



UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS

FACULTAD DE POSGRADOS

MAESTRÍA EN AGROINDUSTRIA MENCIÓN CALIDAD Y SEGURIDAD
ALIMENTARIA

EVALUACIÓN DE LA ACEPTABILIDAD DE UN PAN DE HARINA DE QUINUA
LIBRE DE GLUTEN CON ADICIÓN DE PROTEÍNA DE SUERO DE LECHE

Guiseppe Marzano, PhD

MsC. Alfonso Suárez, PhD

MsC. Pablo Moncayo, PhD

MsC. Lucía Toledo, PhD (c)

MsC. Valeria Almeida

Geomara Gissela García Barriga

2022

2. Resumen y abstract

2.1 Resumen

El pan es un producto alimenticio de consumo cotidiano presente en la mayoría de los hogares. Actualmente en el Ecuador se estima que su consumo promedio es de 27 kilos/hab/año. Sin embargo, este producto contiene ingredientes que causan intolerancias alimentarias o alergias relacionadas al consumo de gluten, por tal motivo se realizó este proyecto con el fin de evaluar la aceptabilidad de la formulación de un pan de harina de quinua libre de gluten con la adición de proteína de suero de leche, mediante pruebas microbiológicas, bromatológicas, medición de parámetros fisicoquímicos y una evaluación sensorial de apariencia, textura, sabor, olor y color.

De los resultados obtenidos de las tres muestras realizadas con diferentes porcentajes de aislado de suero de leche en polvo, la que tuvo una mayor aceptación en la evaluación sensorial fue la P2 que contenía 7% de proteína, destacando por su apariencia (4,58/5) y sabor (4,22/5), no obstante, en la prueba de Friedman estas características fueron estadísticamente diferentes (p -valor $< 0,05$) para las muestras P1, P2 y P3, más no así en su textura, olor y color (p -valor $> 0,05$). Es así que esta muestra P2, en su análisis bromatológico se encontró un alto contenido de proteína (11,32%) y en los parámetros fisicoquímicos una de humedad de 40,64%.

Concluyendo que este tipo de pan sería una excelente opción para la población que sufre patologías gastrointestinales a causa del gluten, ya que aportarían varios beneficios para su salud.

2.2 Abstract

Bread is a food product of daily consumption present in most households. Currently in Ecuador it is estimated that its average consumption is 27 kilos/inhabitant/year. However, this product contains ingredients that cause food intolerances or allergies related to gluten consumption. For this reason, this project was carried out in order to evaluate the acceptability of the formulation of a gluten-free quinoa flour bread with the addition of whey protein, through microbiological and bromatological tests, measurement of physicochemical parameters and a sensory evaluation of appearance, texture, flavor, odor, and color.

Of the results obtained from the three samples made with different percentages of whey isolate powder, the one with the highest acceptance in the sensory evaluation was P2, which contained 7% protein, standing out for its appearance (4.58/5) and flavor (4.22/5); however, in the Friedman test these characteristics were statistically different (p -value < 0.05) for samples P1, P2 and P3, but not in their texture, odor and color (p -value > 0.05). Thus, in the bromatological analysis of sample P2, a high protein content was found (11.32%) and in the physicochemical parameters, a moisture content of 40.64%.

In conclusion, this type of bread would be an excellent option for the population that suffers from gastrointestinal pathologies due to gluten, since it would provide several benefits for their health.

3. Índice de contenidos

4. Introducción.....	1
5. Revisión de literatura relacionada al problema	2
5.1. Pan	2
5.1.1. Pan con gluten	2
5.1.2. Pan sin gluten	3
5.2. Proceso para la elaboración de pan.....	4
5.2.1. Mezclado	4
5.2.2. Amasado.....	4
5.2.3. Fermentado	5
5.2.4. Horneado	5
5.3. Harina de Quinoa.....	6
5.4. Proteínas de suero	7
5.6. Hidrocoloides	7
6. Identificación del objeto de estudio	9
7. Planteamiento del problema.....	9
8. Objetivo general	10
9. Objetivos específicos:	10
10. Justificación y aplicación de la metodología	11
10.1. Justificación.....	11
10.2. Aplicación de la metodología.....	12
10.2.1. Materiales e insumos	12
10.3. Metodología	12
10.3.1. Tipo de estudio	12
10.3.2. Población y muestra	13
10.3.3. Materia prima	13
10.3.4. Formulación de pan	13
10.3.5. Formulaciones de los prototipos	14
10.3.6. Evaluación de la calidad de los prototipos	15

10.3.7. Evaluación sensorial por parte de los consumidores de los prototipos	16
10.3.8. Diagrama de proceso.....	17
10.3.9. Tabla nutricional del prototipo	19
10.3.10 Análisis Estadístico	19
11. Resultados	19
12. Discusión de los resultados y propuesta de solución	25
13. Conclusiones y Recomendaciones	27
13.1 Conclusiones	27
13.2 Recomendaciones	27
14. Referencias	29
15. Anexos	35

índice de tablas

Tabla 1. Principales ingredientes para la elaboración de pan.....	4
Tabla 2. Composición química de la harina de quinua	6
Tabla 3. Principales Hidrocoloides usados en panadería	8
Tabla 4. Funcionalidad de los hidrocoloides	9
Tabla 5. Equipos y materiales.....	12
Tabla 6. Formulación de pan de quinua sin proteína de suero de leche.....	14
Tabla 7. Concentración de aislado de suero de leche en polvo.....	15
Tabla 8. Formulación de los prototipos	15
Tabla 9. Escala de valoración sensorial.....	16
Tabla 10. Análisis bromatológico y fisicoquímico del prototipo 2 por cada 200g	22
Tabla 11. Resultados microbiológicos	22
Tabla 12. Prueba de Friedman análisis sensorial	23
Tabla 13. Prueba de Wilcoxon	24
Tabla 14. Prueba de Friedman de precios.....	25
Tabla 15. Prueba de Wilcoxon comparación de precios entre tratamientos	25

Índice de figuras

Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de elaboración del pan.....	17
Figura 2. Pictograma del proceso de elaboración de pan, desde recepción, amasado, horneado y almacenamiento del producto terminado	18
Figura 3. Análisis Sensorial	20
Figura 4. Análisis sensorial P1. Análisis sensorial pan quinua 8 gramos de proteína por porción P2. Análisis sensorial pan quinua 16 gramos de proteína por porción P3. Análisis sensorial pan quinua 25 gramos de proteína por porción	21
Figura 5 Resultados a) Pregunta 1, b) Pregunta 2, c) Pregunta 3, d) Pregunta 4, e) Pregunta 7 f) Pregunta 8, g) Pregunta 9, h) Pregunta 10.....	38
Figura 6 Resultados a) Pregunta 5, b) Pregunta 6	39

4. Introducción

En Latinoamérica, el pan es un alimento básico de consumo diario, los países con mayor consumo per cápita son Chile y Argentina que consumen entre 80 y 90 kilos al año por habitante de pan. En 2021, el consumo promedio en Ecuador fue de 27 kilos de pan/hab/año (Líderes, 2019; Primicias, 2021) marcándola como la base de la pirámide alimenticia en todos los hogares haciendo que su elaboración como su comercialización se convierta en una práctica diaria (Medina y Martínez, 2018; Mondal y Datta, 2008).

Siendo los cereales la principal fuente de materia prima en la panificación ya que proporciona gran cantidad de energía, proteínas de alto valor nutricional, pequeñas cantidades de grasa y cuya función es de mantener un balance de macronutrientes, micronutrientes y minerales (Maric et al., 2009; Rosell, 2011).

Sin embargo, en la actualidad los pseudocereales como la quinua, el amaranto y el trigo sarraceno se encuentran en auge por ser alimentos funcionales y que proporcionan al ser humano un alto valor proteico y una fuente importante de fitoquímicos, fibra dietética, vitaminas y minerales (Yeşil y Levent, 2022).

Entre ellos se destaca a la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), un cultivo de Sudamérica altamente tolerable al crecer en diferentes tipos de ambientes extremos, las semillas son altamente nutritivas, que aportan fibra y vitaminas como el ácido ascórbico, alfa-tocoferol, tiamina, riboflavina y minerales (Jacobsen, 2006; Vilcacundo y Hernández-Ledesma, 2017).

En este sentido, su calidad de aminoácidos esenciales es alta, además, posee fitoquímicos como fenólicos y péptidos bioactivos que han demostrado efectos beneficiosos sobre la salud metabólica, cardiovascular y gastrointestinal (Hinojosa et al., 2021; Jacobsen, 2006; Sharma et al., 2015).

Es por ello por lo que hoy en día mucha gente opta por productos con este tipo de cualidades, debido a que cierto porcentaje de la población presenta intolerancias alimentarias o alergias relacionadas al consumo de gluten. Por tanto, se ha creado otras alternativas como la producción de panes con harinas

sin gluten, pero son considerados nutricionalmente pobres en proteína, por lo que se está utilizando ingredientes lácteos para su formulación que puedan ayudar a mejorar su textura, sabor, beneficios nutricionales y funcionales como el aporte de proteínas y calcio, además, este adicinante prologa la vida útil del pan (García, 2011; McCarthy et al., 2005).

5. Revisión de literatura relacionada al problema

5.1. Pan

El pan es un producto alimenticio que se consume a nivel mundial ya que es un producto nutritivo, saludable y accesible, que a menudo se hace con una masa para hornear de harina de trigo, agentes leudantes y agua (Awulachew, 2021; Bredariol y Vanin, 2021), según la Norma INEN 2945 se lo define como un producto fermentado y horneado a base de harina.

Además, se lo considera un alimento perecedero por su tiempo de vida útil que suele ser corta sin que este tenga moho y puede durar alrededor de 4 a 10 días influenciado directamente por las condiciones de almacenamiento y su alta actividad del agua, generalmente de 0,95; incluso, se caracteriza por su relativa suavidad, elasticidad y masticabilidad por su estructura celular de miga, igualmente que tiene una capa externa fina y seca de corteza (Dong y Karboune, 2021).

En efecto, la composición nutricional de este pan a base de trigo contiene un alto valor calórico, pobre en proteínas y un desequilibrio de ingredientes alimentarios funcionales (Eliseeva et al., 2021).

5.1.1. Pan con gluten

Uno de estos ingredientes es el gluten que se utiliza para retener el gas en el pan y obtener el volumen y la textura deseados en una masa (Azizi et al., 2020), porque de esta manera se forma una fuerte red de proteínas requeridas para la viscoelasticidad esperada. Este proceso se produce gracias a la glutenina y prolamina que son fracciones principales del gluten, ya que la prolamina

proporciona viscosidad y extensibilidad, mientras que la glutenina le brinda las características elásticas y cohesivas de la masa (Feizollahi et al., 2015; Fetouhi et al., 2021).

5.1.2. Pan sin gluten

Por el contrario, los panes sin gluten son pobres en miga y corteza, con baja sensación de sabor y valor nutricional, disminuyendo la cohesión, elasticidad y capacidad de mantenimiento del gas en la masa (Bourekoua et al., 2018).

Además, su composición se basa en un alto valor en carbohidrato y grasa, pero su contenido de proteína es bajo, cuyos porcentajes varían entre: 0,90 a 15,5 g/100g en proteínas, 2,00 a 26,1 g/100g en grasa y 68,4 a 92,9 g/100g en carbohidratos (Aprodu y Banu, 2021; García, 2021).

Por ello, se ha mejorado la calidad final del pan con la adición de aditivos y pseudocereales como es: el amaranto, trigo sarraceno, quinua, sorgo y arroz integral, asimismo, sus propiedades viscoelásticas se han reformado con el uso de hidrocoloides como: hidroxipropilmetilcelulosa, goma xantana, goma guar y carboximetilcelulosa (Awulachew, 2021; Azizi et al., 2020).

En este sentido, los pseudocereales trigo sarraceno, quinua y amaranto han causado revuelo en las últimas décadas por sus excelentes perfiles nutricionales y posibles beneficios para la salud, por ser una fuente importante de fitoquímicos, fibras dietéticas, proteínas, vitaminas y minerales (Alcántara et al., 2010; Stikic et al., 2012). Además, sus semillas no contienen gluten de forma natural y se consideran ingredientes saludables para fortificar los alimentos sin gluten (Yeşil y Levent, 2022).

Según Azizi et al. (2020), el 15% de la población mundial prefieren consumir y adquirir productos libres de gluten para mantener una dieta más saludable por todas estas características antes mencionadas.

A continuación, en la tabla 1 se detalla los ingredientes básicos para la elaboración del pan.

Tabla 1. Principales ingredientes para la elaboración de pan

<i>Ingredientes</i>	<i>Descripción</i>
Harina	Polvo que resulta de las semillas del cereal o pseudocereal molido (García, 2021).
Agua	Se proporciona suficiente agua para la hidratación y suficiente aporte de energía mecánica durante la mezcla (Rosell, 2011).
Levadura	Tiene la función de fermentar el azúcar en la producción de pan convirtiéndose en dióxido de carbono y etanol (Yeşil y Levent, 2022).
Sal	Sirve como antioxidante y antiséptico, lo que reduce la acidez de la levadura (Mondal y Datta, 2008).
Azúcar	Se añade para iniciar la fermentación, el azúcar se convierte en humedad y CO ₂ (García, 2021)..
Grasas	Para aumentar la maquinabilidad o capacidad de corte del pan (Mondal y Datta, 2008).

5.2. Proceso para la elaboración de pan

5.2.1. Mezclado

Todos estos ingredientes utilizados en la elaboración del pan son mezclados, siendo este paso clave para determinar las propiedades mecánicas del pan. Aquí se homogeniza los ingredientes. Cada masa tiene que ser amasada durante un tiempo óptimo para que se desarrolle por completo, esta etapa ofrece la máxima resistencia a la extensión (Bredariol y Vanin, 2021; Dong y Karboune, 2021; Rosell, 2011).

5.2.2. Amasado

Después de este paso, viene el amasado que consiste en la distribución del material, con la ruptura de las partículas proteicas inicialmente esféricas y la

hidratación del componente de la harina, junto con el estiramiento y alineación de las proteínas, con una estructura viscoelástica tridimensional con propiedades de retención de gas. El aporte de energía mecánica que se produce durante el amasado confiere la energía necesaria para la distribución de los componentes de la harina, favoreciendo la interacción proteica y la formación de enlaces covalentes entre ellos (Bredariol y Vanin, 2021; Mondal y Datta, 2008; Rosell, 2011).

5.2.3. Fermentado

Posteriormente viene el fermentado, en el que la levadura va a descomponer los carbohidratos (almidón y azúcares) en dióxido de carbono y alcohol durante la fermentación alcohólica y el crecimiento de burbujas de aire previamente incorporadas durante la mezcla, lo que lleva a la expansión de la masa, que se infla a volúmenes más grandes y paredes celulares más delgadas antes de colapsar. Lo que determina las características de la estructura del pan y, por lo tanto, el volumen y la textura finales del producto horneado (Belderok, 2000; Mondal y Datta, 2008; Rosell, 2011).

5.2.4. Horneado

Este último proceso influye sobre la calidad del pan sobre textura y volumen. El calor del horno ingresa a la masa, lo que hace que se expanda por la liberación de gases. El incremento de temperatura acelera el proceso de fermentación hasta que se inactiva la levadura alrededor de los 45°C. Cuando las proteínas se desnaturalizan, las hebras de gluten que rodean las celdas de gas individuales se transforman en semi -estructura rígida que dará la miga de pan (Belderok, 2000; Cauvain, 2015; Rosell, 2011).

Las enzimas endógenas presentes en la masa se inactivan a diferentes temperaturas durante el horneado. Los azúcares y los productos de descomposición de las proteínas liberados por la actividad enzimática están entonces disponibles para endulzar la miga de pan y participar en las reacciones de Maillard o de pardeamiento no enzimático, que son responsables del color marrón de la corteza (Mondal y Datta, 2008; Rosell, 2011).

5.3. Harina de Quinua

Dentro de los ingredientes que se emplean en la elaboración de pan se encuentra el uso de cereales o pseudocereales, en este caso nos referiremos a este último, considerando a la harina de quinua como materia prima. Proveniente de la región andina de Sudamérica, cuyas semillas son ricas en fibra, minerales y vitaminas como el ácido ascórbico, alfa-tocoferol, tiamina y riboflavina (Azizi et al., 2020; Turkut et al., 2016).

Además, su calidad de aminoácidos esenciales es alta, principalmente la lisina que es escaso en los cereales, incluso estas semillas son más ricas en proteínas que las semillas de trigo y maíz habituales, en un rango de 12 a 18% (Stikic et al., 2012; Wang y Zhu, 2015). A continuación, se detalla la composición química de la harina de quinua con el fin de observar su calidad nutricional.

Tabla 2. *Composición química de la harina de quinua*

<i>Harina de quinua</i>	
Humedad (g)	13.70
Proteína (g)	14.05
Carbohidratos (g)	72.10
Grasas (g)	5.29
Fibra (g)	5.28
Cenizas (g)	2.39
Energía (Kcal)	341

Fuente. (Aprodu y Banu, 2021; García, 2021).

De esta tabla se observa que la quinua contiene todos los nutrientes para una dieta equilibrada y de fácil de digestión, por lo que los celíacos y los intolerantes a la lactosa deberían incluir en su alimentación este super alimento por su naturaleza sin gluten y su riqueza proteica, similar a la de la leche en calidad de caseína (El-Sohaimy et al., 2019).

Este producto puede ser consumido en varias presentaciones como: pastas, cervezas, helado, manjar y pan, siendo este último una buena alternativa para la población que lo consume a diario porque de su harina se obtiene un alto valor nutricional y gran potencial para modelar la composición química de los productos en la panadería, por sus propiedades físicas, químicas, organolépticas y tecnológicas, utilizándose como compuesto funcional en pan sin gluten (Azizi et al., 2020; Eliseeva et al., 2021).

5.4. Proteínas de suero

Una forma de enriquecer a este tipo de pan es el uso de la proteína de suero, la cual es un agente funcional que se agrega para mejorar la absorción de agua y valor nutricional de la masa del pan, es así que, los panes sin gluten suplementados con proteína de suero adquieren un color marrón en comparación con el pan con gluten, esto se debe principalmente a que se produce una mayor reacción de pardeamiento de Maillard y caramelización, lo que mejora la apariencia de los panes sin gluten y retardan su velocidad de envejecimiento (Bourekoua et al., 2018; Feizollahi et al., 2015).

Sin embargo, las propiedades reológicas como la capacidad de esparcimiento y la viscoelasticidad (de la estructura formada en la masa) se debilitan en el caso de utilizar proteína de suero ya que la estructura formada por la proteína de suero es más rígida en comparación con la que contiene gluten, lo que se puede atribuir al número de bandas de disulfuro, más altas en la masa suplementada con proteína de suero (Feizollahi et al., 2015; Fetouhi et al., 2021).

Además, las proteínas de suero y sodio caseinato influyen de diferente manera en las propiedades termo mecánicas de la masa, disminuyendo la resistencia de la masa a las limitaciones mecánicas y optimizando el volumen específico y la consistencia de la miga (Aprodu y Banu, 2021).

5.6. Hidrocoloides

Es así que en los panes sin gluten es común el uso de aditivos de tipo alimentario como los hidrocoloides para modificar la reología y mejorar la calidad de la masa,

simulando las características de un pan con gluten, mejorando la calidad de la masa principalmente en su viscosidad y reduce el nivel de dureza estructural, mejorando la aceptabilidad de las propiedades sensoriales de estos panes (Feizollahi et al., 2015; Herawati, 2019).

Para emular las características y propiedades viscoelásticas del gluten, se emplean el uso de proteínas como la albúmina del huevo o las gomas e hidrocoloides derivados de la celulosa como lo es la carboximetilcelulosa (CMC) principalmente (Feizollahi et al., 2015; Osorio-Díaz et al., 2020).

La fuente de materias primas de los hidrocoloides es muy variable, como metabolitos microbianos, semillas, pulpa, agar de mar, frutas, hortalizas y tubérculos vegetales. Cada uno tiene una cierta característica específica por lo que cuando se implementa en productos de panadería puede mejorar los procesos de amasado y horneado (Feizollahi et al., 2015; Herawati, 2019) como los que se observan en la tabla 3.

Tabla 3. Principales Hidrocoloides usados en panadería

<i>Hidrocoloide</i>	<i>Materia prima de origen</i>
Goma xantana	Metabolito microbiano (<i>Xanthomonas campestris</i>)
Goma guar	Semilla
Carboximetilcelulosa	Pulpa
Alginato	Algas marrones
Pectina	Cáscara De Fruta, Fruta, Verdura
Glucomanano	Tubérculo

Fuente. (Herawati, 2019).

Estos tipos de hidrocoloide mencionados en la tabla anterior proporcionan una funcionalidad específica que se detalla en la tabla 4.

Tabla 4. *Funcionalidad de los hidrocoloides*

<i>Hidrocoloide</i>	<i>Parámetro de análisis</i>
CMC	Porosidad
Goma xantana	Evaluación sensorial
Goma guar	Mejora la vida útil de almacenamiento y proporciona mayor elasticidad
Xantana y carragenina	Desarrollo de la masa y mayor estabilidad
HPMC y Goma Guar	Disminuir la dureza y aumentar el volumen
CMC	Desarrollo de masa
Goma xantana y CMC	Disminución de estancamiento

Fuente. (Herawati, 2019).

De los hidrocoloides explicados anteriormente, la goma xantana destaca por su fácil adquisición y empleo en la industria de la panadería ya que varios estudios han demostrado que su uso puede reducir el nivel de dureza y mejorar la elasticidad de la mezcla tanto en fresco como después del almacenamiento. Además, mejora el brillo, la calidad de la masa, textura y color del pan sin gluten, (Bourekoua et al., 2018; Herawati, 2019; Osorio-Díaz et al., 2020).

6. Identificación del objeto de estudio

El presente proyecto tuvo como objeto la evaluación de la aceptabilidad de la formulación de un pan libre de gluten de harina de quinua con la adición de proteína de aislado de suero de leche. Para lo cual se realizó pruebas microbiológicas, bromatológicas y medición de parámetros fisicoquímicos junto con una evaluación sensorial de apariencia, textura, sabor, olor y color.

7. Planteamiento del problema

Tomando en cuenta que esta formulación de este pan de harina de quinua con la adición de proteína de suero de leche puede ayudar a las personas que sufren de una enfermedad celiaca, la cual es una alteración en el sistema digestivo por

la incapacidad de tolerar las prolaminas del trigo, centeno y cebada, lo que desencadena en un proceso inflamatorio dañando las microvellosidades del intestino y provocando la pérdida de capacidad de absorción de nutrientes (Azizi et al., 2020; Feizollahi et al., 2015).

Esta patología lo padece aproximadamente el uno por ciento de la población en todo el mundo, tomando en cuenta que en España las cifras se encuentran entre 1 al 2%, siendo una enfermedad infradiagnosticada (Muñoz, 2018).

Por este motivo se ha buscado otras alternativas de alimentos que puedan consumir estas personas sin que su salud se vea afectada. Una opción saludable para personas intolerantes al gluten es la quinua ya que no presenta epítomos de prolamina (Wang y Zhu, 2015).

En este sentido, este pseudocereal puede ser consumido en forma de pan, por ser un alimento que se consume a diario. Por lo que las ventas de pan sin gluten en Alemania en el año 2020, aumentó el 0.7% (Mordor intelligence, 2022).

Mientras que en el Ecuador no existen datos acerca del consumo de pan libre de gluten ni cifras oficiales sobre la enfermedad celíaca, pero actualmente si se encuentran dichos productos como pan de chía, quinua y amaranto en las perchas de los principales supermercados como Supermaxi y Mi Comisariato, (Mora, 2018; Zavala y Vásquez, 2019).

En tal forma, se desarrolló este proyecto para valorar la aceptabilidad de un pan de harina de quinua libre de gluten con adición de aislado de proteína de suero de leche.

8. Objetivo general

Evaluación de la aceptabilidad de la formulación de un pan de alta calidad a base de harina de quinua con la adición de aislado de suero de leche en polvo.

9. Objetivos específicos:

- Evaluar la aceptabilidad de los panes elaborados y fortificados con proteína de aislado de suero de leche mediante un análisis sensorial.

- Evaluar la adición de aislado de suero de leche en polvo sobre la consistencia del pan.

10. Justificación y aplicación de la metodología

10.1. Justificación

Uno de los problemas en la actualidad con respecto al pan es la sensibilidad que se genera por parte del consumidor al gluten, ingrediente básico, el cual es un problema relacionado a las intolerancias alimentarias, por lo que la elaboración de un pan sin gluten está en crecimiento a lo largo de estos últimos años, pero los productos sin gluten son categorizados de mala calidad, ya que poseen un menor volumen, pobre textura, escasa sensación al gusto, por la falta de elasticidad que proporciona el gluten, pero esto se puede mejorar con el uso de pseudocereales como es el caso de la quinua que aporta calidad y una mayor vida útil de los panes sin gluten (Alcântara et al., 2010; Aprodu y Banu, 2021; Turkut et al., 2016; Yeşil y Levent, 2022).

Además, que su calidad nutricional es excepcional, tiene gran variabilidad genética, una buena adaptabilidad a condiciones adversas de clima y suelo, y tiene un bajo costo de producción, siendo un cultivo estratégico con potencial contribuyente a la seguridad alimentaria en diferentes regiones del mundo (Nowak et al., 2016; Sharma et al., 2015).

También tiene efectos beneficiosos en la salud de los consumidores como: niños, ancianos y en enfermedades como son; la diabetes, obesidad y enfermedad celíaca, entre otros (Xu et al., 2019).

Es por ello que el presente proyecto tiene como objeto la evaluación de la aceptabilidad de la formulación de un pan de harina de quinua con la adición de aislado de suero de leche en polvo como una alternativa que permite al comensal poder mantener una dieta equilibrada con todos los nutrientes necesarios y a su vez generar una estrategia de diversificación de un producto de la canasta básica, mediante una evaluación sensorial por pruebas escalares de tipo afectiva

para analizar el grado de aceptabilidad por parte de los panelistas de los diferentes tipos de panes elaborados.

10.2. Aplicación de la metodología

10.2.1. Materiales e insumos

En la tabla 5 se indica los materiales, equipos y aditivos empleados en la elaboración del pan de quinua.

Tabla 5. *Equipos y materiales*

Materiales	Equipos	Aditivos
Quinua	Balanza gramera	Goma Xantana
Huevos	Mesa	
Bicarbonato de sodio	Moldes	
Aceite de girasol	Amasadora	
Levadura seca	Horno	
Sal	Triturador	
Azúcar		
Agua		
Suero de leche en polvo		

10.3. Metodología

10.3.1. Tipo de estudio

El presente proyecto tuvo un enfoque cuantitativo de tipo experimental porque los datos obtenidos fueron examinados estadísticamente, se realizaron comparaciones del mejor tratamiento de la cantidad de aislado de proteína de suero de leche en el pan de quinua.

10.3.2. Población y muestra

Se procedió a realizar una encuesta compuesta de varias preguntas con el fin de identificar los gustos, expectativas y preferencias por parte del consumidor. La población participante comprendió a 45 personas entre 18 a 65 años de la ciudad de Quito. Se aplicó una encuesta con el fin de evaluar sus gustos y conocer sus costumbres de consumo.

10.3.3. Materia prima

La harina de quinua es un producto que se obtuvo de la molienda del pseudocereal anteriormente seleccionado libre de impurezas y/o contaminantes, el cual fue sometido a un proceso de secado mediante aplicación de calor a 180° C durante 10 minutos, para la obtención de producto tostado de color característico dorado y uniforme, el cual se dejó enfriar, posteriormente se utilizó un triturador de alimentos durante 1 minuto a máxima velocidad, este ciclo se repite durante 10 intervalos hasta obtener la pulverización del producto. De una cantidad aproximada de 500 gramos de quinua se obtuvo 400 gramos de harina.

10.3.4. Formulación de pan

A una receta abierta se añadió los siguientes ingredientes: harina de quinua, sal, goma xantana, bicarbonato de sodio, aceite de girasol, huevos, levadura seca, azúcar, aislado de suero de leche en polvo (20, 40 y 60 g) y agua (125, 150 y 175 g). En la tabla 6 se observa la formulación de un pan únicamente de harina de quinua.

Tabla 6. *Formulación de pan de quinua sin proteína de suero de leche*

<i>Ingredientes</i>	<i>Peso (g)</i>	<i>Porcentaje</i>
Harina de Quinua	225	43%
Huevos	90	17%
Bicarbonato de sodio	6	1%
Aceite de girasol	50	9%
Levadura seca	10	2%
Sal	10	2%
Azúcar	6	1%
Goma xantana	6	1%
Agua	125	24%
Total masa	528	100%

Para todos los prototipos se empleó el mismo procedimiento como se observa en las figuras 1 y 2, con la mezcla de los ingredientes en una amasadora durante 6 minutos a 10° C, dejar reposar por 15 minutos a 23° C, porcionar 500 g y fermentar en el molde por 90 minutos a 25° C para hornear a 180° C por 35 minutos.

10.3.5. Formulaciones de los prototipos

Se elaboró 3 prototipos de pan: el Prototipo 1 (P1) con adición de 20 gramos, el prototipo 2 (P2) con adición de 40 gramos y el prototipo (P3) con adición de 60 gramos de aislado de suero de leche en polvo como se observa en la tabla 7.

Tabla 7. *Concentración de aislado de suero de leche en polvo*

<i>Tratamiento</i>	<i>Concentración (g)</i>	<i>Ingrediente</i>
P1	20	Aislado de suero de leche en polvo
P2	40	Aislado de suero de leche en polvo
P3	60	Aislado de suero de leche en polvo

A continuación, en la tabla 8 se observa la formulación de los panes con los diferentes porcentajes de aislado de suero de leche en cada prototipo.

Tabla 8. *Formulación de los prototipos*

<i>Ingredientes</i>	<i>P1</i>	<i>P2</i>	<i>P3</i>
Harina de Quinoa	41%	38%	35%
Huevos	16%	15%	14%
Bicarbonato de sodio	1%	1%	1%
Aceite de girasol	9%	8%	8%
Levadura seca	2%	2%	2%
Sal	2%	2%	2%
Azúcar	1%	1%	1%
Goma xantana	1%	1%	1%
Agua	23%	25%	27%
Aislado de suero de leche en polvo	4%	7%	9%

10.3.6. Evaluación de la calidad de los prototipos

Se utilizó tres unidades de 100 g cada uno por cada prototipo, el cual fue recolectado en envases estériles, debidamente sellados y etiquetados. Los prototipos fueron analizados físicoquímica y microbiológicamente, en menos de 24 horas a su preparación en el laboratorio Seidlaboratory CIA. LTDA acreditado

bajo Norma ISO/IEC 17025 y el laboratorio de la Universidad Central del Ecuador.

10.3.7. Evaluación sensorial por parte de los panelistas de los prototipos

Los productos obtenidos se almacenaron en refrigeración hasta obtener los resultados del análisis microbiológico (5 días posterior a su preparación). La prueba se ejecutó en Quito-Ecuador y la población objeto fue de 45 personas, de 18 a 65 años de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Central del Ecuador.

10.3.7.1. Prueba sensorial afectiva con escala hedónica

Se realizó una prueba afectiva empleando una encuesta escrita la cual presentaba una escala de cinco puntos a diferentes grados de gusto de la siguiente manera:

Tabla 9. *Escala de valoración sensorial*

<i>Escala hedónica</i>	
5	Me gusta mucho
4	Me gusta
3	Ni me gusta ni me disgusta
2	Me disgusta
1	Me disgusta mucho

Aquí se le explicó al panelista que debe seleccionar la respuesta que manifieste su opinión sobre la **aparición, olor, sabor, color y textura**. Se les ofreció los tres prototipos de panes correspondientes al P1, P2 y P3 debidamente identificadas con códigos como muestra 001, 002 y 003.

10.3.8. Diagrama de proceso

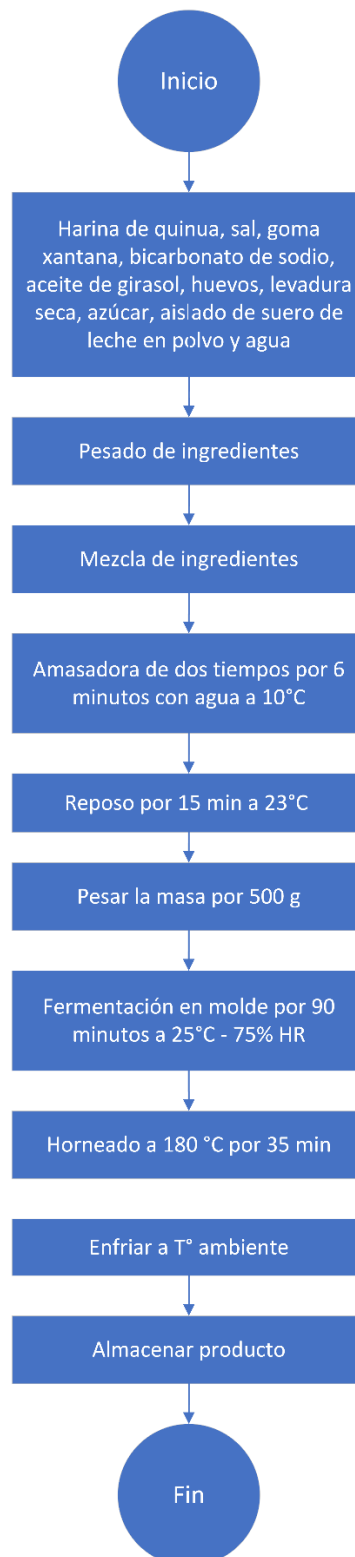


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de elaboración del pan

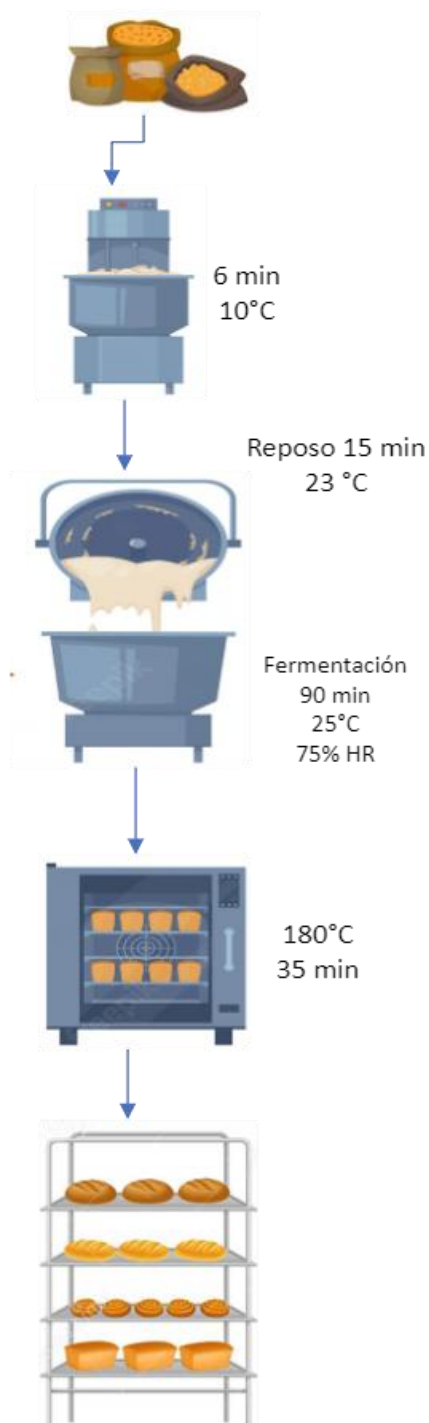


Figura 2. Pictograma del proceso de elaboración de pan, desde recepción, amasado, horneado y almacenamiento del producto terminado

10.3.9. Tabla nutricional del prototipo

Al prototipo de mayor puntuación total se le determinó la tabla nutricional, considerando el tamaño de porción de 32 g, de los componentes del producto como: proteína, grasa total, fibra cruda, ceniza, cálculo de energía total y carbohidratos en el laboratorio Seidlaboratory CIA. LTDA.

10.3.10 Análisis Estadístico

Para el análisis de los datos de se empleó el software estadístico SPSS® v. 25 para la preferencia y análisis sensorial, se utilizó la prueba de Friedman para evaluar las diferencias estadísticamente significativas de las muestras a través de la escala hedónica descrita en la tabla 9 y la prueba de Wilcoxon para comparar P1, P2 Y P3 por atributo.

11. Resultados

En relación con los resultados y análisis efectuados del estudio los participantes correspondieron a un 66,6% de mujeres y un 33,3% hombres. El 85% de los encuestados fueron de una edad entre los 18 y 65 años y un 15% más de 65 años.

Con respecto a la encuesta de consumo de producto se observa que el 100% (45/45) de las personas encuestadas incluyen el pan en su alimentación diaria y un 93,33% (42/45) consideran un elemento básico en la alimentación diaria. Además, se pudo observar que un 62,22% (28/45) de encuestados consume entre 2 a 3 panes diarios y que el 55,56% (25/45) compran más de 5 panes al día.

Se pudo observar que el 77,78% (35/45) si conocen los alimentos libres de gluten, el 53,33% (24/45) acerca de los beneficios del consumo de quinua y el 71,11% (32/45) sobre los beneficios del consumo de proteína, obteniendo un alto porcentaje de los mismos, lo que está demostrando que, en la actualidad, con el libre acceso a la información, el consumidor está ampliando su información sobre el consumo de los alimentos funcionales.

La buena aceptación por parte de los encuestados de las muestras en especial de P2 como se puede observar en la figura 3, se atribuye principalmente a la apariencia (4,58/5) y al sabor (4,22/5) no tan intenso que posee. Uno de sus puntos bajos fue el precio, el cual fue valorado con 3,78/5 siendo este el segundo en la posición de las 3 muestras, demostrando todavía que el precio del producto podría ser una limitante al momento de adquirirlos.

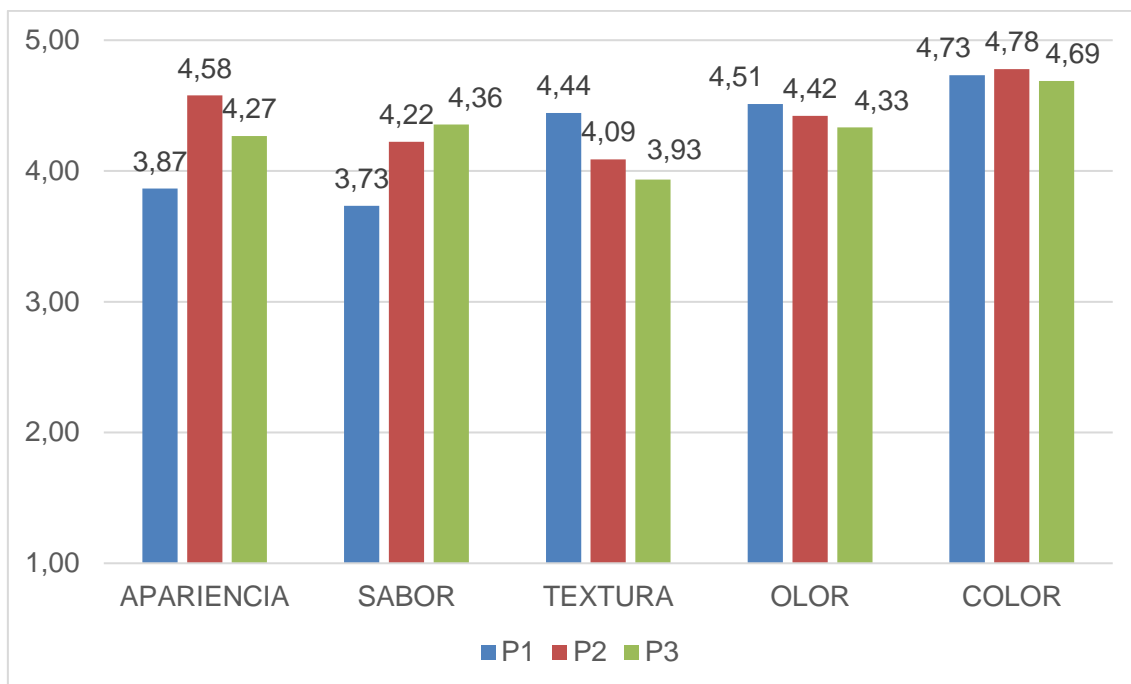


Figura 3. Análisis Sensorial

Con relación a los resultados estadísticos de la prueba sensorial se puede observar en la figura 4, se estableció que la apariencia y el sabor son los atributos que más influyen en la aceptabilidad, lo que indica que los encuestados les da más curiosidad los aspectos que se pueden observar a simple vista, lo que hace que de inmediato lo asuma como un producto de alta calidad como nos relatan Jurado y Marulanda (2022).

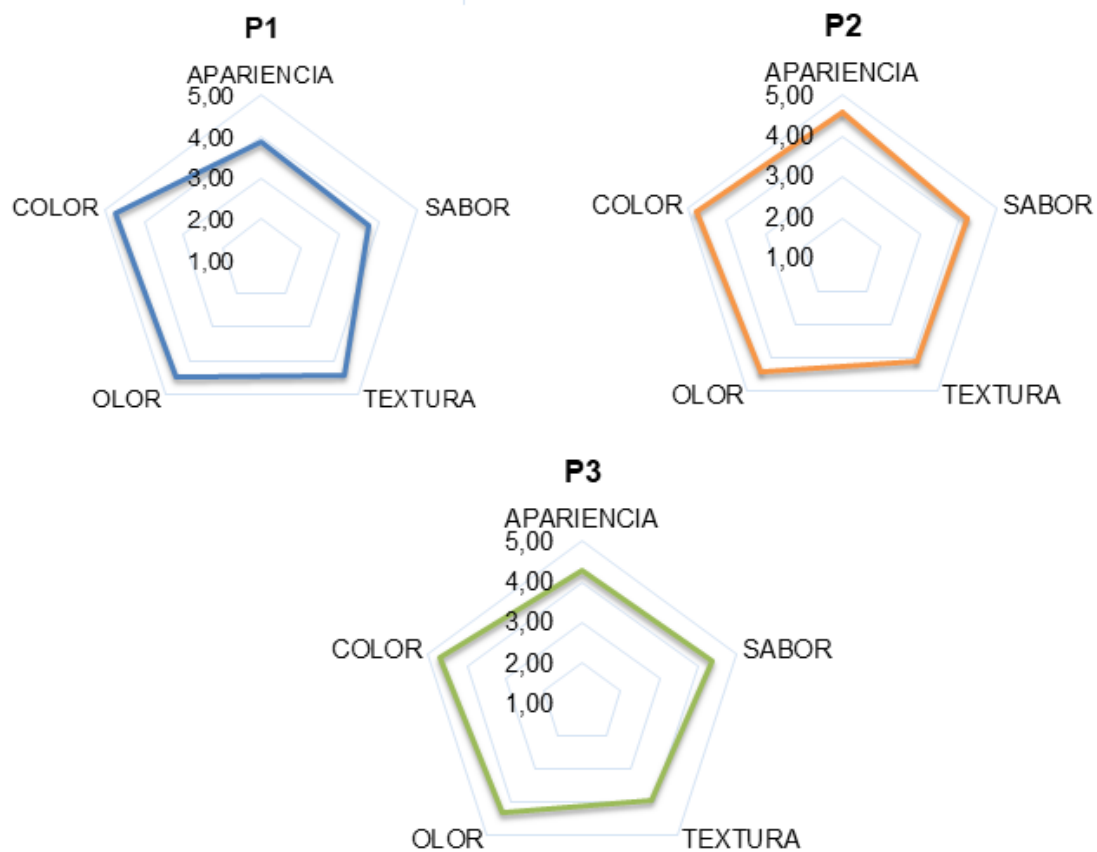


Figura 4. Análisis sensorial

P1. Análisis sensorial pan quinua 8 gramos de proteína por porción

P2. Análisis sensorial pan quinua 16 gramos de proteína por porción

P3. Análisis sensorial pan quinua 25 gramos de proteína por porción

Por otra parte, los elementos de interés nutricional y los parámetros bromatológicos y fisicoquímicos se presentan en la tabla 10, donde se destaca un contenido alto de proteína de 11,32%, de igual forma el rango de humedad fue de 40,64% debido a la capacidad de retención de agua como menciona Saeleaw y Schleining (2011).

Tabla 10. Análisis bromatológico y fisicoquímico del prototipo 2 por cada 200g

<i>Ensayos Ffqq</i>	<i>Método</i>	<i>Resultado</i>	<i>Unidad</i>
Carbohidratos	Cálculo	39,53	%
Ceniza	SEF-C AOAC 923.03	1,42	%
Energía total	Cálculo	1127	KJ /100g
Fibra cruda	SE.MI (AOAC 978.10)	1,22	%
Grasa total	SEF-G AOAC 922.06	7,09	%
Humedad	SEF-H AOAC 925.10	40,64	%
Proteína F=6,25	SEF-PDU AOAC990.03	11,32	%
pH (10%)	SEF- pH (AOAC 943.02)	6,7	u pH

Con respecto a los análisis microbiológicos de las muestras P1, P2 y P3 se encontraron los requisitos establecidos por las Normas INEN-ISO para bacterias y recuento de mohos y levaduras como se puede observar en la tabla 11.

Tabla 11. Resultados microbiológicos

<i>Ensayos Microb</i>	<i>Método</i>	<i>Acreditaciones</i>		<i>Resultado</i>	<i>Unidad</i>
		A2LA	SAE		
Mohos	INEN 1529-10	✓	✓	<10	UPM/g
Coliformes totales	INEN 1529-7	✓	✓	<10	3NMP/g
<i>Salmonella</i> spp. en 25 g	INEN 6579	✓	✓	Ausencia	- -
<i>Staphylococcus aureus</i>	INEN 1529-14	✓	✓	<10	UFC/g

Nivel de aceptación de las muestras (P1, P2 Y P3)

Por lo que se refiere a el nivel de aceptación de las muestras, se aprecia en las tablas 12 y 13 los resultados de los tres tipos de muestra a través de las pruebas de Friedman y Wilcoxon, donde los atributos de apariencia y el sabor para las muestras P1, P2 y P3 fueron estadísticamente diferentes (p-valor < 0,05) más

no así la textura, olor y color (p -valor $> 0,05$) como se puede observar en la tabla 12.

Tabla 12. Prueba de Friedman análisis sensorial

<i>Atributos</i>	<i>Muestra</i>	<i>Promedios</i>
Apariencia	P1	3,87
	P2	4,58
	P3	4,27
	<i>p - valor</i>	0,038
Sabor	P1	3,73
	P2	4,22
	P3	4,36
	<i>p - valor</i>	0,047
Textura	P1	4,44
	P2	4,09
	P3	3,93
	<i>p - valor</i>	0,149
Olor	P1	4,51
	P2	4,42
	P3	4,33
	<i>p - valor</i>	0,762
Color	P1	4,73
	P2	4,78
	P3	4,69
	<i>p - valor</i>	0,7875

En este sentido, la prueba de Wilcoxon permitió hacer comparaciones pareadas para identificar que muestras son estadísticamente diferentes, como se puede observar en la tabla 13, siendo en apariencia P1 vs. P2, P1 vs. P3, sabor P1 vs. P2, P1 vs. P3 y textura P1 vs. P2, P1 vs. P3, esta diferencia se debe

posiblemente a la adición de un mayor porcentaje de aislado de proteína la cual altera la textura y puede incrementar el sabor.

Tabla 13. Prueba de Wilcoxon

<i>Atributos</i>	<i>Muestras</i>	<i>p - valor</i>
Apariencia	P1 vs. P2	0,00018
	P1 vs. P3	0,03486
	P2 vs. P3	0,1556
Sabor	P1 vs. P2	0,0466
	P1 vs. P3	0,0244
	P2 vs. P3	0,4354
Textura	P1 vs. P2	0,0278
	P1 vs. P3	0,00596
	P2 vs. P3	0,4965
Olor	P1 vs. P2	0,4902
	P1 vs. P3	0,2846
	P2 vs. P3	0,5092
Color	P1 vs. P2	0,6599
	P1 vs. P3	0,7039
	P2 vs. P3	0,3788

En relación con el aspecto de precio se determinó una diferencia estadística (p-valor < 0,05) para todas las muestras P1, P2 Y P3 (3,87 VS 4,58 VS 4,27) como se observa en la tabla 14.

Tabla 14. Prueba de Friedman de precios

Atributos	Muestra	Promedios
Precio	P1	3,87
	P2	4,58
	P3	4,27
	<i>p - valor</i>	0,004

Mientras que en la tabla 15 se puede observar una diferencia estadística (p -valor $< 0,05$) en todos los casos (P1 vs. P2, P1 vs. P3, P2 vs. P3).

Tabla 15. Prueba de Wilcoxon comparación de precios entre tratamientos

Atributos	Muestras	p - valor
Precio	P1 vs. P2	0,0041
	P1 vs. P3	0,00014
	P2 vs. P3	0,00308

12. Discusión de los resultados y propuesta de solución

Los resultados de estudio de mercado de Mora (2018) realizada a 394 personas indica que el 24,50% de las personas encuestadas compran productos sin gluten y el 37,76% prefieren adoptar una alimentación saludable, lo que concluye que hoy en día la gente se preocupa más por llevar una dieta y vida sana, pero el precio es el factor que compromete al momento de adquirir o comprar este tipo de alimentos, lo que se evidenció en las personas encuestadas en este proyecto ya que un 77,78% de las personas admitió conocer acerca de alimentos libres de gluten, pero consideraban el precio como un factor limitante para adquirir dichos productos mostrándose una diferencia estadística significativa (p -valor $< 0,05$) para todas las muestras con respecto a la variable precio.

En otro estudio dirigido por Álvarez y Tusa (2008), donde se elaboró un pan a base de harina de quinua con un análisis organoléptico a doce panelistas en el

cual no se estimó diferencia significativa en las variables de color, textura y apariencia, pero si en el color y sabor, siendo estos dos atributos los de mayor aceptabilidad. Esto contrasta con los resultados obtenidos, ya que no se obtuvo diferencia significativa en olor, color y textura, pero si en la apariencia y sabor. También Alcântara et al. (2010) menciona que el 85% de las personas entrevistadas en su evaluación el sabor fue el que tuvo mayor aceptabilidad dejando a un lado variables como apariencia, color, textura y olor.

En relación al nivel de proteína y fibra cruda del prototipo dos (P2), con un 11.32% y 1,22% respectivamente, fue el que presentó un mayor porcentaje de aceptabilidad, lo que coincide con los porcentajes del análisis fisicoquímico del pan hecho con harina de quinua de Álvarez y Tusa (2008), de 12,43% de proteína y 1,22% de fibra, demostrando que la harina de quinua si enriquece la calidad nutricional del pan y de igual forma los análisis microbiológicos se encuentran dentro de los parámetros establecidos por las Normas INEN para el consumo humano, obteniendo un recuento de mohos menor a 10 UPM/g al igual que en este proyecto, de igual forma que en el estudio de García (2021).

Por otra parte, la capacidad de la harina para absorber agua está relacionada con el contenido de proteína, por lo que la quinua tiene una fibra dietética soluble más alta, lo que aumenta dicha capacidad en la masa del pan, esto lo describe Turkut et al. (2016) y Feizollahi et al. (2015), los cuales mencionan que la adición del 6% de proteína de suero de leche en un pan libre de gluten aumenta el contenido proteico del mismo sin afectar la fibra dietética y que la proteína ayuda a mejorar la absorción de agua y valor nutricional del pan, por lo que en este proyecto al utilizar mayor cantidad de proteína, requirió mayor cantidad de adición de agua para la preparación de la masa. Así también, Aprodu y Banu (2021) mencionan que la adición de proteínas de suero disminuye el valor de la luminosidad del pan.

Asimismo, García (2021) reporta que el valor energético de su pan libre de gluten con quinua fue de 237,9 Kcal/100g, carbohidratos 49%, humedad 42,25% y cenizas 1,89%, coincidiendo con los valores obtenidos en el pan elaborado en este proyecto con 269,4 Kcal/100g, 39,53%, 40,64% y 1,42%. respectivamente,

por lo que la adición de harina de quinua si incide en la composición nutricional del pan.

Incluso, el aditivo usado en este proyecto, la goma xantana, funcionó perfectamente como un emulsionante, el cual ayudó a la capacidad de retención de agua en el proceso de horneado y almacenamiento del pan, registrando un 40,64% de humedad, esto es corroborado en el estudio realizado por García (2021), el cual menciona que obtuvo una humedad del 42,25% y Turkut et al. (2016) que indica que los agentes como gomas ayudan a retener el agua en la matriz de la masa alcanzando una humedad de 40,9% en el pan sin gluten con harina de quinua.

Después de este análisis argumentativo se puede constatar que este producto sería una alternativa saludable para la población que padece de patologías gastrointestinales a causa del gluten como nos mencionan Vilcacundo y Hernández-Ledesma (2017).

13. Conclusiones y Recomendaciones

13.1 Conclusiones

La aceptabilidad de los panes elaborados y fortificados con proteína de aislado de suero de leche se basa principalmente en la apariencia y el sabor, atributos con mayor aceptación por parte de los panelistas. Dicho producto puede ser comercializado de buena manera entre personas que buscan alimentos libres de gluten y un mayor aporte proteico en su dieta debido a su composición.

En relación a la adición de aislado de suero de leche en polvo se pudo evidenciar que cambió la consistencia del pan, le dio una mejor apariencia y valor nutricional.

13.2 Recomendaciones

Aplicar estudios con respecto a distintos atributos de vital importancia como la textura, donde incluiremos elementos como la firmeza, corteza y miga en panes

elaborados con distintos derivados de quinua molida con el fin de lograr estándares de calidad en su producción.

Analizar el tiempo de almacenamiento correcto para los distintos panes elaborados con diferentes inclusiones de quinua y aislado de suero de leche.

Evaluar los costos de elaboración con diferentes tipos de elementos para la fabricación de panes libres de gluten y altos en proteína de alta calidad.

14. Referencias

- Alandia, G., Rodriguez, J. P., Jacobsen, S. E., Bazile, D., y Condori, B. (2020). Global expansion of quinoa and challenges for the Andean region. *Global Food Security*, 26. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2020.100429>
- Alcântara, V., Calderelli, S., de Toledo Benassi, M., Visentainer, J. V., y Matioli, G. (2010). Quinoa and Flaxseed: Potential Ingredients in the Production of Bread with Functional Quality. *Arch. Biol. Technol.* v, 53, 981–986.
- Álvarez, Z., y Tusa, E. (2008). *Elaboración de pan dulce precocido enriquecido con harina de quinua (Chenopodium quinoa W.)*.
- Aprodu, I., y Banu, I. (2021). Effect of starch and dairy proteins on the gluten free bread formulation based on quinoa. *Journal of Food Measurement and Characterization* 2021 15:3, 15(3), 2264–2274. <https://doi.org/10.1007/S11694-021-00826-9>
- Awulachew, M. T. (2021). *A Review of Non-gluten Components in Gluten-Free Bread Characteristics keep the dough's baking quality and viscoelastic qualities*. 2572.5971. www.opastonline.com
- Azizi, S., Azizi, M. H., Moogouei, R., y Rajaei, P. (2020). The effect of Quinoa flour and enzymes on the quality of gluten-free bread. *Food Science & Nutrition*, 8(5), 2373–2382. <https://doi.org/10.1002/FSN3.1527>
- Belderok, B. (2000). Developments in bread-making processes. *Plant Foods for Human Nutrition* 2000 55:1, 55(1), 1–14. <https://doi.org/10.1023/A:1008199314267>
- Bourekoua, H., Różyło, R., Benatallah, L., Wójtowicz, A., Łysiak, G., Zidoune, M. N., y Sujak, A. (2018). Characteristics of gluten-free bread: quality improvement by the addition of starches/hydrocolloids and their combinations using a definitive screening design. *European Food Research and Technology*, 244(2), 345–354. <https://doi.org/10.1007/S00217-017-2960-9/TABLES/7>

- Bredariol, P., y Vanin, F. M. (2021). Bread baking Review: Insight into Technological Aspects in order to Preserve Nutrition. In *Food Reviews International*. Bellwether Publishing, Ltd. <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.1878211>
- Cauvain, S. (2015). Bread: The Product. *Technology of Breadmaking*, 1–22. https://doi.org/10.1007/978-3-319-14687-4_1
- Dong, Y. N., y Karboune, S. (2021). A review of bread qualities and current strategies for bread bioprotection: Flavor, sensory, rheological, and textural attributes. In *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* (Vol. 20, Issue 2, pp. 1937–1981). Blackwell Publishing Inc. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12717>
- Eliseeva, L. G., Kokorina, D. S., Zhirkova, E. v., Smirova, S. A., y Nevskaya, E. v. (2021). The Quality and Microbiological Stability of Quinoa-enriched Wheat Bread. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 670(1), 012020. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/670/1/012020>
- El-Sohaimy, S. A., Shehata, M. G., Mehany, T., y Zeitoun, M. A. (2019). Nutritional, Physicochemical, and Sensorial Evaluation of Flat Bread Supplemented with Quinoa Flour. *International Journal of Food Science*, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/4686727>
- Feizollahi, E., Meybodi, N. M., Mohammadifar, M. A., y Feizollahi, E. (2015). Gluten-free bread quality: a review of the improving factors. *Academia.Edu*, 2, 81–85. <https://www.academia.edu/download/78998473/article-1-180-en.pdf>
- Fetouhi, A., Sujak, A., Bentallah, L., Nawrocka, A., Szymańska-Chargot, M., Tomczyńska-Mleko, M., Wójtowicz, A., y Zidoune, M. N. (2021). Development of new gluten-free maize-field bean bread dough: Relationships between rheological properties and structure of non-gluten proteins. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 71(2), 161–175. <https://doi.org/10.31883/pjfns/135800>

- Föste, M., Nordlohne, S. D., Elgeti, D., Linden, M. H., Heinz, V., Jekle, M., y Becker, T. (2014). Impact of quinoa bran on gluten-free dough and bread characteristics. *European Food Research and Technology* 239:5, 239(5), 767–775. <https://doi.org/10.1007/S00217-014-2269-X>
- García, D. (2011). *Desarrollo de un producto de panadería con harina de quinua (Chenopodium quinoa Willd)*. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/7767/107475.2011.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- García, D. (2021). *Determinación de la vida útil del pan de molde libre de gluten con quinua (Chenopodium quinoa)*.
- Gellynck, X., Kühne, B., van Bockstaele, F., van de Walle, D., y Dewettinck, K. (2009). Consumer perception of bread quality. *Appetite*, 53(1), 16–23. <https://doi.org/10.1016/J.APPET.2009.04.002>
- Herawati, H. (2019). Hydrocolloids to the Effects of Gluten Free Bakery Products. *Journal of Physics: Conference Series*, 1295(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1295/1/012052>
- Hinojosa, L., Leguizamo, A., Carpio, C., Muñoz, D., Mestanza, C., Ochoa, J., Castillo, C., Murillo, A., Villacréz, E., Monar, C., Pichazaca, N., y Murphy, K. (2021). Quinoa in Ecuador: Recent Advances under Global Expansion. *Plants* 2021, Vol. 10, Page 298, 10(2), 298. <https://doi.org/10.3390/PLANTS10020298>
- Jacobsen, S. E. (2006). The Worldwide Potential for Quinoa (Chenopodium quinoaWilld.). <Http://Dx.Doi.Org/10.1081/FRI-120018883>, 19(1–2), 167–177. <https://doi.org/10.1081/FRI-120018883>
- Jurado, B. y Marulanda, M. (2022). *Evaluación de las características fisicoquímicas y sensoriales de galletas de avena con inclusión de harina de quinua (Chenopodium quinoa. Willd) proveniente de Subachoque Cundinamarca* [Tesis de grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD].

- Líderes. (2019). *La industria panificadora se halla en crecimiento*. <https://www.revistalideres.ec/lideres/industria-panificadora-crecimiento-ecuador-produccion.html>
- Maric, A., Arsovski, S., y Mastilovic, J. (2009). Contribution to the Improvement of Products Quality in Baking Industry. *International Journal for Quality*, 3(3), 1.
- McCarthy, D. F., Gallagher, E., Gormley, T. R., Schober, T. J., y Arendt, E. K. (2005). Application of Response Surface Methodology in the Development of Gluten-Free Bread. *Cereal Chemistry*, 82(5), 609–615. <https://doi.org/10.1094/CC-82-0609>
- Medina, D., y Martinez, M. (2018). *Desarrollo de un producto alimentario panificable tipo pan blando a partir de harina de trigo, yuca y quinua*. <https://repositorio.unisucre.edu.co/bitstream/handle/001/646/T664%20M491.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Mondal, A., y Datta, A. K. (2008). Bread baking - A review. In *Journal of Food Engineering* (Vol. 86, Issue 4, pp. 465–474). <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.11.014>
- Mora, A. (2018). *Productos sin gluten: Un nuevo mercado por explotar en Guayaquil*.
- Mordor intelligence. (2022). *Mercado de panadería sin gluten: crecimiento, tendencias, impacto de covid-19 y pronósticos (2022-2027)*. <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/global-gluten-free-bread-products-cokies-snacks-market-industry>
- Muñoz, P. (2018). *Prevalencia mundial de la enfermedad celiaca* [Tesis de grado, Universidad de Sevilla].
- Nowak, V., Du, J., y Charrondièrre, U. R. (2016). Assessment of the nutritional composition of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Chemistry*, 193, 47–54. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2015.02.111>

- Osorio-Díaz, P., Hernández-Aguirre, M. A., Bravo-Rivera, G., y Sánchez-Pardo, M. E. (2020). *Calidad y estructura de un pan sin gluten: efecto del tipo de hidrocoloide, proteína y harina pregelatinizada* (Vol. 5).
- Primicias. (2021). *Alza en harina, grasas y levadura eleva el precio del pan*. <https://www.primicias.ec/noticias/economia/alza-harina-grasas-levaduras-dispara-precio-pan/>
- Rosell, C. M. (2011). The Science of Doughs and Bread Quality. *Flour and Breads and Their Fortification in Health and Disease Prevention*, 3–14. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-380886-8.10001-7>
- Saeleaw, M. y Schleining, G. (April 10-13, 2011). *Composition, physicochemical and morphological characterization of pumpkin flour*. ICEF11-11th International Congress on Engineering and Food “FOOD PROCESS ENGINEERING IN A CHANGING WORLD”, Athens, Georgia.
- Sharma, V., Chandra, S., Dwivedi, P., y Parturkar, M. (2015). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): A Nutritional Healthy Grain. *International Journal of Advanced Research*, 3(9), 725–736. <http://www.journalijar.com>
- Stikic, R., Glamoclija, D., Demin, M., Vucelic-Radovic, B., Jovanovic, Z., Milojkovic-Opsenica, D., Jacobsen, S. E., y Milovanovic, M. (2012). Agronomical and nutritional evaluation of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd.) as an ingredient in bread formulations. *Journal of Cereal Science*, 55(2), 132–138. <https://doi.org/10.1016/J.JCS.2011.10.010>
- Turkut, G. M., Cakmak, H., Kumcuoglu, S., y Tavman, S. (2016). Effect of quinoa flour on gluten-free bread batter rheology and bread quality. *Journal of Cereal Science*, 69, 174–181. <https://doi.org/10.1016/J.JCS.2016.03.005>
- Vilcacundo, R., y Hernández-Ledesma, B. (2017). Nutritional and biological value of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Current Opinion in Food Science*, 14, 1–6. <https://doi.org/10.1016/J.COFS.2016.11.007>

- Wang, S., y Zhu, F. (2015). Formulation and Quality Attributes of Quinoa Food Products. *Food and Bioprocess Technology* 2015 9:1, 9(1), 49–68. <https://doi.org/10.1007/S11947-015-1584-Y>
- Xu, X., Luo, Z., Yang, Q., Xiao, Z., y Lu, X. (2019). Effect of quinoa flour on baking performance, antioxidant properties and digestibility of wheat bread. *Food Chemistry*, 294, 87–95. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2019.05.037>
- Yeşil, S., y Levent, H. (2022). The influence of fermented buckwheat, quinoa and amaranth flour on gluten-free bread quality. *LWT*, 160, 113301. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2022.113301>
- Zavala, D., y Vásconez, J. (2019). *Plan de negocio para la comercialización de cakes libre de gluten.*

15. Anexos

Encuesta consumo producto

ENCUESTA DE CONSUMO DE PAN				
FECHA:		CÓDIGO:		
INFORMACIÓN ENCUESTADO				
NOMBRES:				
APELLIDOS:				
EDAD:				
SEXO:				
ESTUDIO DE MERCADO				
SOBRE PRODUCTO				
1. USTED INCLUYE EL PAN EN SU ALIMENTACIÓN DIARIA (Si la respuesta es no termina la encuesta)	SI		NO	
2. USTED CONSIDERA EL PAN UN ELEMENTO BÁSICO EN SU ALIMENTACIÓN DIARIA	SI		NO	
3. CUÁNTOS PANES CONSUME AL DÍA?	1 PAN	2 A 3 PANES	3 A 5 PANES	MÁS DE 5 PANES
4. QUÉ CANTIDAD DE PAN COMPRAN PARA LA FAMILIA DIARIAMENTE?	1 PAN	2 A 3 PANES	3 A 5 PANES	MÁS DE 5 PANES
5. USTED CONOCE EL PAN SIN GLUTEN?	SI		NO	
6. USTED CONSUME PAN SIN GLUTEN?	SI		NO	
7. USTED CONOCE EL PAN ELABORADO CON QUINUA?	SI		NO	
8. USTED CONOCE LOS BENEFICIOS DE LA QUINUA?	SI		NO	
9. USTED CONOCE EL PAN CON ALTO CONTENIDO DE PROTEÍNA	SI		NO	
10. USTED CONOCE LOS BENEFICIOS DE UN ALIMENTO ALTO EN PROTEÍNA?	SI		NO	

Formulario análisis sensorial

FORMULARIO DE INFORMACIÓN ORGANOLÉPTICA						
FECHA:			CÓDIGO MUESTRA:			
INFORMACIÓN ENCUESTADO						
NOMBRES:						
APELLIDOS:						
EDAD:						
SEXO:						
PRUEBA POR FAVOR LA MUESTRA E INDIQUE SU NIVEL DE AGRADO MARCANDO EL PUNTO EN LA ESCALA QUE MEJOR DESCRIBA SU REACCIÓN PARA CADA UNO DE LOS ATRIBUTOS						
CARACTERÍSTICAS	APARIENCIA	SABOR	TEXTURA	OLOR	COLOR	
5	ME GUSTA MUCHO					
4	ME GUSTA					
3	NI ME GUSTA NI ME DISGUSTA					
2	ME DISGUSTA					
1	ME DISGUSTA MUCHO					
OBSERVACIONES						
MUCHAS GRACIAS POR SU VALIOSA AYUDA						

FORMULARIO DE INFORMACIÓN ECONÓMICA (PRECIO)						
FECHA:						
INFORMACIÓN ENCUESTADO						
NOMBRES:						
APELLIDOS:						
EDAD:						
SEXO:						
EN BASE AL PRECIO DE CADA MUESTRA INDIQUE SU NIVEL DE AGRADO MARCANDO EL PUNTO EN LA ESCALA QUE MEJOR DESCRIBA SU REACCIÓN PARA CADA UNO DE LOS ATRIBUTOS						
CÓDIGO MUESTRA	VALOR APROXIMADO	ME GUSTA MUCHO (5)	ME GUSTA (4)	NI ME GUSTA NI ME DISGUSTA (3)	ME DISGUSTA (2)	ME DISGUSTA MUCHO (1)
001	25 CTVS					
002	45 CTVS					
003	70 CTVS					
OBSERVACIONES						
MUCHAS GRACIAS POR SU VALIOSA AYUDA						

Resultados

PREGUNTA	SI	NO
1. USTED INCLUYE EL PAN EN SU ALIMENTACIÓN DIARIA	45	0
2. USTED CONSIDERA EL PAN UN ELEMENTO BÁSICO EN SU ALIMENTACIÓN DIARIA	42	3
3. CUÁNTOS PANES CONSUME AL DÍA?	1 PAN	12
	2 A 3 PANES	28
	3 A 5 PANES	5
	MÁS DE 5	0
4. QUÉ CANTIDAD DE PAN COMPRAN PARA LA FAMILIA DIARIAMENTE?	1 PAN	0
	2 A 3 PANES	8
	3 A 5 PANES	12
	MÁS DE 5	25
5. USTED CONOCE EL PAN SIN GLUTEN?	37	8
6. USTED CONSUME PAN SIN GLUTEN?	19	26
7. USTED CONOCE EL PAN ELABORADO CON QUINUA?	12	33
8. USTED CONOCE LOS BENEFICIOS DE LA QUINUA?	24	21
9. USTED CONOCE EL PAN CON ALTO CONTENIDO DE PROTEÍNA	6	39
10. USTED CONOCE LOS BENEFICIOS DE UN ALIMENTO ALTO EN PROTEÍNA?	32	13

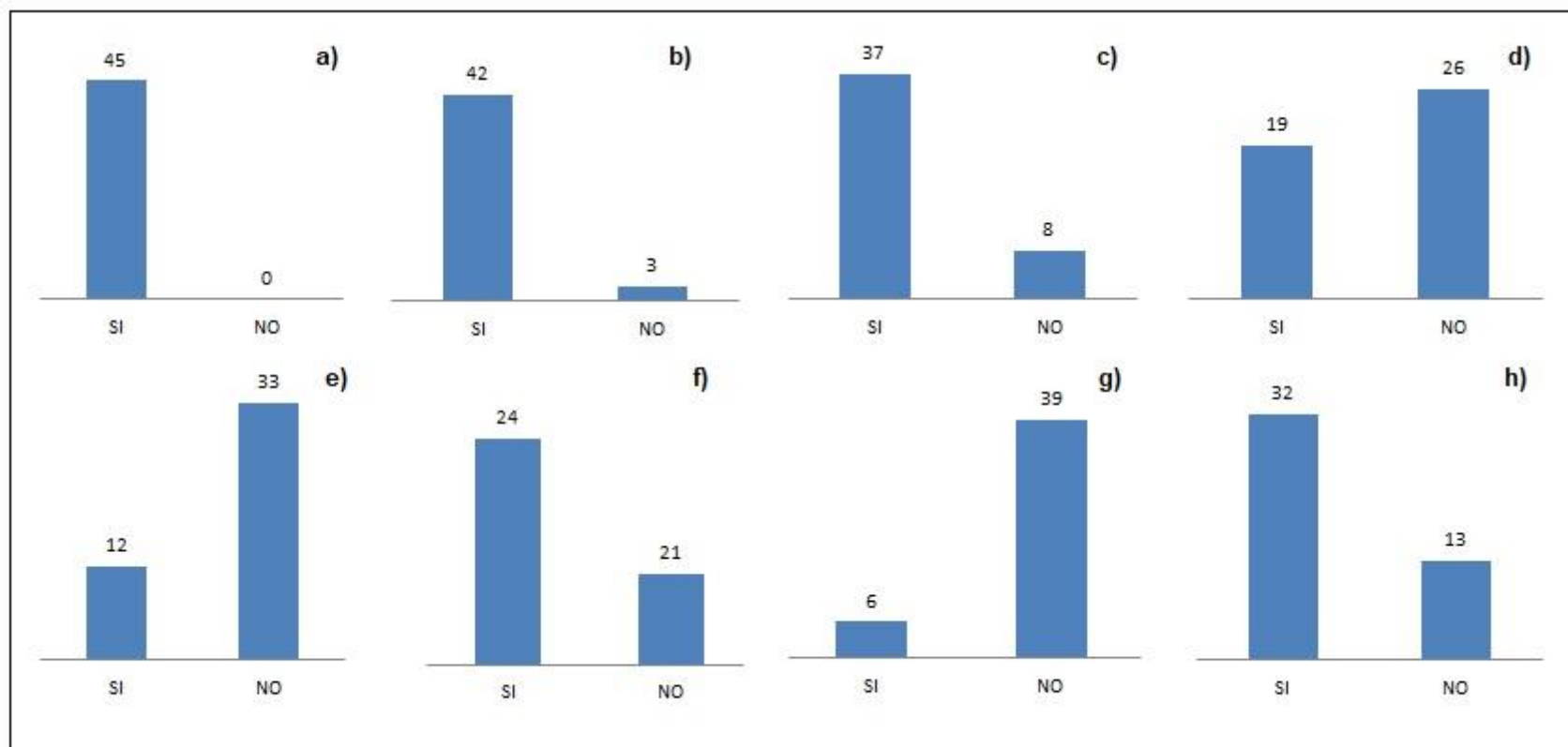


Figura 5

Resultados a) Pregunta 1, b) Pregunta 2, c) Pregunta 3, d) Pregunta 4, e) Pregunta 7 f) Pregunta 8, g) Pregunta 9, h) Pregunta 10

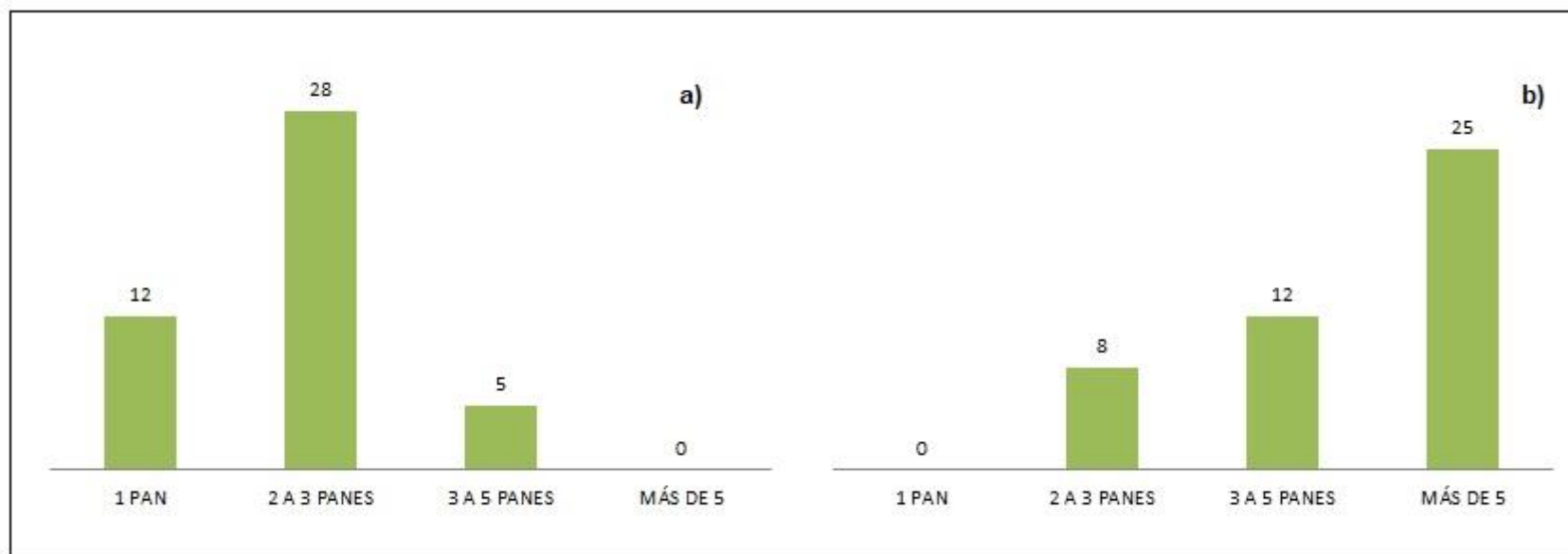


Figura 6

Resultados a) Pregunta 5, b) Pregunta 6



PAR MVZ UCE

Ciudadela Universitaria, Universidad Central del Ecuador, Facultad de Medicina Veterinaria

Teléfono: 0999945304, e-mail: labparafmvz@yahoo.com



Resultado

Nombre: GEOMARA GISSELA GARCÍA BARRIGA Edad: 27 años No. de orden: 19
 Identificación: 1724585771 Sexo: Femenino
 Médico: Procedencia: MUESTRA 1

BACTERIOLOGÍA

Prueba	Resultado	Unidad
CULTIVO PARA BACTERIAS	Coliformes totales MENOS DE 3 NMP/g	-

BACTERIOLOGÍA

Parámetro	Valor	Unidad
	Coliformes totales MENOS DE 3 NMP/g	-
	Mesófilos aerobios MENOS DE 10 UFC/g	-
	Salmonella spp. AUSENCIA	-
	Staphylococcus aureus MENOS DE 10 UFC/g	-

CULTIVO PARA HONGOS

Parámetro	Valor	Unidad
DIRECTO KOH	NO APLICA	-
CULTIVO PARA HONGOS	MENOS DE 10 UFC/g	-



FERNANDO ANDRES PAZMIÑO GALARZA

Dr. FERNANDO PAZMIÑO



PAR MVZ UCE

Ciudadela Universitaria, Universidad Central del Ecuador, Facultad de Medicina Veterinaria

Teléfono: 0999945304, e-mail: labparafmvz@yahoo.com



Resultado

Nombre: GEOMARA GISSELA GARCÍA BARRIGA Edad: 27 años No. de orden: 20
 Identificación: 1724585771 Sexo: Femenino
 Médico: Procedencia: MUESTRA 2

BACTERIOLOGÍA

Prueba	Resultado	Unidad
CULTIVO PARA BACTERIAS	Coliformes totales MENOS DE 3 NMP/g	-

BACTERIOLOGÍA

Parámetro	Valor	Unidad
	Coliformes totales MENOS DE 3 NMP/g	-
	Mesófilos aerobios MENOS DE 10 UFC/g	-
	Salmonella spp. AUSENCIA	-
	Staphylococcus aureus MENOS DE 10 UFC/g	-

CULTIVO PARA HONGOS

Parámetro	Valor	Unidad
DRECTO KOH	NO APLICA	-
CULTIVO PARA HONGOS	MENOS DE 10 UFC/g	-



FERNANDO ANDRÉS
PAZMIÑO GALAZA

Dr. FERNANDO PAZMIÑO



PAR MVZ UCE

Ciudadela Universitaria, Universidad Central del Ecuador, Facultad de Medicina Veterinaria

Teléfono: 0999945304, e-mail: labparafmvz@yahoo.com



Resultado

Nombre: GEOMARA GISSELA GARCÍA BARRIGA
Identificación: 172458577
Médico:

Edad: 27 años
Sexo: Femenino
Procedencia: MUESTRA 3

No. de orden: 21

BACTERIOLOGÍA

Prueba	Resultado	Unidad
CULTIVO PARA BACTERIAS	Coliformes totales MENOS DE 3 NMP/g	-

BACTERIOLOGÍA

Parámetro	Valor	Unidad
	Coliformes totales MENOS DE 3 NMP/g	-
	Mesófilos aerobios MENOS DE 10 UFC/g	-
	Salmonella spp. AUSENCIA	-
	Staphylococcus aureus MENOS DE 10 UFC/g	-

CULTIVO PARA HONGOS

Parámetro	Valor	Unidad
DIRECTO KOH	NO APLICA	-
CULTIVO PARA HONGOS	MENOS DE 10 UFC/g	-



FERNANDO ANDRES PAZMIÑO GALANZA

Dr. FERNANDO PAZMIÑO