas de la familia de las herbáceas, o muy raramente leñosas, perteneciente al orden Poales de las monocotiledóneas.

♣ **Harina**

Es el polvo fino que se obtiene del cereal molido y de otros alimentos ricos en almidón, se puede obtener harina de distintos cereales, aunque la más habitual es la harina de trigo, también se hace harina de centeno, de cebada, de avena, de maíz o de arroz

♣ **Hidrocarburos**

Son compuestos orgánicos conformados únicamente por átomos de carbono e hidrógeno.

♣ **Nutracéuticas**

Es un producto presentado como una alternativa farmacéutica que dice tener beneficios fisiológicos, esto incluye los productos medicinales fabricados con ingredientes naturales, aunque carece de una definición regulatoria precisa.

♣ **Pan**

Alimento básico que se elabora con una mezcla de harina, generalmente de trigo, agua, sal y levadura, que se amasa y se cuece en un horno en piezas de distintas formas y tamaños; su sabor, color y textura pueden variar según el tipo de harina empleado y los ingredientes secundarios añadidos, como leche, mantequilla, frutos secos.

♣ **Proteínas**

Son macromoléculas formadas por cadenas lineales de aminoácidos, las proteínas están formadas por aminoácidos y esta secuencia está determinada por la secuencia de nucleótidos de su gen correspondiente