

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

Tema: “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 hipochondriacus*)”

Trabajo de titulación previa la obtención del
título de Ingeniera en Alimentos

AUTORA: López Cerón Ana Karina

TUTOR: MSc. Burbano Pulles Marco Rubén

Tulcán, 2020

CERTIFICADO JURADO EXAMINADOR

Certificamos que la estudiante López Cerón Ana Karina con el número de cédula 0401631866 ha elaborado el trabajo de titulación: “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*)”.

Este trabajo se sujeta a las normas y metodología dispuesta en el Reglamento de Titulación, Sustentación e Incorporación de la UPEC, por lo tanto, autorizamos la presentación de la sustentación para la calificación respectiva.



Firmado electrónicamente por:
MARCO RUBEN BURBANO
PULLES - 0401276910

.....
MSc. Burbano Pulles Marco Rubén
TUTOR



Firmado electrónicamente por:
CARLOS ALBERTO
RIVAS ROSERO

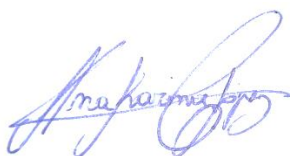
.....
MSc. Rivas Rosero Carlos Alberto
LECTOR

Tulcán, agosto de 2020

AUTORÍA DE TRABAJO

El presente trabajo de titulación constituye requisito previo para la obtención del título de **Ingeniera** en la Carrera de alimentos de la Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales

Yo, López Cerón Ana Karina con cédula de identidad número 0401631866 declaro: que la investigación es absolutamente original, auténtica, personal y los resultados y conclusiones a los que he llegado son de mi absoluta responsabilidad.

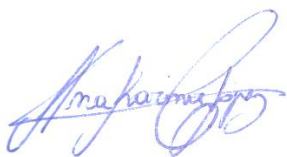


López Cerón Ana Karina
AUTORA

Tulcán, agosto de 2020

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, López Cerón Ana Karina declaro ser autor/a de los criterios emitidos en el trabajo de investigación: “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*)” y eximo expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.



López Cerón Ana Karina

AUTORA

Tulcán, agosto de 2020

AGRADECIMIENTO

A mi familia, por ser un apoyo incondicional.

A la prestigiosa Universidad Politécnica Estatal del Carchi por prepararme como un buen ser humano y una buena profesional

A mi tutor, Msc. Marco Burbano por guiarme y compartirme su valioso conocimiento

DEDICATORIA

Con profunda emoción dedico esta tesis a mi abuelita Eulalia Mora y a mi madre Pilar Cerón, porque con su ejemplo me han forjado como un ser humano perseverante, responsable, amoroso. Y han estado conmigo de manera incondicional para poder perseguir mis sueños. A todos los niños del mundo que, con su espíritu libre, y corazón noble me han inspirado a cambiar pequeños factores para brindarles un mundo mejor, en especial a mi sobrino Eduardo Rosales, la mejor sorpresa

ÍNDICE

I. PROBLEMA	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	2
1.3. JUSTIFICACIÓN	2
1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	4
1.4.1. Objetivo General.....	4
1.4.2. Objetivos Específicos	4
1.4.3. Preguntas de Investigación	4
II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	5
2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	5
2.2. MARCO TEÓRICO	7
2.2.1. Quinoa	7
2.2.2.1 Taxonomía y morfología	8
2.2.2.2 Producción a nivel nacional.....	8
2.2.2.3 Valor nutricional.....	9
2.2.2.4 Formas de uso	10
2.2.2.5 Harina de quinoa.....	10
2.2.2 Amaranto	11
2.2.2.1 Producción en Ecuador	11
2.2.2.2 Taxonomía y morfología	12
2.2.2.3 Valor nutricional.....	12
2.2.2.4 Formas de uso del amaranto	13
2.2.2.5 Harina de amaranto.....	14
2.2.3 Trigo	14
2.2.3.1 Valor Nutricional.....	15

2.2.3.2 Clasificación de la harina de trigo	16
2.2.4 Pan	16
2.2.4.1 Tipos de pan	17
2.2.5 Gluten	18
2.2.6 Componentes para la elaboración de pan	18
2.2.7 Fermentación	19
2.2.8 Bioquímica de la fermentación.....	19
III. METODOLOGÍA.....	20
3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO	20
3.1.1. Enfoque.....	20
3.1.2. Tipo de Investigación	20
3.2. HIPÓTESIS O IDEA A DEFENDER.....	20
3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	20
3.4. MÉTODOS UTILIZADOS	22
3.4.1 Proceso de elaboración de pan.....	22
3.4.2 Elaboración del pan	23
3.4.3 Caracterización fisicoquímica	26
3.4.3.1 Humedad.....	26
3.4.3.2 Cenizas	26
3.4.3.3 Grasa o extracto etéreo	27
3.4.3.4 Proteína.....	27
3.4.3.5 Fibra.....	28
3.4.3.6 Extracto libre no nitrogenado (Carbohidratos).....	29
3.4.3.7 Energía.....	29
3.4.4 Análisis Sensorial	29
3.4.5 Análisis microbiológico.....	30
3.4.6 Determinación de costos.....	30

3.4.7 Análisis Estadístico	30
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31
4.1. RESULTADOS	31
4.1.1 Análisis fisicoquímico	31
4.1.2 Análisis Sensorial	33
4.1.3 Análisis microbiológico.....	34
4.1.4 Análisis de costos	35
4.2 DISCUSIÓN.....	37
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	39
5.1. CONCLUSIONES	39
5.2. RECOMENDACIONES.....	40
IV. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41
V. ANEXOS	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Flujograma de elaboración del pan de molde de quinua y amaranto.....	25
Figura 2. Amasado.....	45
Figura 3. Recepción de materiales.....	45
Figura 4. Segunda fermentación.....	45
Figura 5. Pan de molde.....	45
Figura 6. Pesado de la muestra.....	46
Figura 7. Muestras en la estufa.....	46
Figura 8. Enfriado y pesado.....	46
Figura 9. Muestras pesadas en papel libre de nitrógeno listas para transferirlas al tubo de digestión.....	46
Figura 10. Adición de H ₂ SO ₄ y pastillas de Kjeldahl a los tubos de digestión.....	46
Figura 11. Muestras con ceniza.....	49
Figura 12. Laboratorio de análisis sensorial.....	50
Figura 13. Evaluación sensorial del producto.....	50
Figura 14. Evaluación sensorial del producto.....	50

Figura 15. Preparación de las muestras.	51
Figura 16. Placas Compact Dry de e-coli, coliformes.	51
Figura 17. Placas Compact Dry de mohos y levaduras.	51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía de la quinua	8
Tabla 2. Análisis proximal y de minerales de la quinua.....	9
Tabla 3. Valor nutritivo de la harina de quinua en gramos por 100 g	11
Tabla 4. Taxonomía del amaranto.	12
Tabla 5. Análisis proximal y de minerales del amaranto.	13
Tabla 6. Caracterización de harina de amaranto.....	14
Tabla 7. Clasificación taxonómica del trigo.....	15
Tabla 8. Componentes del trigo.....	15
Tabla 9. Operacionalización de variables.....	21
Tabla 10. Formulación de los 5 tratamientos con diferente porcentaje de sustitución de harina de quinua y amaranto.....	22
Tabla 11. Formulación de pan de molde con harina de quinua y amaranto.....	25
Tabla 12. Caracterización fisicoquímica de los diferentes tratamientos de sustitución parcial de harina de quinua y amaranto.....	32
Tabla 13. Análisis sensorial realizado a las muestras de pan con formulación 30,25,20,15% de harina de quinua y amaranto comparadas con un pan control 100% harina de trigo.....	33
Tabla 14. Caracterización fisicoquímica del mejor tratamiento de pan de quinua y amaranto obtenido mediante evaluación sensorial.	34
Tabla 15. Análisis microbiológico del mejor tratamiento T3.....	34
Tabla 16. Costos variables de producción para la elaboración de pan quinua y amaranto	35
Tabla 17. Costos fijos de producción del pan de quinua y amaranto	35
Tabla 18. Costo pan de quinua y amaranto	36
Tabla 19. Costos variables de producción para la elaboración de pan de trigo.....	36
Tabla 20. Costos fijos de producción del pan de trigo	36
Tabla 21. Costo pan de trigo.....	36

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Elaboración de pan de molde	45
Anexo 2. Determinación de humedad	46
Anexo 3. Determinación de proteína	46
Anexo 4. Determinación de grasa.....	48
Anexo 5. Determinación de cenizas	49
Anexo 6. Análisis Sensorial	50
Anexo 7. Análisis microbiológico	51
Anexo 8. Resultados obtenidos en Infostat,prueba Tukey (análisis sensorial)	52
Anexo 9. Resultados obtenidos en Infostat,prueba Tukey (análisis fisicoquímico).....	53
Anexo 10. Hoja de catación empleada en la evaluación sensorial	55
Anexo 11. Análisis fisicoquímico de fibra	57
Anexo 12. NTC 1363	58
Anexo 13. Acta del Perfil de Investigación	63

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue obtener un producto de panadería a partir de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de quinua (*Chenopodium quinoa willd*) y amaranto (*Amaranthus hipochondriacus*). Para elaborar el producto de panadería se realizaron 4 diferentes formulaciones con sustitución parcial de harina de quinua y amaranto (15%, 20%, 25%, 30%), el modelo estadístico que se aplicó en el estudio fue un Diseño completamente al Azar con tres repeticiones por tratamiento.

Se determinaron humedad, cenizas, proteína, grasa y fibra utilizando métodos estandarizados de la AOAC, los carbohidratos y la energía calórica se determinaron mediante cálculos. En el análisis sensorial se evaluaron características como olor, color, sabor y textura donde se obtuvo como resultado que el T3 (pan con 20% de sustitución de harina quinua y amaranto) tuvo mayor aceptación con respecto a los demás tratamientos. En el análisis proximal del T3 se obtuvo una humedad de (25,35%), proteína (11,51%), ceniza (1,94%), grasa (5,89%), fibra (2,10%), carbohidratos (53,20%) y energía calórica (311,90 kcal) siendo un pan con alto contenido de proteína, fibra y minerales en comparación al pan común. Al realizar el análisis microbiológico se encontraron valores dentro de los rangos establecidos en la norma NTC 1369, los cuales fueron <10 UFC/g en cuanto a coliformes totales, mohos y levaduras respectivamente.

Palabras clave: sustitución parcial, harina de quinua y amaranto, análisis fisicoquímico.

ABSTRACT

The objective of this project was to obtain a bakery product made from a substitution of wheat flour by quinoa flour (*Chenopodium quinoa wild*) and amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*). To make this bakery product, there were four different formulations of partial substitution of flour, quinoa and amaranth (15%, 20%, 25%, 30%), the statistical model applied in this studio was a random design with three repetitions per treatment.

Moisture, ash, protein, fat, and fiber were determined using AOAC standardized methods, carbohydrates and caloric energy were determined by calculations. In the sensory analysis, characteristics such as smell, color, flavor and texture were tested, where it was obtained that the T3 (bread with 20% replacement of quinoa flour and amaranth) had greater acceptance with respect to the other treatments. The T3 proximal analysis obtained a moisture of (25,35%), protein (11,51%), ash (1,94%), fat (3.78%), fiber (5,89%), carbohydrates (53,20%) and caloric energy (311,90 kcal) being a bread with high protein content, fiber and minerals compared to common bread. When carrying out the microbiological analysis, values were found within ranges established in the NTC 1369 standard, which were <10 CFU/g in terms of total coliforms, molds and yeasts respectively.

Key words: partial substitution, quinoa flour and amaranth, physicochemical analysis.

INTRODUCCIÓN

La elaboración de un producto de panadería mediante la sustitución parcial de harina de trigo por harina de quinua y amaranto es una opción para aprovechar el alto índice productivo de la materia prima que utiliza este alimento en la provincia. Es así que la quinua y el amaranto son pseudocereales con alto nivel de nutrientes que nos permitirán, un mayor provecho a diferencia del trigo. Tomando en cuenta que en la localidad la demanda de productos de panadería es alta, una alternativa saludable como esta es la clave.

El pan al ser un alimento de consumo masivo debe brindar al consumidor un producto de calidad y con mayor valor nutricional, por lo que es importante crear nuevas alternativas para enriquecerlo y darle un valor agregado que marque diferencia.

La quinua es una fuente rica de minerales, vitaminas, fibras, ácidos grasos, tiene un contenido equilibrado de proteínas y aminoácidos que podría desarrollar un equilibrio de proteínas en la dieta cuando se mezcle con otros granos de cereales. El amaranto también pertenece a la familia de los pseudocereales, el contenido nutricional de la semilla de amaranto es más alta que la de la mayoría de los cereales, debido a su calidad de proteínas, minerales, fibras dietéticas y fracción de lípidos que es rica en compuestos orgánicos naturales que están involucrados en el metabolismo del colesterol. (Paucean, et al., 2019)

La fortificación del pan de trigo permitiría el desarrollo de una gama de nuevos productos para hornear con valor nutricional mejorado. Un gran número de estudios informó que el pan suplementado con harina quinua y amaranto tenían un alto valor nutricional, mientras que la aceptación de los consumidores depende del nivel de sustitución. En general, la suplementación de 20% de harina quinua o harina de amaranto corresponde a características nutricionales, reológicas y sensoriales mejoradas. (Paucean, et al., 2019)

La atención hacia estos antiguos granos ha sido renovada debido a la creciente demanda de alimentos naturales y beneficiosos para la salud. Desde el punto de vista nutricional, reintroducir pseudocereales en la dieta diaria como agente fortificante con características funcionales de valor agregado, podría ofrecer a los consumidores una variedad más rica de compuestos beneficiosos sin alterar su calidad. (Boukid, Folloni, Sforza, Vittadini, y Prandi, 2018)

I. PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las condiciones de vida se han adaptado al entorno actual, siendo la alimentación uno de los factores primordiales sujeto a la tendencia de economía de tiempo y de dinero, que no necesariamente en valores nutricionales es algo positivo. Se están dejando atrás los tipos de alimentación tradicionales y autóctonos y la mayoría de las personas adoptan prácticas de alimentación modernas que con frecuencia son ricas en azúcares, grasas y bajas en nutrientes esenciales. (UNICEF, 2019)

“La ingesta inadecuada de alimentos en cantidad y calidad asociada a otros determinantes ocasiona la malnutrición, la cual se ve influenciada no solo por determinantes biológicos sino también por determinantes socioeconómicos y culturales” (ENSANUT, 2014).

La quinua es un pseudocereal con alto valor nutricional y aporta proteínas de alto valor biológico y carbohidratos con índice glucémico bajo. (Hernandez, 2015) además, “El amaranto presenta algunas propiedades para ayudar a mantener la salud, el valor nutritivo de sus granos implica que además de su contenido proteico, el espectro de aminoácidos y los niveles de vitaminas y minerales son excelentes” (Montero, Moreno, Alí, Máximo, y Sánchez, 2016).

Al observar los alimentos que la industria ofrece, se puede notar que no existe gran variedad de productos de panificación provenientes de cultivos andinos como la quinua y el amaranto que cumplan con los requerimientos necesarios para una alimentación saludable. (Campos y Vaca, 2018) mencionan que Carchi es una de las zonas donde existe mayor producción de quinua, sin embargo, a esta no se le da un valor agregado.

Los niños mal alimentados tienen más probabilidades de convertirse en adultos de baja estatura, obtener menos logros educativos y menores ingresos económicos durante su edad adulta. Esto tiene un impacto, no solo a nivel individual, sino que afecta el desarrollo social y económico de las comunidades y los países. (UNICEF, 2019)

Carchi es una de las provincias que presenta un mayor índice de desnutrición infantil, como respuesta a la mala alimentación. Enfocándonos en la zona 1 del Ecuador, según datos de la Dirección Distrital de Salud 04D01 (2019) este índice corresponde al 23%, siendo este un

porcentaje muy alto. Lo que permite divisar el problema con mayor precisión y entender las palabras de (Boukid, Folloni, Sforza, Vittadini, y Prandi, 2018) “Últimamente se considera el desarrollo de nuevos productos de panadería basados en pseudocereales ser una necesidad más que una elección.” Siendo esto una nueva alternativa para el consumo de alimentos que contengan un alto valor nutricional.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Es viable técnicamente la obtención de un producto de panadería con características de calidad a partir de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de quinua y amaranto?

1.3. JUSTIFICACIÓN

La tendencia actual hacia el desarrollo de nuevos alimentos que aporten un valor nutricional alto ha ganado terreno a nivel mundial, especialmente en los productos de panadería, los cuales han sido complementados con diferentes sustancias nutritivas y protectoras que permiten disminuir la incidencia de diversos tipos de patologías asociadas con los alimentos. La quinua y el amaranto son pseudocereales de alto valor nutritivo que escasamente se utilizan en la industria alimentaria. En el Carchi hay una gran variedad de productos de panificación, pero no existe un pan hecho a base de cultivos andinos como son el amaranto y la quinua, que contienen los nutrientes necesarios que aportan beneficios a la salud del consumidor.

Valenzuela (2014) señala que el mundo está obsesionado con el valor nutritivo de los cultivos andinos, EEUU, Europa, China y Japón, consideran a estos cultivos como super alimentos, debido a su alto contenido proteico, muy superior a la cebada, maíz, trigo y arroz. Debido al acceso de semilla de alta calidad la producción de cultivos andinos como la quinua y amaranto ha incrementado en los últimos años. En la provincia del Carchi existe una gran producción de quinua, lamentablemente este pseudocereal no es procesado y por lo tanto no existe una amplia variedad de productos.

En base a las condiciones del territorio en el que nos encontramos el cultivo de estos pseudocereales es viable, como se demuestra en su alta producción. Así mismo, desde el punto de vista nutricional y alimentario, la quinua es una fuente natural de proteína y de alto valor nutritivo debido a que contiene una mayor proporción de aminoácidos esenciales, necesarios para el buen desarrollo del organismo humano. (Hernandez, 2015)

El amaranto es un producto de origen vegetal muy completo, ya que es una de las fuentes más importantes de proteínas, minerales y vitaminas naturales. La cantidad de proteína de esta semilla es mayor que la de otros cereales, contiene el doble de proteína que el maíz y el arroz. La utilización de harina de amaranto constituye una alternativa viable para mejorar el valor nutricional de los panes en los regímenes dietéticos. (Montero, Moreno, Alí, Máximo, y Sánchez, 2016)

Observando el medio local, uno de los principales alimentos en la dieta diaria es el pan, se lo puede obtener con bases predominantes de trigo. Una alternativa, es sacar provecho de esta costumbre para promover la ingesta de alimentos saludables sin tener que perder esta parte de la idiosincrasia local. De tal manera que bajo palabras de Boukid:

Debido a que los granos antiguos tienen una composición rica y equilibrada de micronutrientes, podrían ser ingredientes adecuados para mejorar la calidad tecnológica y los beneficios para la salud. Desde un punto de vista económico, los granos antiguos son cultivos de bajos insumos con menores necesidades de fertilizantes y podrían ser un cultivo adecuado en países de bajos ingresos. La quinua, por ejemplo, es conocida por su tolerancia a la salinidad del suelo, lo que indica su idoneidad para condiciones adversas. (Boukid, Folloni, Sforza, Vittadini, y Prandi, 2018)

Con la finalidad de mantener y potenciar las características nutritivas de estos pseudocereales, el presente trabajo tiene como objetivo: Obtener un producto de panadería a partir de la sustitución parcial de la harina de trigo utilizando harina de quinua (*Chenopodium quinoa willd*) y amaranto (*Amaranthus hipochondriacus*).

1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo General

Obtener 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*)

1.4.2. Objetivos Específicos

- Formular un pan de molde a partir de 4 niveles de sustitución parcial de harina de trigo por harina de quinua y amaranto.
- Evaluar las características fisicoquímicas, sensoriales y microbiológicas del producto de panadería.
- Determinar el costo de producción del pan elaborado con harina de quinua y amaranto.

1.4.3. Preguntas de Investigación

- ¿Cuál es la mejor formulación de los cuatro niveles de sustitución parcial de harina de quinua y amaranto?
- ¿Cómo afecta la sustitución parcial de harina de quinua y amaranto a las características de calidad del pan?
- ¿Cuál es el costo de producción de pan con harina de quinua y amaranto?

II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Arroyave y Esguerra (2006) en su estudio de elaboración de pan mediante la sustitución parcial de harina de quinua, aplicaron cuatro porcentajes de sustitución parcial de harina de quinua correspondientes al 15% 20% 25% y 30%, donde concluyeron que la determinación del porcentaje más adecuado de sustitución en base a los análisis realizados (físicoquímico, microbiológico y sensorial) en los tratamientos de pan fue el 15% , debido a que presentó condiciones óptimas para la realización de pan tipo molde, el porcentaje de proteína no se incrementó pero en comparación a un pan elaborado con harina de trigo fue mayor. En la valoración del parámetro proteína se obtuvieron valores porcentuales de 10,54%, 11,95%, 12,79% y 13,48 %.

Chiran (2015), en su estudio del comportamiento de la harina de papanabo (*Brassica rapa var. Purple Top White Globe*) como sustituto parcial de la harina de trigo y su influencia en la elaboración de pan común, realizó la evaluación de calidad del pan mediante criterios como: análisis microbiológico, análisis sensorial y análisis físicoquímico. En el análisis sensorial se aplicó una prueba de aceptación a través de una escala hedónica donde se calificaron atributos como color, olor, sabor y textura; para el análisis físicoquímico se cuantificaron parámetros como humedad, ceniza, proteína, fibra, grasa, carbohidratos y energía aplicando los métodos AOAC925.10, AOAC 923.03, AOAC 920.87, AOAC 991.36, AOAC 962.09 respectivamente para cada parámetro, los carbohidratos y energía se determinaron mediante cálculos. Para el análisis microbiológico se determinó la existencia de unidades formadoras de colonias de los microorganismos: E-coli, coliformes, mohos y levaduras. La metodología de los parámetros de calidad mencionados anteriormente se los aplicará en la investigación.

Pilataxi (2013), en su estudio denominado “Elaboración y evaluación nutritiva y nutracéutica de pan con harina de amaranto” evidenció que es viable la elaboración del producto planteado en el estudio con características sensoriales que no muestran diferencia, utilizando porcentajes de sustitución parcial correspondientes a 10%, 15% y 20% donde el pan con mayor aceptabilidad fue el que contenía 20% de sustitución de harina de amaranto estallado, al ser evaluado mediante una prueba de aceptación. El tratamiento con mayor aceptabilidad fue estudiado mediante análisis bromatológicos y microbiológicos simultáneamente con el pan testigo, arrojando los siguientes resultados: ceniza (2,00% y 1.33%), extracto etéreo (12,21% y 8.62%), fibra (1,37% y 0,16%), proteína (10,61% y 8,52%),

calcio (56,06% y 29,74%) y carbohidratos (60,10% y 63,28%), estos datos evidencian que al añadir harina de amaranto estallado en la elaboración de la masa de pan es posible aumentar su valor nutritivo y nutracéutico.

El-Sohaimy, Shehata, Mehany, y Zeitoun (2019), en su investigación denominada “Evaluación nutricional, fisicoquímica y sensorial de pan plano suplementado con harina de quinua” concluyeron que al suplementar el pan con diferentes niveles de quinua (5%, 10%, 15%, 20%, 25% y 30%) aumentaron sus niveles de proteínas, aminoácidos esenciales ácidos, fibra cruda y minerales que eran nutricionalmente superiores al pan de trigo el cual fue tomado como pan control. También se determinó que el pan tenía un mayor contenido de aminoácidos especialmente lisina que es muy baja en trigo y es muy importante para el tratamiento de la desnutrición. La sustitución de la harina de trigo con la harina de quinua tuvo un ligero efecto sobre las propiedades reológicas, pero no causó deformación de la masa. Entonces, este efecto puede ser mínimo en comparación al aumento del valor nutricional del pan. Las características sensoriales del pan fueron excelentes incluso a un nivel de sustitución del 30%. El estudio demuestra que es posible el desarrollo de nuevos productos para hornear altamente nutritivos que podrían contribuir en la resolución de la anemia y problemas de desnutrición en los países en desarrollo.

Correa (2017), en su investigación “Sustitución parcial de harina de trigo por harina de quinua para la elaboración de pan de molde” determinó que mediante el análisis sensorial el tratamiento que obtuvo mayor aceptación fue el pan elaborado con 20% de sustitución parcial de harina de quinua. De la misma manera (Pilataxi, 2013), en su estudio “Elaboración y evaluación nutritiva y nutracéutica de pan con harina de amaranto (*amaranthus caudatus*)” al realizar el análisis sensorial, el pan que tuvo mayor aceptabilidad fue el que se sustituyó con harina de amaranto al 20%.

En el estudio de (Liangkui, et al., 2018) efectos de la quinua (*Chenopodium quinoa willd*) consumo en marcadores de riesgo ECV (enfermedad cardiovascular), los autores afirman que al elaborar un pan con 20% de sustitución parcial de harina de quinua, en la evaluación fisicoquímico obtuvieron valores de 3,02 g de humedad, 14,04 g de proteína, 2,73 g de grasa, 2,87 g de cenizas y 4,99 g de fibra los cuales se obtuvieron de una muestra de 100 g; este fue el mejor tratamiento ya que al consumirlo durante cuatro semanas se logró observar una reducción del colesterol.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Quinua

Generalidades

La Quinua, también denominada “Quinoa”, de nombre botánico “*Chenopodium quinoa Willd*”, es considerada como un pseudocereal porque, si bien se la utiliza como cereal por su alto contenido en almidón, no pertenece a la familia de las gramíneas, como los cereales tradicionales.

Originaria de los Andes, la quinua es un recurso alimentario natural de alto valor nutritivo cuya importancia es cada vez más reconocida en la seguridad alimentaria, para las generaciones presentes y futuras. Los pueblos indígenas andinos han mantenido, controlado, protegido y preservado este cultivo alimentario utilizando sus conocimientos y prácticas tradicionales. La quinua, llamado ‘el grano madre’, constituye un cultivo potencial para aportar con la seguridad y soberanía alimentaria debido a su alto contenido nutricional, la variabilidad genética, adaptabilidad de clima y suelo, la diversidad de métodos de uso y su bajo costo de producción. (Collar,2016)

Descripción

Es una planta conocida también como arrocillo, trigo inca, Kiuna, y arroz del Perú. Es netamente americana (Andes de Ecuador, Colombia, Perú, Chile y Bolivia) y se cultiva desde hace unos 3000 a 5000 años. Los pueblos indígenas andinos han mantenido, controlado, protegido y preservado este cultivo alimentario utilizando sus conocimientos y prácticas tradicionales.

La quinua crece de 1 a 2 metros de alto y produce una semilla pequeña, plana de forma circular. Se ha considerado uno de los alimentos más perfectos del mundo. En comparación con otros granos de cereales, posee un mayor contenido de proteínas (14-18%) y tiene un equilibrio de aminoácidos nutricionalmente atractivo. La semilla es alta en lisina, metionina y cisteína, por lo que es complementaria con otros granos y legumbres, que carecen de estos nutrientes. También tiene niveles más altos de energía, calcio, fósforo, hierro, fibra y vitaminas del complejo B que la cebada, avena, arroz, maíz y trigo. (Collar, 2016)

2.2.2.1 Taxonomía y morfología

De acuerdo con datos del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) la taxonomía de la quinua es la que se describe en la tabla 1.

Tabla 1. *Taxonomía de la quinua.*

DESCRIPCIÓN TAXONÓMICA	
Reino	Vegetal
Clase	Angiospermae
Subclase	Dicotyledoneae
Orden	Centrospermae
Familia	Chenopodiaceae
Género	Chenopodium
Especie	Quinoa Willdenow
Nombre Científico	Chenopodium quinoa Willdenou
Nombre Común	Quinoa, canihua.

Fuente: (INIAP,2013)

2.2.2.2 Producción a nivel nacional

En el Ecuador la quinua se produce tradicionalmente en la región Sierra, tanto por las condiciones agroecológicas, como por la importancia de este grano en los sistemas de producción andina. Por la ubicación geográfica del Ecuador y sus características climáticas, la quinua no es afectada por plagas o enfermedades importantes. (Arias, 2017)

(Landy & Lazo, 2018) mencionan que las zonas agrícolas donde existe importante producción de quinua corresponden a las siguientes provincias de la sierra. En la parte norte del Ecuador tenemos al Carchi; a continuación, en Imbabura, más adelante Pichincha, pasando por Cotopaxi, en la zona central interandina al Chimborazo; y finalmente en la zona más sureña del país a la provincia de Loja.

En su mayoría, la quinua que se produce en el Ecuador pertenece a la variedad INIAP Tunkahuán, que tiene un sabor “dulce” (bajo contenido de saponina) y se produce principalmente a través de cultivos convencionales, con un mínimo uso de bioinsumos. Esta variedad es la más apetecida por las industrias, ya que facilita el posterior procesamiento, debido a su homogeneidad o uniformidad del grano. Para diciembre del 2015, el 38% de la producción de quinua del país se encuentra en la provincia del Carchi, el 21% en la provincia de Chimborazo, el 20% en la provincia de Cotopaxi y en menor proporción en las provincias de Pichincha con un 8% e Imbabura con un 8%. El 5% restante se distribuye en el resto de las provincias. (Arias, 2017)

Rosero y Noboa (2018) señalan que la producción de quinua se mantiene en el Carchi, siendo uno de los sectores con mayor producción a nivel nacional, caracterizándose por cultivar quinua de un color aspecto y tamaño más pequeño, pero de una buena calidad nutricional, además es considerada la mejor quinua que se da en el país, por su condición climática y tipo de suelo.

Según datos del SINAGAP, el rendimiento productivo promedio nacional entre el 2009 y 2015 es de 0,8 TM/Ha. La provincia que presenta un mayor rendimiento es el Carchi, con un promedio de 2,00 TM por hectárea. (Arias, 2017)

2.2.2.3 Valor nutricional

La quinua es un ejemplo de un alimento funcional que tiene por objeto reducir el riesgo de varias enfermedades. Las propiedades funcionales se dan también por los minerales, vitaminas, ácidos grasos y antioxidantes que pueden hacer una contribución importante a la nutrición y salud humana, particularmente para proteger las membranas celulares, con buenos resultados probados en funciones neuronales cerebro. Sus minerales funcionan como cofactores en las enzimas antioxidantes. (Collar 2016)

El contenido de minerales, carbohidratos, proteína, fibra, grasa y energía total de la harina de trigo se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. *Análisis proximal y de minerales de la quinua.*

CONTENIDO	UNIDAD	GRANO
Proteína	%	16,14
Minerales totales	%	3,27
Grasa	%	9,43
Fibra bruta	%	5,56
Carbohidratos	%	65,59
Calcio	%	0,06
Fósforo	%	0,73
Magnesio	%	0,27
Sodio	%	0,02
Potasio	%	0,68
Hierro	ppm	53
Manganeso	ppm	32
Zinc	ppm	70
Cobre	ppm	80
Energía total	(kcal/100g)	480,84

Fuente: (Peralta, Murillo, Mazón, Villacrés, y Rivera, 2013)

2.2.2.4 Formas de uso

Existen varios productos derivados de la quinua como las harinas, fideos, hojuelas, granolas, barras energéticas, etc.; a pesar de ello en los últimos años se han ido incrementando las investigaciones para el desarrollo de productos combinados de manera de hacer atractivo el consumo de quinua. No obstante, se resalta que los productos que para su elaboración necesitan de un nivel mayor de avance tecnológico, no han sido usados de manera masiva, como en el caso del aceite de quinua, del almidón, la saponina, concentrados proteicos, leche de quinua, extracción de colorantes de las hojas y semillas, etc. La explotación de esta materia prima conllevaría a consolidarse como un potencial económico por aprovechar sus características. (Landy Campos y Lazo Vaca, 2018)

La quinua es un producto típicamente agroindustrial, el paso obligado de eliminar la saponina previo el consumo, es un proceso agroindustrial que le da al producto valor agregado. De la quinua se puede obtener una serie de subproductos de uso alimentario como carne vegetal de quinua, mortadela de quinua, leche gelificada de quinua, galletas entre otros, por otro lado, la quinua es un producto versátil para la elaboración de harina siendo este un subproducto panificable. (Gómez y Aguilar, 2016)

2.2.2.5 Harina de quinua

Esta harina se obtiene a través de la moledura de su grano, este debe estar sano y exento de impurezas, desaponificado, lavado y secado. El valor nutritivo de la harina de quinua se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Valor nutritivo de la harina de quinua en gramos por 100 g.

COMPONENTES NUTRITIVOS	CANTIDAD	UNIDAD
Energía	341	Kcal
Agua	13,7	g
Proteína	15,40	g
Grasa	2,60	g
Carbohidrato	72,1	g
Fibra	3,1	g
Ceniza	2,5	g
Calcio	181	mg
Fósforo	61	mg
Hierro	3,7	mg
Tiamina	0,19	mg
Riboflavina	0,24	mg
Niacina	0,68	mg

Fuente: (Hernandez, 2015)

2.2.2 Amaranto

El Amaranto ha constituido un alimento importante en el continente americano, y actualmente ha logrado captar un creciente interés debido a su potencial como alimento de alta calidad nutritiva.

Es una planta de origen andino, que en Ecuador tradicionalmente, se la conoce con el nombre de ataco, es de color rojo a morado. La palabra “amaranto” se empieza a conocer en la agricultura del país, a partir de 1982; cuando en el INIAP inició la formación del banco de germoplasma de los cultivos andinos e introdujo de la zona andina y otros países del mundo diferentes especies de este cultivo. El género *Amaranthus* contiene más de 70 especies, de las cuales la mayoría son nativas de América; solamente 15 especies provienen de Europa, Asia, África y Australia. *Amaranthus cruentus*, *Amaranthus caudatus* y *Amaranthus hypochondriacus* son las tres especies domesticadas para utilizar su grano. (Cumbal, 2016)

2.2.2.1 Producción en Ecuador

El amaranto tiene una muy buena posición en el Ecuador debido a que, a diferencia de la harina de trigo, la harina de amaranto en su composición carece de gluten, lo que la ubica en una opción para los celíacos. Conjuntamente, hablando de su composición, el número de proteínas, calcio y

fibra se magnifica notablemente. Con la tendencia de consumir alimentos más nutritivos, este cultivo significaría una situación trascendental para el país. (Pilataxi, 2013)

La producción de amaranto ha sido promovida alrededor del mundo, principalmente debido a características importantes, como su rápido crecimiento. Se cultiva durante los meses de verano, cuando no hay otras verduras de hoja disponibles en el mercado. Esto hace posible que se lo utilice en sistemas de rotación de cultivos de granos. También crece en suelos variados y en diferentes condiciones agroclimáticas. Se han obtenido buenos resultados a nivel del mar y en zonas tropicales. Aunque la planta es susceptible al frío y a la humedad excesiva, es resistente al déficit hídrico y calor. (JAG, Carlos, & RAM, 2016)

Sarmiento (2015) menciona que en Ecuador existen alrededor de 80 mil hectáreas aptas para el cultivo de amaranto. Este total de hectáreas se encuentran ubicadas tanto en la Sierra como en la Costa, pero existe un control de dicho cultivo en el cuál reportan que existen 15 ha cultivadas por este pseudocereal.

2.2.2.2 Taxonomía y morfología

La descripción taxonómica del amaranto se expresa en la tabla 4.

Tabla 4. *Taxonomía del amaranto.*

DESCRIPCIÓN TAXONÓMICA	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Caryophyllidae
Orden	Caryophyllales
Familia	Amaranthaceae
Género	Amaranthus
Especies	Amaranthus caudatus Amaranthus cruentus Amaranthus hypochondriacus

Fuente: (Pilataxi, 2013)

2.2.2.3 Valor nutricional

El amaranto tiene la ventaja en comparación a la quinua de no contener saponinas, por lo que no requiere del proceso de desaponificación y no representa un riesgo para el consumo ni para el ambiente (Cumbal, 2016).

El amaranto puede ser considerado como uno de los alimentos más prometedores del milenio, y se alienta la explotación comercial del grano debido a su alto valor nutricional El

contenido de lípidos en las semillas es de aproximadamente 6 a 8% en cuanto al contenido de almidón y fibra varía entre 50–60% y 8%, respectivamente. Además, la semilla posee un alto contenido de fibra soluble en comparación a otros cereales. El contenido de proteína del grano de amaranto es alto varía entre (13-18%) y su composición de aminoácidos óptimo para el consumo humano ya que contiene lisina y metionina los cuales son limitantes en algunos cereales y legumbres. (Collar, 2016)

Los contenidos minerales y vitamínicos del amaranto también son considerables. Tiene un contenido alto de calcio, fósforo y hierro en relación con los cereales. Este pseudocereal también posee compuestos antioxidantes, como los tocotrienoles, tocoferoles, flavonoides (JAG, Carlos, y RAM, 2016).

Las cantidades correspondientes al análisis proximal y de minerales del amarando se muestran en la tabla 5.

Tabla 5. *Análisis proximal y de minerales del amaranto.*

CONTENIDO	UNIDAD	GRANO
Proteína	%	15,5
Minerales totales	%	3,06
Grasa	%	8,78
Fibra bruta	%	4,7
Carbohidratos	%	68,41
Calcio	%	0,09
Fósforo	%	0,74
Magnesio	%	0,29
Sodio	%	0,02
Potasio	%	0,54
Hierro	Ppm	71
Manganeso	Ppm	24
Zinc	Ppm	30
Cobre	Ppm	7
Energía total	(kcal/100g)	478,73

Fuente: (Peralta, Murillo, Mazón, Villacrés, y Rivera, 2013)

2.2.2.4 Formas de uso del amaranto

El amaranto tiene múltiples usos tanto en la alimentación humana y animal como en la industria, medicina y en la ornamentación. Para la alimentación humana se usa el grano entero o molido en forma de harinas, ya sea tostada, reventada o hervida (Cumbal, 2016).

La molienda del grano es muy factible y su harina puede sustituir parcialmente otras harinas para generar varios productos, como galletas, tortas y pan. Para la producción de pan, sin

embargo, el ajuste es necesario porque el grano no tiene gliadina para formar un gluten. A escala industrial, se pueden producir productos de calidad con harina de amaranto, generando productos expandidos, como aperitivos. Además de eso, copos, barras de cereal o fermentados se pueden producir productos, como una bebida alcohólica. El extracto se puede usar para producir una bebida de amaranto sin alcohol. Las hojas generalmente se usan como verduras hervidas o en ensaladas. (JAG, Carlos, y RAM, 2016)

2.2.2.5 Harina de amaranto

El principal componente de la harina son los carbohidratos, de los que aproximadamente el 88 % corresponden al almidón, Por el contenido de fibra presente es una harina integral ya que posee niveles iguales y superiores al de las harinas integrales. El mayor contenido de grasa en comparación a las harinas obtenidas de los cereales tradicionales incrementa el valor energético del producto. (Pérez & Luzuriaga, 2010)

Los componentes nutricionales de la harina de amaranto se indican en la tabla 6.

Tabla 6. Caracterización de harina de amaranto

Determinación	Harina de semilla de amaranto
Humedad %	10,00
Grasa %	4,10
Ceniza %	3,17
Proteína %	12,49
Fibra %	5,18
Carbohidratos totales %	65,06
Azúcares reductores %	1,03
Azúcares totales %	61,69
Almidón %	57,63

Fuente: (Pérez y Luzuriaga, 2010)

2.2.3 Trigo

Según Kurt Rosentrater “El trigo tiene sus orígenes en la antigua Mesopotamia. Las evidencias arqueológicas más antiguas de su cultivo vienen de Siria, Jordania, Turquía e Iraq.” (Rosentrater & Evers, 2018). El trigo (*Triticum spp*) es el cereal más importante en la elaboración de pan, pertenece a la familia de las gramíneas, su nombre proviene del vocablo latino “Triticum” que significa quebrado, esto hace una clara referencia del proceso que debe sufrir el grano de trigo para ser separado la cascarilla que lo recubre.

El trigo es uno de los cereales más producidos globalmente junto al maíz y el arroz, y el más consumido por el hombre en la civilización occidental. Este grano es utilizado especialmente para elaborar harina integral, sémola, cerveza y una gran variedad de productos alimenticios. El trigo en el Ecuador es de gran importancia dentro de la alimentación familiar, sin embargo, la producción del país no abastece la demanda interna, actualmente se encuentra produciendo 1246.83 toneladas. El consumo es abastecido en un 98% por el trigo importado desde Canadá, Estados Unidos y México lo que representa un gasto aproximado de 145 millones. (Sarmiento, 2015)

La clasificación taxonómica del trigo se muestra en la tabla 7.

Tabla 7. *Clasificación taxonómica del trigo*

DESCRIPCIÓN TAXONÓMICA	
Nombre científico	<i>Triticum vulgare</i>
Reino	Vegetal
Clase	Angiosperme
Subclase	Dicotyledone
Familia	Gramínea
Genero	Triticum
Especie	Vulgare

Fuente: (Constante y Solís, 2011)

2.2.3.1 Valor Nutricional

El trigo suministra un poco más de proteína que el arroz y el maíz, aproximadamente 11 g por cada 100 g. El aminoácido limitante es la lisina. En muchos países industrializados la harina de trigo se fortifica con vitaminas B y algunas veces con hierro y otros nutrientes. La tabla 8 muestra los componentes nutritivos del trigo.

Tabla 8. *Componentes del trigo*

Componentes nutritivos	Cantidad
Calorías (kcal)	294
Proteínas (%)	11,73
Grasa (%)	2
Glúcidos (%)	60,97
Fibra (%)	10,30
Vitamina E	1,40
Folatos mg	49

Fuente: (Rosentrater y Evers, 2018)

2.2.3.2 Clasificación de la harina de trigo

Según el Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN (2006), la harina de trigo de acuerdo a su uso se clasifica en:

Harina panificable: Es la harina elaborada hasta un grado de extracción determinado, que puede ser tratada con blanqueadores y/o mejoradores, productos málticos, enzimas diastásicas y fortificada con vitaminas y minerales.

Harina integral: Es la harina obtenida de la molienda de granos limpios de trigo y que contiene todas las partes de éste, que puede ser tratada con mejoradores, productos málticos, enzimas diastásicas y fortificada con vitaminas y minerales.

Harinas especiales: Son harinas con un grado de extracción bajo, como lo permita el proceso de industrialización, cuyo destino es la fabricación de productos de pastificio, galletería y derivados de harinas autoleudantes, que pueden ser tratadas con mejoradores, productos málticos, enzimas diastásicas y fortificada con vitaminas y minerales, las cuales se clasifican en:

Harina para pastificio: Elaborado a partir de trigos aptos para estos productos, que puede ser tratada con blanqueadores, mejoradores, productos málticos, enzimas diastásicas y fortificada con vitaminas y minerales.

Harina para galletas: Elaborado a partir de trigos blandos y suaves o con otros trigos aptos para su elaboración, que puede ser tratada con blanqueadores, mejoradores, productos málticos, enzimas diastásicas y fortificada con vitaminas y minerales.

Harina autoleudante: Contiene agentes leudantes y que puede ser tratada con blanqueadores, mejoradores y fortificada con vitaminas y minerales.

Harina para todo uso: Es una harina de trigo apta para fabricar pan fideos, galletas, etc. Puede ser blanqueada y/o mejorada y fortificada.

2.2.4 Pan

El pan es un alimento apetecible, saludable y muy nutritivo, de gran importancia en nuestra alimentación y cultura gastronómica. Es un alimento popular básico en todo el mundo por formar parte de la dieta diaria.

La historia de los productos de panadería es muy antigua, aunque no se conoce con exactitud cuándo fue la primera vez que los humanos aprendieron a cocer los granos de cereal con el objeto de hacerlos más sabrosos y aumentar su digestibilidad. Existe la probabilidad de que fuera el pan ácimo simple el primer producto de panadería desarrollado en el antiguo Oriente Medio ya que, es el lugar aceptado en donde primero se desarrolló la agricultura (producción de grano por la mano del hombre). Iniciado este

descubrimiento, la cocción de los cereales se convertiría en una práctica artesanal desarrollada en la mayoría de las casas. Sin duda, no toda la primera producción de panes estaba basada en el trigo, la cebada también era un ingrediente común en los panes campesinos incluso en la Europa de la Edad Media. (Cauvain & Young, Productos de panadería, 2006)

Según lo establece el Instituto Ecuatoriano de Normalización en la norma (NTE INEN 2945, 2016), se define al pan como “El producto alimenticio que resulta de la cocción de la masa fermentada proveniente de la mezcla de harina de trigo y ciertos ingredientes básicos”.

2.2.4.1 Tipos de pan

Dependiendo del tipo de pan la (NTE INEN 2945, 2016) menciona que:

Pan común: Producto a base de harina de trigo, agua, levadura, sal, adicionado o no de grasas o aceites comestibles, azúcar u otros aditivos alimentarios.

Pan especial: Producto a base de harina de trigo u otro tipo de harinas solas o mezcladas, agua, levadura, con o sin sal, adicionado o no de grasas o aceites comestibles, con o sin azúcar, aditivos y otros ingredientes alimentarios como, por ejemplo, huevos y sus derivados, leche y sus derivados, frutas, etc.

Pan integral: Producto a base de harinas integrales de cereales, agua, levadura, sal, adicionado o no de grasas o aceites comestibles, azúcar u otros aditivos alimentarios.

Pan integral especial: Producto a base de harinas integrales de cereales, agua, levadura, con o sin sal, adicionado o no de grasas o aceites comestibles, con o sin azúcar, aditivos y otros ingredientes alimentarios, como, por ejemplo, frutas, granos, oleaginosas.

Según (Mesas & Alegre, 2002) otros tipos de panes se clasifican en:

Pan de molde: Según (Mesas & Alegre, 2002) este pan tiene una corteza suave y en su proceso de elaboración se emplean moldes.

Pan de cereales: Está hecho con harina de trigo y la combinación de otra harina en un porcentaje menos al 51%. Recibe el nombre de este último cereal, como: pan de centeno, pan de maíz, pan de avena.

Pan de huevo: Son panes especiales a los que se les agrega en su proceso de elaboración materias primas como leche, miel, pasas entre otras y se los nombra en base a la materia prima que se haya utilizado en su proceso.

2.2.5 Gluten

Rosentrater & Evers (2018) señalan que el gluten es un complejo de proteínas insolubles en agua, que le confiere a la harina de trigo la cualidad de ser panificable. Está formado por la glutenina que es la proteína encargada de la fuerza o tenacidad de la masa y la gliadina, proteína responsable de la elasticidad de la masa.

Las prolaminas y las gluteninas, en relación con los lípidos, aportan una característica muy particular en la formación del gluten. Son responsables de la cohesión y la visco-elasticidad de la masa, propiedad que permite la retención de gas durante el amasado y en la cocción cuya consecuencia es un producto panificado poroso, esponjoso y con una corteza elástica. La formación del gluten se basa en la interacción específica entre las prolaminas y gluteninas con intervención de los enlaces físicos y químicos. (Claude W, 2011)

2.2.6 Componentes para la elaboración de pan

Harina

Para la fabricación de pan suele utilizarse la harina de trigo (aunque también se utiliza otras como la de centeno), considerando que aparte de todo el aporte nutricional que pueda dar al pan como alimento, va a hacer de medio de cultivo para los microorganismos, que van a fermentar tomando como nutrientes los azúcares de este ingrediente. (Cevallos, 2009)

Levadura

La levadura de panadería, *Saccharomyces cerevisiae*, es utilizada para la producción de dióxido de carbono, esta actúa sobre los azúcares simples creando dióxido de carbono y alcohol. El alcohol se elimina en el horneado y el dióxido de carbono es muy importante en la expansión de la masa y aporta en los cambios de textura y calidad. (Cauvain y Young, 2008)

Sal

Es utilizada para diferentes propósitos en la elaboración del pan, uno de ellos es que aporta al sabor del producto, también es importante por su naturaleza iónica, que contribuye al control en el producto de la actividad de agua, y por lo tanto a su caducidad y tiempo de vida libre de mohos. (Cauvain y Young, 2008)

Agua

El agua desempeña un papel importante en el proceso de horneado, ya que influye en la calidad final del producto y su tiempo de vida útil. Tiene un rol primordial asociado a la solubilidad y dispersión de los ingredientes durante los procesos de mezclado y la formación de complejos de gluten. Los niveles de agua óptimos se asocian con la capacidad de manejo de la masa durante el procesado y las cantidades recomendadas deben ser altas como sea posible,

mientras permanezcan compatibles con las necesidades del procesado. (Cauvain y Young, 2008)

2.2.7 Fermentación

El proceso de fermentación del pan depende de la acción de levaduras del género *Sacharomyces cerevisiae*, las cuales consumen los azúcares (carbohidratos presentes en la harina) disponibles en la masa, que son metabolizados y dan lugar a ácidos (responsables del aroma y sabor del pan), etanol (que se evapora durante la cocción en el horno) y gas carbónico (responsable del crecimiento y volumen de la masa). (Hutkins, 2019)

Engloba a las acciones microbianas (levaduras y bacterias) y a las modificaciones fisicoquímicas de la masa. En el curso de la fermentación, la masa toma fuerza lo que corresponde a un aumento de la elasticidad, la disminución de la extensibilidad y del relajamiento. Este fenómeno se explica en gran parte por la oxidación de las proteínas que favorece la formación de enlaces disulfuros entre moléculas constitutivas del gluten: la fermentación provoca un movimiento permanente de la masa, creando las condiciones favorables para el enlace de las moléculas reactivas. Esta toma de fuerza es indispensable para asegurar una estabilidad suficiente de la masa hasta el momento de la cocción. La levadura de panadería incorporada desde la etapa de amasado produce en medio no oxigenado gas carbónico, etanol y algunos componentes aromáticos secundarios, a partir de azúcares tales como la glucosa. (Chiran, 2015)

2.2.8 Bioquímica de la fermentación

En la elaboración del pan la reacción principal es la fermentación alcohólica, en que se somete la glucosa a una oxidación anaeróbica parcial. Bajo esta condición, la levadura genera alcohol etílico (etanol) y gas carbónico, en el cual las moléculas de CO₂ quedan atrapadas por una red de gluten, que al mismo tiempo produce unos alvéolos en la masa. El pan industrial utiliza levaduras del tipo *Sacharomyces cerevisiae*, que carecen de LABs (bacterias ácido-lácticas), y como consecuencia no se dan las reacciones de fermentación acética ni láctica. Durante la fermentación ocurren cambios bioquímicos en el carbohidrato y en los componentes proteicos de la harina debido a la acción de organismos microbianos y enzimas. (Hutkins, 2019)

Por la acción enzimática de la levadura, la glucosa, u otro azúcar fermentable, es transformada en anhídrido carbónico y alcohol, pasando por varios productos intermedios. El alcohol, siendo líquido a temperatura de la masa, pasa a formar parte de la fase líquida de esta. El anhídrido carbónico, que es gaseoso, es disuelto parcialmente, dando ácido

carbónico, quedando otro parte retenido en la fase gaseosa de la masa y escapando del resto. (Cauvain y Young, 2008)

III. METODOLOGÍA

3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO

3.1.1. Enfoque

Esta investigación corresponde a un enfoque cuantitativo, a través del cual se buscó obtener datos experimentales mediante la medición sistemática de los factores de estudio, lo que permitió realizar un análisis estadístico de manera que los resultados representen un aporte a la ciencia para posteriores investigaciones.

3.1.2. Tipo de Investigación

El tipo de investigación empleado para el desarrollo del trabajo fue experimental, debido a que se evaluaron porcentajes de sustitución parcial de harina que nos permitieron manipular la variable independiente para observar los efectos en la respectiva variable dependiente con el propósito de identificar la relación causa efecto, aplicada al desarrollo de teorías con las cuales se buscó la obtención de resultados inmediatos, de igual forma se presentó un estudio descriptivo y explicativo con el cual se buscó especificar las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales que presentó el pan de molde, de manera que se determine la relación que existe entre las variables de estudio.

3.2. HIPÓTESIS O IDEA A DEFENDER

Hipótesis nula

Ho: No es viable técnicamente la obtención de un producto de panadería con características de calidad a partir de la sustitución parcial de harina de quinua y amaranto.

Hipótesis alternativa

H1: Es viable técnicamente la obtención de un producto de panadería con características de calidad a partir de la sustitución parcial de harina de quinua y amaranto.

3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variable Dependiente: Características de calidad del producto de panadería.

Variable Independiente: Porcentajes de sustitución de harina de quinua y amaranto.

En la tabla 9 se representa la definición y operacionalización de las variables empleadas en esta investigación, detallando también los indicadores, técnicas e instrumentos.

Tabla 9. *Operacionalización de variables*

Variable	Dimensión	Indicadores	Técnicas	Instrumento
Independiente	Porcentajes de sustitución de harina de quinua y amaranto	Sustitución de harina de quinua y amaranto al 15%, 20% ,25 % y 30% por harina de trigo.	Experimentación Observación	Hojas de registro de datos
Dependiente	Análisis fisicoquímico	Humedad Cenizas Proteína Grasa Fibra Carbohidratos Energía	AOAC 925.10 AOAC 923.03 AOAC 920.87 AOAC 991.36 AOAC 962.09 Cálculo NTE INEN 1334-2 (2016)	Normas técnicas
Características de calidad del producto de panadería.	Análisis sensorial	Olor Color Sabor Textura	Pruebas de aceptación con escala hedónica	Hoja de cata
	Análisis microbiológico	Recuento de coliformes, mohos y levaduras	Técnica Petrifilm Registro de datos	Norma técnica

3.4. MÉTODOS UTILIZADOS

3.4.1 Proceso de elaboración de pan

Formulación

En la elaboración del pan se establecieron cuatro formulaciones con diferentes porcentajes de sustitución de harina, tomando como referencia las proporciones establecidas por Arroyave y Esguerra (2006) donde utilizaron 30%, 25%, 20%, 15% de sustitución parcial de harina de trigo por harina de quinua. La quinua y el amaranto tienen valores nutricionales similares (ver tabla 2 y tabla 5), por tal motivo se ha utilizado la mitad de cada componente en la formulación del pan. Los tratamientos establecidos para la elaboración del pan se muestran en la tabla 10.

Tabla 10. *Formulación de los 5 tratamientos con diferente porcentaje de sustitución de harina de quinua y amaranto*

Tratamientos	Harina de quinua y amaranto %	Harina de quinua %	Harina de amaranto %	Harina de trigo%
T1	30	15	15	70
T2	25	12,5	12,5	75
T3	20	10	10	80
T4	15	7,5	7,5	85
T5	0	0	0	100

Para elaborar el pan se utilizaron harina de quinua marca cereales andinos y harina de amaranto marca gramolino, las cuales fueron adquiridas en el mercado local.

Sustitución parcial en la formulación

Para realizar la formulación del pan se utilizó un total de 700 g de harina, en base a esta cantidad se calcularon los diferentes porcentajes de sustitución parcial de harina de trigo por harina de quinua y amaranto. Los demás ingredientes conservaron las mismas cantidades en todos los tratamientos. La tabla 11 muestra los tratamientos y formulaciones que se utilizaron para la elaboración del pan.

Tabla 11. *Formulación de pan de molde con harina de quinua y amaranto*

INGREDIENTES	TRATAMIENTOS				
	30 % T1	25 % T2	20 % T3	15 % T4	0 % T5
Harina de trigo (g)	490	525	560	595	700
Harina de quinua (g)	105	87,5	70	52,5	0
Harina de amaranto (g)	105	87,5	70	52,5	0
Azúcar (g)	30	30	30	30	30
Sal (g)	15	15	15	15	15
Levadura (g)	15	15	15	15	15
Mantequilla (g)	70	70	70	70	70
Huevo (ml)	65	65	65	65	65
Agua (ml)	400	400	400	400	400

3.4.2 Elaboración del pan

Mezclado: Luego de receptor y verificar la calidad de los ingredientes, se mezcló la harina con huevo y sal, después se agregó la mantequilla y finalmente la levadura activa con agua y azúcar. En esta etapa se dan algunos cambios como la solubilización, hidratación y dispersión de varios ingredientes y sus componentes, el agua juega un papel primordial en la mezcla (Cauvain y Young, 2008).

Amasado: Una vez mezclados todos los ingredientes y con una masa homogénea se procedió a amasar con la finalidad de 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. La intensidad del amasado varía dependiendo de las características deseadas en el producto terminado. Su eficacia para una misma aportación energética depende de propiedades de la masa, variables según los tipos de harina. (Chiran, 2015)

Fermentación: Se efectuaron dos fermentaciones en la primera, se dejó la masa en reposo durante 45 min a una temperatura aproximada de 20-28°C, en estas condiciones los almidones de la harina se transformaron en azúcares y estos en alcohol y gas carbónico el cual hizo que el volumen del pan aumentara. Se dejaron los panes moldeados en reposo durante 30 minutos a una temperatura aproximada de 30-35°C con la finalidad de obtener un máximo desprendimiento de CO₂ y así incrementar su volumen.

Amasado y moldeado: Se amasó nuevamente la masa panaria fermentada y se procedió a dar la forma correspondiente para colocarla en el molde. De acuerdo con (Chiran, 2015) la necesidad de moldear las masas se impone por:

- La elaboración de productos equivalentes a unidades de consumo.
- La medida de las masas por razones reglamentarias.
- El desarrollo de una forma estética y atractiva.
- Condiciones más rápidas y regulares de cocción.
- La orientación de las estructuras alveolares.

Horneado: Finalmente los panes se colocaron en el horno a una temperatura de 180 °C durante 30 minutos. Al someter al pan a estas temperaturas de por lo general 180 °C se eliminan todas las levaduras y a 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 8-14 % de la masa. (Chiran, 2015)

Enfriamiento y almacenamiento: Se dejaron enfriar los panes a temperatura ambiente, para proceder a su empacado correspondiente. En este proceso la capa de la corteza suele contener poca humedad (15 % de humedad relativa) y muy alta temperatura. En el enfriamiento, la humedad interior de la miga (40 % humedad relativa) sale al exterior a través de la corteza, cuya velocidad de pérdida de humedad dependerá de la forma que tenga el pan. Además, en el caso de pan de molde, se recomienda dejarlo en la bolsa de plástico en la que viene por lo cual así se conserva la humedad evitando que se seque. (Chiran, 2015)

El flujograma de proceso de elaboración del pan de molde se muestra en la figura 1.

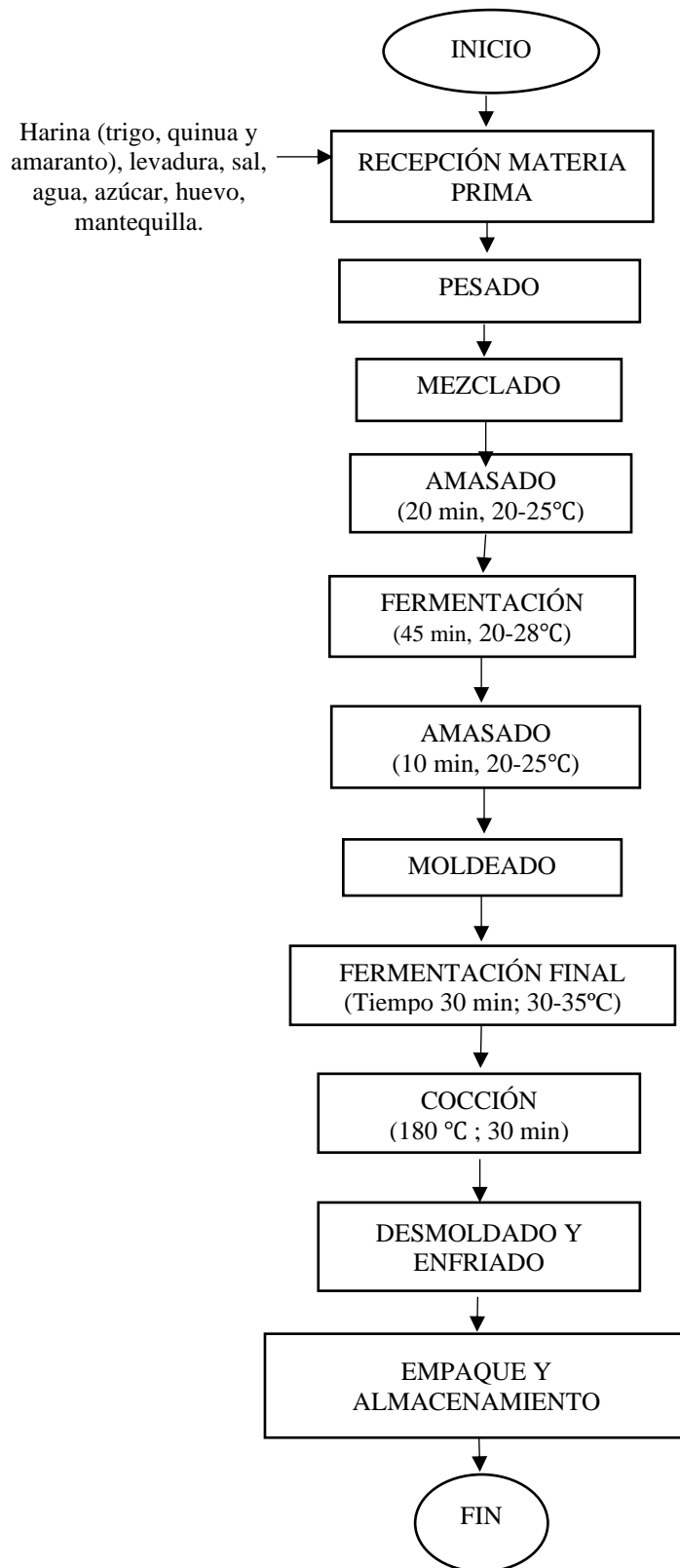


Figura 1. Flujograma de elaboración del pan de molde de quinua y amaranto

3.4.3 Caracterización fisicoquímica

3.4.3.1 Humedad

Para determinar la humedad se empleó el método AOAC 925.10., basado en la pérdida de peso que sufre la muestra por calentamiento hasta obtener un peso constante. Se secó la muestra en la estufa a una temperatura de 103 °C grados hasta que llegó a un peso constante, el proceso tuvo una duración aproximada de tres horas.

Procedimiento

Primero se tararon las cápsulas en la estufa a 103 °C durante una hora y se pesaron, luego se pesó 3 gramos de muestra y se puso en las cápsulas, para después colocarlas en la estufa a 103 °C durante 3 horas. Finalmente se dejó enfriar en el desecador y se pesó, este análisis se lo realizó por triplicado para cada tratamiento.

Cálculos

$$\%Humedad = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m} \times 100$$

Donde:

m = Masa de la cápsula vacía en gramos.

m_1 = Masa de la cápsula con la muestra en gramos.

m_2 = Masa de la cápsula con la muestra seca en gramos.

3.4.3.2 Cenizas

Para la determinación de cenizas se utilizó el método AOAC 925.10. que consiste en la incineración seca de la muestra, la cual quema la sustancia orgánica colocada en la mufla a una temperatura de 500 °C .

Mediante este método la sustancia orgánica se combustiona y se forma CO₂, agua y las sustancias inorgánicas que se esperan obtener (sales, minerales) que se quedan en forma de residuos, la incineración debe realizarse hasta que la muestra se torne color gris.

Procedimiento

Se calentó el crisol vacío en la mufla a 550 ± 15°C, durante 30 min, luego se enfrió en el desecador y se pesó, para luego poner de 3 a 5 gramos de la muestra aproximadamente en el crisol. Se introdujo el crisol en la mufla a 500 °C hasta obtener cenizas de un color gris claro. Se retiró el crisol de la mufla, para finalmente dejar enfriar en el desecador y se pesó tan pronto alcanzó la temperatura ambiente. La determinación se realizó por triplicado para cada tratamiento.

Cálculos

$$\%Ceniza = \frac{m_1 - m}{m_2 - m} \times 100$$

Donde:

m = Masa de la cápsula vacía en gramos.

m_1 = Masa de la cápsula con la muestra después de la incineración en gramos.

m_2 = Masa de la cápsula con la muestra antes de la incineración en gramos.

3.4.3.3 Grasa o extracto etéreo

Para la determinación de grasa se utilizó el extractor Soxhlet siguiendo la metodología establecida por la norma (AOAC 920.39).

Se pesó 1 gramo de la muestra y se la puso en el dedal, luego se añadieron 50 ml de hexano para después montar el sistema Soxhlet de extracción y se inició el proceso de extracción de grasa que duró 3 horas. Culminado el proceso, se eliminó el disolvente por evaporación en la unidad de destilación hasta desaparecer el olor a éter, después se llevaron los dedales con las muestras a secar a la estufa a una temperatura de 103°C durante 1 hora finalmente se enfriaron en un desecador y se registraron los datos, las determinaciones se realizaron por triplicado para cada tratamiento.

Cálculos

$$\%Grasa = \frac{P_1 - P}{m} * 100$$

Donde

P_1 = Masa del dedal más grasa extraída en gramos.

P = Masa del dedal vacío.

m = Masa de la muestra seca tomada para la determinación en gramos.

3.4.3.4 Proteína

Para la determinación de proteína se utilizó el método de Kjeldahl siguiendo la norma AOAC 920.87.

Se pesó aproximadamente 0,5 gramos de la muestra y se la envolvió en papel libre de nitrógeno, se dobló la muestra con el papel y se la transfirió al tubo de digestión. Se colocaron los tubos de digestión en la campana extractora para después poder añadir 20 ml de H₂SO₄ y las correspondientes pastillas digestoras de Kjeldahl una por muestra, se esperó a que la reacción disminuyera y se colocaron los tubos en el equipo de digestión, donde la muestra estuvo alrededor de 2 horas llegando a una temperatura máxima de 445 °C hasta que la digestión

termino y la muestra se tornó clara, luego se retiraron los tubos y se dejaron enfriar aproximadamente durante un periodo de 15 a 20 min. En el equipo de destilación se colocó una solución de NaOH al 40% y un tubo digestor con la muestra ya procesada durante 5 min, en donde se extrajo el nitrógeno de la muestra a través de un Erlenmeyer que contenía 50 ml de H₃BO₃ al 4% y 5 gotas del indicador rojo de metilo-azul de metileno y se procedió a titular con una solución de HCl. La determinación se realizó por triplicado para cada tratamiento.

Cálculos

$$\%Proteína = \frac{1,4 \times f \times V \times N}{m}$$

Donde:

f= Factor para transformar el porcentaje de nitrógeno en proteína, correspondiente a 5,7.

V= Volumen de HCl empleado para titular la muestra en ml.

N= Normalidad del HCl.

3.4.3.5 Fibra

Para determinar fibra se utilizó el método de Weende, AOAC 962.09.

Para realizar el método primero se pesó aproximadamente 2 gramos de muestra seca previamente desengrasada y se colocó en el vaso de precipitación con núcleos de ebullición y 250 ml de ácido sulfúrico al 1.25%. Después se colocó el vaso en el equipo y se ajustó al condensador, para después subir la parrilla y que se calentara hasta llegar a ebullición. Se mantuvo la ebullición por media hora exacta desde que inició, a continuación, se desconectó el vaso del condensador se enfrió y se filtró al vacío. Se pasó el residuo a un vaso de precipitación y se añadieron 250 ml de hidróxido de sodio al 1,25%, después se colocó el vaso en el equipo para nuevamente calentarlo hasta llegar al punto de ebullición, manteniéndose la ebullición por media hora exacta. Se desconectó el vaso del condensador, se enfrió y se filtró en el crisol de Gooch, se lavó con 15 ml de etanol y luego se colocó el crisol de Gooch en la estufa a 105°C durante toda la noche, para luego ser enfriado en el desecador y pesar. Finalmente se colocó el crisol de Gooch en la mufla a 550°C por media hora y se dejó enfriar en el desecador y se pesó.

Cálculos

$$\%Fibra = \frac{P_1 - P}{m} \times 100$$

Donde:

P_1 = Masa del crisol más el residuo desecado en la estufa en gramos.

P = Masa del crisol más las cenizas después de la incineración en mufla en gramos.

m = Masa de muestra seca y desengrasada tomada para la determinación en gramos.

3.4.3.6 Extracto libre no nitrogenado (Carbohidratos)

De acuerdo con Pilataxi (2013), en este análisis se agrupan todos los nutrientes no evaluados con los métodos mencionados anteriormente dentro del análisis fisicoquímico. Está constituido principalmente por carbohidratos digeribles, así como también vitaminas y demás compuestos orgánicos solubles no nitrogenados, debido a que se obtiene como la resultante de restar a 100 los porcentos calculados para cada nutriente, los errores cometidos en su respectiva evaluación repercutirán en el cómputo final.

Cálculo

$$\%Carbohidratos = 100 - \sum (\%H + \%C + \%F + \%G + \%P)$$

Donde

$\%H$ = Porcentaje de humedad

$\%C$ = Porcentaje de cenizas

$\%F$ = Porcentaje de fibra

$\%G$ = Porcentaje de grasa

$\%P$ = Porcentaje de proteína

3.4.3.7 Energía

Según la NTE INEN 1334-2 (2016) la cantidad de energía que ha de declararse debe calcularse utilizando los siguientes factores de conversión:

Carbohidratos 4 kcal/g – 17 kJ

Proteínas 4 kcal/g – 17 kJ

Grasas 9 kcal/g – 37 KJ

Con los valores establecidos anteriormente se multiplicó el porcentaje de proteína por 4, el porcentaje de grasa por 9 y el porcentaje de carbohidrato por 4, con estos datos se realizó una sumatoria y se obtuvo un valor estimado de energía para cada tratamiento de pan.

3.4.4 Análisis Sensorial

El análisis sensorial se realizó en los laboratorios de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi, para ello se realizaron pruebas de nivel de aceptación, para cada tratamiento por separado, es decir, muestras de cinco tratamientos diferentes de pan por catador, un pan control

(100% harina de trigo) y cuatro muestras de panes de formulación 15, 20, 25 y 30 % de harina de quinua y amaranto respectivamente. La evaluación sensorial se realizó con 50 jueces semi-entrenados de diferentes edades comprendidas entre los 20 y 50 años, donde el consumidor expresó su reacción subjetiva frente a las muestras entregadas mediante la utilización de una escala hedónica estructurada de 5 puntos, considerando la calificación de 5 (me gusta mucho), hasta el 1 (me disgusta mucho). Los atributos evaluados fueron: color, textura, sabor y olor.

3.4.5 Análisis microbiológico

El análisis microbiológico se realizó mediante la utilización de placas compact Dry para la determinación de coliformes, E-coli, mohos y levaduras. Este análisis se lo realizó en el laboratorio de microbiología de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi, siguiendo los parámetros establecidos por la norma técnica colombiana NTC 1369 requisitos para pan.

3.4.6 Determinación de costos

Para determinar el costo de producción del pan se tomaron en cuenta los costos fijos y variables que intervienen en el proceso de elaboración del producto. Se determinó el costo del mejor tratamiento.

Costo fijo: Son aquellos en los que incurre la empresa y que en el corto plazo o para ciertos niveles de producción, no dependen del volumen de productos.

Costo variable: Costo que incurre la empresa y guarda dependencia importante con los volúmenes de fabricación.

3.4.7 Análisis Estadístico

La información recolectada experimentalmente en esta investigación fue procesada mediante un análisis estadístico de varianza ANOVA. Para la evaluación sensorial del producto, se evaluaron todos los tratamientos obtenidos mediante las diferentes formulaciones para obtener el producto, tanto fisicoquímico como sensorial. El diseño estadístico que se utilizó en el desarrollo de la investigación está enfocado en un diseño completamente al azar (DCA), en donde la diferencia estadística de los tratamientos se desarrolló con la prueba de rangos de Tukey $p < 0.05$, es decir, con un 95% de confiabilidad y 5% como margen de error. Se utilizó el software Infostat para el procesamiento de los datos obtenidos mediante el análisis fisicoquímico.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1 Análisis fisicoquímico

La tabla 12 muestra los valores obtenidos del análisis de los parámetros de humedad, proteína, ceniza, grasa, fibra, carbohidratos totales y energía de todos los tratamientos denominados T1, T2, T3, T4 los que contenían (30%, 25%, 20%,15%) de sustitución parcial de harina de quinua y amaranto respectivamente y T5 pan control elaborado con 100% harina de trigo.

Se observa que existe una diferencia significativa en el T5, este tratamiento tiene mayor porcentaje de humedad, cabe destacar que el T5 es el testigo. El T1 tiene menor porcentaje de humedad, debido a que fue el tratamiento con porcentaje de sustitución de harina de quinua y amaranto más alto correspondiente al 30 %. El contenido de humedad disminuyó conforme los porcentajes de sustitución de harina de quinua y amaranto se incrementaban.

En el parámetro de proteína hay una diferencia significativa en los tratamientos T4 y T5, estos corresponden al testigo y al que contenía menor porcentaje de sustitución de harina de quinua y amaranto. El contenido de proteína en el pan aumentó gradualmente al incrementar el porcentaje de sustitución de harina de quinua y amaranto. El contenido de proteína inicial en el tratamiento testigo fue de 8,30%, con la sustitución de harina de quinua y amaranto se logró llegar a un valor de 12,31%.

Para el parámetro de ceniza se puede observar que existió un incremento notable en los tratamientos elaborados con quinua y amaranto. El T1 contiene mayor porcentaje de ceniza en comparación al T5 que estuvo hecho únicamente con harina de trigo.

En el parámetro de grasa se distingue una diferencia significativa en T5 el cual comparado con los otros tratamientos contiene menor porcentaje de grasa. No existe diferencia significativa en los demás tratamientos los cuales estaban formulados con harina de quinua y amaranto.

En cuanto al parámetro fibra, es muy notoria la diferencia significativa en los tratamientos T1, T4 y T5. El contenido de fibra de T1 es mayor en comparación al T5 y T4.

Tabla 12. Caracterización fisicoquímica de los diferentes tratamientos de sustitución parcial de harina de quinua y amaranto.

PARÁMETROS	T1	T2	T3	T4	T5
Humedad (%)	20,80±1,53 ^a	21,64±0,56 ^a	25,35±0,68 ^b	24,40±0,99 ^{ab}	27,23±1,31 ^b
Proteína (%)	12,31±0,68 ^c	11,81±0,37 ^c	11,51±0,35 ^c	9,47±0,32 ^b	8,30±0,30 ^a
Ceniza (%)	2,12±0,01 ^b	2,06±0,02 ^b	1,94±0,04 ^b	1,52±0,20 ^a	1,40±0,06 ^a
Grasa (%)	6,33±0,18 ^b	6,05±0,24 ^b	5,89±0,23 ^b	5,81±0,30 ^b	4,76±0,54 ^a
Fibra (%)	2,32±0,10 ^d	2,27±0,05 ^{cd}	2,10±0,07 ^{bc}	1,94±0,02 ^b	0,65±0,11 ^a
Carbohidratos Totales (%)	56,11±2,28 ^a	56,17±0,77 ^a	53,20±0,97 ^a	56,86±1,16 ^a	57,66±1,41 ^a
Energía (kcal/100g)	328,00±5,07 ^c	326,37±2,69 ^{bc}	311,90±3,48 ^{ab}	317,61±5,73 ^{abc}	306,65±6,99 ^a

Nota: Medias obtenidas estadísticamente, considerando \pm la desviación estándar. Las medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$)

El parámetro de carbohidratos totales indica que no existe diferencia significativa entre los tratamientos. El contenido total de carbohidratos en los panes elaborados con harina de quinua y amaranto fue inferior al T5 debido a que el contenido de proteínas, cenizas, fibra y lípidos son más altos que el del pan elaborado con harina de trigo.

Finalmente, se puede observar que en la energía calórica existen diferencias significativas en el T5 y T1. El T1 tiene el mayor contenido de energía en comparación a los demás tratamientos.

4.1.2 Análisis Sensorial

Se realizó el análisis sensorial a cinco tratamientos de pan que correspondían a las formulaciones de 30%,25%,20% y 15% de harina de quinua y amaranto. Se tomó como parámetro de referencia a un pan control elaborado con 100 % harina de trigo. Para determinar el tratamiento con mayor aceptabilidad se utilizó una escala hedónica del 5 al 1, donde se reflejó el grado de aceptación correspondiente a los indicadores (muy agradable, agradable, ni me agrada ni me desagrada, desagradable, muy desagradable).

En la tabla 13 se muestran los resultados obtenidos en la evaluación sensorial de los cinco tratamientos de pan de quinua y amaranto comparadas con el pan control, realizada con 50 catadores semi-entrenados, mediante la prueba nivel de agrado empleando una escala hedónica de 5 puntos.

Tabla 13. Análisis sensorial realizado a las muestras de pan con formulación 30,25,20,15% de harina de quinua y amaranto comparadas con un pan control 100% harina de trigo.

Atributos	T1	T2	T3	T4	T5
Color	2,96±0,88 ^a	3,68±0,84 ^b	4,20±0,80 ^c	4,02±0,82 ^{bc}	3,80±0,86 ^{bc}
Olor	2,94±0,91 ^a	3,50±0,76 ^b	3,88±0,99 ^b	3,58±0,91 ^b	3,66±1,04 ^b
Sabor	3,16±0,96 ^a	3,52±0,97 ^{ab}	4,02±1,05 ^b	3,36±1,09 ^a	3,60±0,99 ^{ab}
Textura	3,34±0,82 ^a	3,70±0,84 ^a	4,27±0,87 ^b	3,80±0,93 ^{ab}	3,48±1,18 ^a

En el atributo color se observa que existen diferencias significativas en los tratamientos T1, T2 y T3, el tratamiento con mayor aceptación fue T3, el de menor aceptación fue T1. Los porcentajes de sustitución parcial de harina de quinua y amaranto sí influyeron en el color del pan.

Para el atributo olor el T1 es el único que presenta una diferencia significativa y menor aceptación en comparación a los demás tratamientos, debido a que este tiene un porcentaje alto de sustitución parcial de harina de quinua y amaranto ocasionando que el olor del pan cambie desfavorablemente, el T3 tiene la mayor media por lo tanto es el que tiene mayor aceptabilidad.

Para el atributo sabor el T3 presenta una diferencia significativa y en base a las medias tiene mayor aceptabilidad, el T2 tiene menor aceptabilidad y también presentando una diferencia significativa.

En el atributo textura el T3 tuvo mayor aceptación y es el único tratamiento que presenta una diferencia significativa, el tratamiento T1 tiene menor aceptación.

En base a los atributos calificados y las medias, el T3 es el que tiene mayor preferencia presentando un nivel de aceptación mayor en comparación a los demás tratamientos.

Los valores obtenidos en los parámetros de humedad, proteína, fibra, cenizas, grasa, carbohidratos totales y energía del tratamiento que tuvo mayor aceptación en el análisis sensorial se muestran en la tabla 14.

Tabla 12. Caracterización fisicoquímica del mejor tratamiento de pan de quinua y amaranto obtenido mediante evaluación sensorial.

PARÁMETROS	T3
Humedad (%)	25,35±0,68
Proteína (%)	11,51±0,35
Ceniza (%)	1,94±0,04
Grasa (%)	5,89±0,23
Fibra (%)	2,10±0,07
Carbohidratos Totales (%)	53,20±0,97
Energía (kcal/100g)	311,90±3,48

Se observa que los valores de los parámetros fisicoquímicos del T3 fueron: humedad 25,35%, proteína 11,51%, ceniza 1,94 %, grasa 5,89%, fibra 2,10%, carbohidratos 52,20% y energía 311,90 %.

4.1.3 Análisis microbiológico

Se realizó el análisis microbiológico al T3 (tratamiento con mayor aceptación) elaborado con 20% de harina de quinua y amaranto la tabla 15 muestra los resultados obtenidos.

Tabla 15. Análisis microbiológico del mejor tratamiento T3

Microorganismos	10 ⁻¹	10 ⁻³	10 ⁻⁵	Resultado	Unidad
Coliformes	0	0	0	< 10	UFC/g
Mohos	0	0	0	< 10	UFC/g
Levaduras	0,1	0	0	< 10	UFC/g

Se obtuvo como resultados ausencia de coliformes al primer día, ausencia de mohos al tercer día. Estos resultados fueron no representativos, cumpliendo con los parámetros de calidad de un pan. A los 6 días se observó un crecimiento de levaduras correspondiente a 0,1 UFC/g el cual se encuentra dentro de los parámetros establecidos por la NTC 1363 para panes.

4.1.4 Análisis de costos

Pan harina de quinua y amaranto

Para determinar el costo de producción del pan con harina de quinua y amaranto se tomó en cuenta los costos fijos y variables que intervienen en el proceso de elaboración. El costo de producción determinado se lo realizó al mejor tratamiento T3, el de mayor preferencia en el análisis sensorial.

Los costos variables de producción, los costos fijos y el costo del pan de quinua y amaranto se presentan en la tabla 16, tabla 17 y tabla 18 respectivamente.

Tabla 16. *Costos variables de producción para la elaboración de pan quinua y amaranto*

Materia prima e insumos	Cantidad	Costos variables
Harina de trigo	560 g	0,20
Harina de quinua	70 g	0,25
Harina de amaranto	70 g	0,30
Levadura	15 g	0,05
Huevo	65 g	0,12
Azúcar	30 g	0,10
Sal	15 g	0,02
Mantequilla	70 g	0,30
Total		1,34

Tabla 17. *Costos fijos de producción del pan de quinua y amaranto*

	Costos fijos
Agua, luz, combustible	0,10
Depreciación de la maquinaria al 5%	0,20
Total	0,30

Tabla 18. *Costo pan de quinua y amaranto*

Costos variables	1,34
Costos fijos	0,30
Sub total	1,64
Imprevistos 10%	0,16
Total	1,80

El costo de producción del pan de quinua y amaranto de 500 gramos es de 1,80 USD.

Pan harina de trigo

Los costos variables de producción, los costos fijos y el costo del pan de trigo se presentan en la tabla 19, tabla 20 y tabla 21 respectivamente.

Tabla 19. *Costos variables de producción para la elaboración de pan de trigo*

Materia prima e insumos	Cantidad	Costos variables
Harina de trigo	560 g	0,25
Levadura	15 g	0,05
Huevo	65 g	0,12
Azúcar	30 g	0,10
Sal	15 g	0,02
Mantequilla	70 g	0,30
Total		0,84

Tabla 20. *Costos fijos de producción del pan de trigo*

	Costos fijos
Agua, luz, combustible	0,10
Depreciación de la maquinaria al 5%	0,20
Total	0,30

Tabla 21. *Costo pan de trigo*

Costos variables	0,84
Costos fijos	0,30
Sub total	1,14
Imprevistos 10%	0,16
Total	1,30

El costo de producción del pan de harina de trigo de 500 gramos es de 1,30 USD.

4.2 DISCUSIÓN

De acuerdo a la caracterización fisicoquímica de todos los tratamientos de pan se observó que la humedad disminuyó conforme se aumentaba el porcentaje de sustitución de harina de quinua y amaranto. Salazar (2015) señala que puede ser ventajoso que la humedad disminuya en productos con una adición de harina de quinua, ya que la proliferación de microorganismos se reduce. Según la norma INEN NTE 95-1979 el porcentaje máximo de humedad que debe tener un pan es de 35%. En los análisis fisicoquímicos se obtuvieron valores de 20,80%, 21,64%, 25,35%, 24,40%, los cuales se encuentran dentro del rango establecido por la norma, es decir todos los tratamientos cumplen con este parámetro de calidad.

El alto contenido de proteínas de la harina de quinua y harina de amaranto contribuyeron significativamente al contenido final de proteína en los tratamientos de pan, que van desde 9,47 % a 12,31%. Arroyave y Esguerra (2006), en su análisis de proteína obtuvieron valores de 10,54%, 11,95%, 12,79% y 13,48 % correspondientes a la sustitución parcial de harina de quinua con porcentajes de 15%, 20%, 25% y 30% respectivamente. Para elaborar los tratamientos en esta investigación se utilizaron como referencia los porcentajes de sustitución de harina del estudio de Arroyave y Esguerra. Los resultados de proteína obtenidos fueron de 9,47%, 11,51%, 11,81% y 12,31 %. El porcentaje de proteína del pan elaborado únicamente con harina de trigo fue de 8,30%, si se compara este valor con los resultados del pan de harina de quinua y amaranto se puede notar una gran diferencia.

Paucean (2019) señala que la quinua y el amaranto son fuentes muy ricas de minerales, incluso más de tres veces en comparación con otros cereales. Los valores de ceniza que se obtuvieron fueron de 1,52%, 1,94%, 2,06% y 2,12%, estos resultados comparados con la ceniza del pan control son mayores, (ver tabla 12). Se puede apreciar que conforme se incrementa el porcentaje de sustitución de harina de quinua y amaranto, los valores de ceniza aumentan. (El-Sohaimy, Shehata, Mehany, y Zeitoun, 2019) al elaborar pan de quinua, en su estudio obtuvieron valores de ceniza de 2,68% ,2,70%, 2,74% y 2, 82%. estos valores en comparación a los datos que se obtuvieron en la investigación son mayores. La combinación de harina de quinua y amaranto en la elaboración del pan es beneficiosa para el valor nutricional ya que se logró incrementar el contenido de minerales.

Se obtuvieron valores de fibra de 2,32%, 2,27%, 2,10% y 1,94 %, los que comparados con el contenido de fibra del tratamiento control correspondiente a 0.65%, son altos. Este es un resultado satisfactorio debido a que Pilataxi (2013), menciona que la fibra además de ser un nutriente, es un componente nutracéutico para evitar y/o combatir enfermedades relacionadas con el tracto digestivo. En su caracterización fisicoquímica obtuvo un valor de 1,36 % en el

tratamiento elaborado con 20% harina de amaranto, donde al realizar la comparación se obtuvieron valores mayores en la investigación. (El-Sohaimy, Shehata, Mehany, y Zeitoun, 2019) en la elaboración de pan plano con harina de quinua obtuvieron valores de fibra de 1,05%, 1,31%,1,57%,1,86% estos valores son menores a los obtenidos en la investigación. Utilizando la harina de quinua y amaranto conjuntamente en la elaboración del pan se logró incrementar notablemente la cantidad de fibra que contiene el producto siendo esta mayor que los panes elaborados con harina de trigo, quinua o amaranto.

Según Paucean (2019) , la aceptación de los consumidores depende del nivel de sustitución, generalmente la suplementación valora hasta un 20% de harinas de pseudocereales, con este porcentaje se obtiene un pan con características, nutricionales, reológicas y sensoriales mejoradas. La quinua y el amaranto tienen valores nutricionales similares por este motivo se ha realizado la complementación de estas dos harinas utilizando porcentajes iguales para cubrir la suplementación de pseudocereal en el pan. En la evaluación sensorial, se realizó la comparación con los resultados de Estupiñan (2017), quien utilizó tres tratamientos correspondientes al 10,20,30% de sustitución de harina de trigo por harina de quinua para la elaboración de pan, donde el tratamiento con 20% de sustitución tuvo mayor aceptación. De la misma manera Pilataxi (2013), en su investigación al sustituir harina de trigo por harina de amaranto en la elaboración de pan, el tratamiento que obtuvo mayor aceptación fue el de 20%. Se obtuvieron resultados iguales debido a que el tratamiento con 20% de sustitución de harina de quinua y amaranto tuvo la mayor aceptación en el atributo sabor, color y textura, ver tabla 13.

En la caracterización fisicoquímica de humedad, ceniza, grasa, proteína, fibra y carbohidratos de pan elaborado con 20% de sustitución de harina de amaranto Pilataxi (2013), en su investigación obtuvo valores de 18,78%, 2,00%, 12,21%, 10,61%, 1,36%, 60,10% respectivamente. (Li,Lietz, et al., 2018), en su investigación al sustituir 20% de harina de quinua obtuvieron un contenido energético de 381 kcal. En el análisis fisicoquímico que se realizó al tratamiento T3 se obtuvieron valores de: humedad 25,35%, ceniza 1,94%, grasa 5,89%, proteína 11,51%, fibra 2,10%, carbohidrato 53,20% y contenido energético de 311,90 kcal, ver tabla 12. Comparando estos valores con las investigaciones de Pilataxi y El-Sohaimy se obtuvo un mayor porcentaje de humedad, proteína y fibra; los valores de ceniza son similares, los valores porcentuales de grasa y carbohidrato son menores y en comparación al estudio de (Li et al.,2018) el contenido energético del pan es menor.

Con la suplementación de las harinas de quinua y amaranto en la elaboración de pan, se logró incrementar el contenido de proteína, ceniza y fibra del producto ya que al compararlo con el pan elaborado con 100 % harina de trigo se obtuvieron resultados satisfactorios. Paucean (2019) menciona que varios investigadores han reportado el potencial de los pseudocereales, particularmente de las harinas de quinua y amaranto, para contribuir significativamente al enriquecimiento nutricional de varios productos de panadería.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Se establece que la mejor formulación de pan corresponde al T3 elaborado con 20% harina de quinua y amaranto, ya que se obtuvo un pan con características sensoriales aceptables, características microbiológicas dentro de los parámetros establecidos por la norma y características fisicoquímicas óptimas ya que se logró incrementar el valor nutritivo del pan.

En la caracterización fisicoquímica de los tratamientos se pudo determinar que el contenido de proteína, fibra y ceniza aumentó notablemente en comparación al pan testigo. Además, de acuerdo con el porcentaje de sustitución de harina de quinua y amaranto también se incrementaron estos parámetros. En el análisis fisicoquímico del T3 se obtuvieron valores de proteína de 11,81%, ceniza de 1,94%, fibra de 2,10%, grasa de 5,89%, humedad de 25,35%, carbohidratos totales de 53,20% y contenido energético de 311,90 kcal. La evaluación sensorial realizada a los cinco tratamientos presentó diferencias significativas, donde el T3 obtuvo mayor aceptación en los atributos de color, sabor y textura.

En el análisis de costos realizado establece que el pan elaborado con harina de quinua y amaranto de 500 gramos tiene un costo de 1,80 dólares, mientras que el precio de producción del pan elaborado con harina de trigo es de 1,30. Es primordial resaltar que el pan de quinua y amaranto tiene un valor nutricional más alto que el pan de trigo.

La combinación de harinas de pseudocereales como la quinua y el amaranto tiene un efecto beneficioso ya que permite el desarrollo de productos horneados con un valor nutricional mejorado.

5.2. RECOMENDACIONES

- Realizar pruebas reológicas para determinar la influencia de la harina de quinua y amaranto en las características físicas de la masa.
- Se recomienda complementar la investigación con un estudio de la vida útil del producto envasado y sin envasar.
- Se recomienda realizar un análisis de minerales del pan.
- Se recomienda evaluar el contenido de aminoácidos esenciales.

IV. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias, A. (junio de 2017). *Fomento a la producción de quinua y sus derivados para la diversificación de exportaciones no tradicionales en el período 2009-2015*. Recuperado de PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR: <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/13681/Disertaci%C3%B3n%20final%20Arias%20Andrea.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Arroyave, M., & Esguerra, C. (2006). *Universidad de la Salle-Colombia*. Recuperado de Utilización de la harina de quinua (*Chenopodium quinoa wild*) en el proceso de panificación: <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/15521/T43.06%20A69u.pdf?sequence=1>
- Bello, H., & Vinuesa, M. (22 de Agosto de 2017). *Revista científica dominio de las ciencias*. Recuperado de Pacientes con sobrepeso y obesos. Morbilidad oculta de prediabetes y diabetes mellitus tipo 2: <http://dx.doi.org/10.23857/dom.cien.pocaip.2017.3.mono1.ag0.838-847>
- Boukid, F., Folloni, S., Sforza, S., Vittadini, E., & Prandi, B. (2018). Current Trends in Ancient Grains-Based Foodstuffs: Insights into Nutritional Aspects and Technological Applications. *Comprehensive reviews in Food Science and Food Safety*, 123-136. doi: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12315>
- Cauvain, S., & Young, L. (2008). *PRODUCTOS DE PANADERÍA CIENCIA, TECNOLOGÍA Y PRÁCTICA*. Zaragoza: ACRIBIA.
- Cauvain, S., & Young, L. (2006). *Productos de panadería*. Zaragoza: ACRIBIA.
- Cevallos, R. (2009). *Manipulación de alimentos en las harinas y derivados*. España: Alcala Grupo Editorial.
- Chiran, G. (2015). *Estudio del comportamiento de la harina de papanabo (Brassica rapa var. Purple Top White Globe) como sustituto parcial de la harina de trigo y su influencia en la elaboración de pan común*. Tulcán: Universidad Politécnica Estatal del Carchi.
- Collar, C. (2016). QUINOA. *ELSEVIER*, 573-579.
- Constante, J., & Solís, M. (2011). *ELABORACIÓN DE PAN ESPECIAL ENRIQUECIDO CON TRES NIVELES DE HARINA DE QUINUA (Chenopodium quinoa willdenow) Y AMARANTO (Amaranthus caudatus L.), UTILIZANDO PULPA DE ZAPALLO (Cucúrbita máxima) COMO COLORANTE NATURAL*. Recuperado de Tesis de Grado,

- Universidad Estatal de Bolívar, Guaranda.:
<http://dspace.ueb.edu.ec/bitstream/123456789/861/1/029.pdf>
- Correa, B. (2017). *SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO POR HARINA DE QUINUA (CHENOPODIUM QUINOA WILLD) PARA ELABORACIÓN DE PAN DE MOLDE*. Machala: Universidad Técnica de Machala.
- Cosinga, L. (2016). *Optimización de parámetros fisicoquímicos de pan de molde con sustitución parcial de harina de trigo (Triticum aestivum) por harinas de arrachaca (Arracacia Xanthorrhiza L.) y quinua (Chenopodium quinoa Willd)*. Recuperado de Tesis de grado, UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA. Perú:
http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/handle/UNSCH/944/Tesis%20AI155_Cos.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Cumbal, V. (2016). *VALIDACIÓN DEL PROTOCOLO DE CONTROL INTERNO DE CALIDAD PARA LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE AMARANTO VARIEDAD (INIAPAlegría), BAJO DOS TIPOS DE FERTILIZACIÓN, CADET, 2015*. UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR, Quito. Recuperado de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/7943>
- El-Sohaimy, S., Shehata, M., Mehany, T., & Zeitoun, M. (2019). Nutritional, Physicochemical, and Sensorial Evaluation of Flat Bread Supplemented with Quinoa Flour. *Hindawi International Journal of Food Science*, Article ID 4686727. doi:<https://doi.org/10.1155/2019/4686727>
- Gómez, L., & Aguilar, E. (Marzo de 2016). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura*. Recuperado de Guía de cultivo de la quinua: <http://www.fao.org/3/a-i5374s.pdf>
- Hernandez, J. (26 de Marzo de 2015). *Revista Cubana de Endocrinología*. Recuperado de La quinua, una opción para la nutrición del paciente con diabetes: <http://scielo.sld.cu/pdf/end/v26n3/end10315.pdf>
- Hutkins, R. (2019). *Microbiology and Technology of Fermented Foods*. John Wiley & Sons.
- JAG, A., Carlos, M., & RAM, S. (2016). Amaranth. *Encyclopedia of Food and Health*, 135-140. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00025-8>
- Landy Campos, L., & Lazo Vaca, M. L. (2018). Estudio de pre-factibilidad para la producción de quinua como alternativa de cultivo de los habitantes del sector de Perucho del Cantón Puellaro de la provincia de Pichincha. *Revista Observatorio de la Economía*.

- Recuperado de <https://www.eumed.net/rev/oel/2018/08/produccion-quinua-ecuador.html>
- Liangkui , L., Lietz, G., Bal, W., Watson, A., Morfey, B., & Seal, C. (2018). Effects of Quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) Consumption on Markers of CVC Risk. *Nutrients-MDPI*, 777. doi:doi:10.3390/nu10060777
- Mapes, E. C. (Julio de 2015). *Revista ciencia*. Recuperado de El amaranto: https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/66_3/PDF/Amaranto.pdf
- Mesas, J., & Alegre, M. (2002). El pan y su proceso de elaboración. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 307-313.
- Montero, K., Moreno, R., Alí, E., Máximo, S., & Sánchez, A. (07 de Julio de 2016). *INTERCIENCIA*. Obtenido de EVALUACIÓN DE PANES ENRIQUECIDOS CON AMARANTO PARA REGIMENES DIETETICOS: <http://www.redalyc.org/pdf/339/33940000006.pdf>
- NTC, 1. (2005). *PAN.REQUISITOS GENERALES*. Bogotá: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.
- NTE INEN 2945. (2016). *PAN.REQUISITOS*. Norma Técnica Ecuatoriana, Quito.
- Parada, G. (19 de Enero de 2011). *Desarrollo de la tecnología de obtención de harina de amaranto de dos variedades (INIAP alegría y Sangorache) para panificación*. Recuperado de Tesis de Grado, Universidad Técnica de Ambato: http://repo.uta.edu.ec/handle/123456789/412/browse?order=ASC&rpp=20&sort_by=1&etal=-1&offset=45&type=title
- Paucean, A., Man, S. M., Chis, M., Muresan, V., Pop, R., Socaci, S., . . . Muste, S. (2019). Use of Pseudocereals Preferment Made with Aromatic. *Foods MDPI*, 443. doi:10.3390/foods8100443.
- Peralta, E., Murillo, A., Mazón, N., Villacrés, E., & Rivera, M. (2013). *CATÁLOGO DE VARIETADES MEJORADAS DE GRANOS ANDINOS: CHOCHO, QUINUA Y AMARANTO PARA LA SIERRA DE ECUADOR*. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, INIAP, Quito.
- Pérez, C., & Luzuriaga, Ó. (2010). Caracterización de la Harina de Semillas de Amaranto *Amaranthus Caudatus* para Elaboración de Pan en Mezclas con Harina de TRIGO. *Química Central*, 61-70.
- Pilataxi, M. (2013). *ELABORACIÓN Y EVALUACIÓN NUTRITIVA Y NUTRACÉUTICA DE PAN CON HARINA DE AMARANTO (Amaranthus caudatus)*. ESCUELA SUPERIOR

- POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, Riobamba. Recuperado de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/2566>.
- Rosentrater, K., & Evers, A. (2018). *KENT'S TECHNOLOGY OF CEREALS*. United States: Woodhead Publishing.
- Rosero, D., & Noboa, L. (Marzo de 2018). *EXPORTACIÓN DE HARINA DE QUINUA HACIA ALEMANIA DE "LA ASOCIACIÓN DE PRODUCTORES DE QUINUA DEL CARCHI" CANTÓN ESPEJO, PREVIA IMPORTACIÓN DE MAQUINARIA PARA SU PRODUCCIÓN*. Recuperado de PONTIFICA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR: <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:-CIBD6CZFucJ:https://dspace.pucesi.edu.ec/bitstream/11010/144/1/TESIS%2520FINAL%2520DE%2520QUINUA%25202018.pdf+%&cd=5&hl=es&ct=clnk&gl=ec&client=firefox-b-d#34>
- Sarmiento, Y. (2015). *ESTUDIO DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE LA HARINA DE TRIGO POR LA HARINA DE AMARANTO CRUDO Y TOSTADO EN LA ELABORACIÓN DE PAN*. UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL, Quito. Recuperado de <http://repositorio.ute.edu.ec/handle/123456789/5131>
- UNICEF. (2019). *EL ESTADO MUNDIAL DE LA INFANCIA 2019-Niños, alimentos y nutrición-Crecer bien en un mundo en transformación*.
- Valenzuela, G. (2014). *Revista gestión*. Recuperado de El despertar de los granos andinos: https://revistagestion.ec/sites/default/files/import/legacy_pdfs/237_004.pdf
- Webbery, J., & Zimmemar, M. (2014). *El gran libro de la nutrición*. Barcelona: Editorial Amat.

V. ANEXOS

Anexo 1. Elaboración de pan de molde



Figura 3. Recepción de materiales.



Figura 2. Amasado.



Figura 4. Primera fermentación.



Figura 5. Moldeado.



Figura 4. Segunda fermentación.



Figura 5. Pan de molde.

Anexo 2. Determinación de humedad



Figura 6. Pesado de la muestra.



Figura 7. Muestras en la estufa.



Figura 8. Enfriado y pesado.

Anexo 3. Determinación de proteína



Figura 9. Muestras pesadas en papel libre de nitrógeno listas para transferirlas al tubo de digestión.

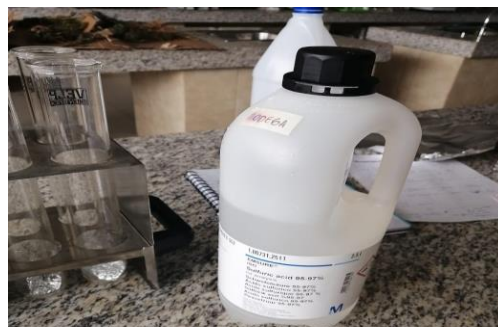


Figura 10. Adición de H_2SO_4 y pastillas de Kjeldahl a los tubos de digestión.



Figura 13. Mezcla de NaOH al 40%.



Figura 14. Mezcla de H_3BO_3 al 4%.



Figura 15. Tubos con muestras en el equipo de digestión.



Figura 16. Muestras después de 2 horas a 400 °C.



Figura 17. Matracas de erlenmeyer con muestras destiladas (azul) y tituladas (rojo).

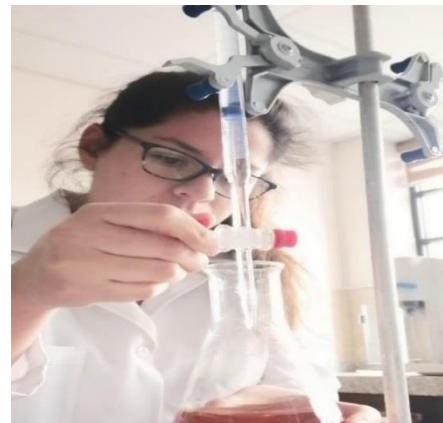


Figura 18. Titulación con HCl.

Anexo 4. Determinación de grasa



Figura 19. Pesado del dedal.



Figura 20. Control del equipo soxhlet.



Figura 21. Dedales con grasa extraída del pan.



Figura 22. Enfriado de muestras.



Figura 23. Pesado final del dedal.



Figura 24. Muestras desengrasadas.

Anexo 5. Determinación de cenizas



Figura 25. Pesado inicial de la muestra.



Figura 26. Muestras en la mufla.



Figura 27. Enfriado de las muestras.



Figura 28. Pesado final de la muestra.



Figura 11. Muestras con ceniza.

Anexo 6. Análisis Sensorial



Figura 12. Laboratorio de análisis sensorial.



Figura 13. Evaluación sensorial del producto.



Figura 14. Evaluación sensorial del producto.

Anexo 7. Análisis microbiológico

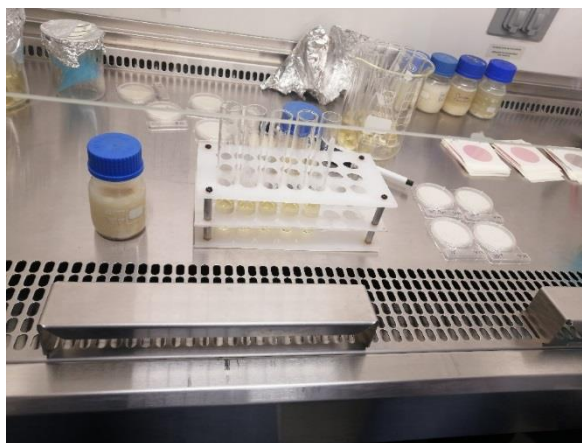


Figura 15. Preparación de las muestras.



Figura 16. Placas Compact Dry de e-coli, coliformes.



Figura 17. Placas Compact Dry de mohos y levaduras.

Anexo 8. Resultados obtenidos en Infostat, prueba Tukey (análisis sensorial)

Tabla 22. Análisis de varianza del atributo color

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	45,30	4	11,32	16,03	<0,0001
TRATAMIENTOS	45,30	4	11,32	16,03	<0,0001
Error	173,82	246	0,71		
Total	219,12	250			

Tabla 23. Análisis de varianza del atributo olor

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	24,69	4	6,17	7,16	<0,0001
TRATAMIENTOS	24,69	4	6,17	7,16	<0,0001
Error	212,01	246	0,86		
Total	236,70	250			

Tabla 24. Análisis de varianza del atributo sabor

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	19,42	4	4,86	4,73	<0,0011
TRATAMIENTOS	19,42	4	4,86	4,73	<0,0011
Error	252,60	246	1,03		
Total	272,02	250			

Tabla 25. Análisis de varianza para el atributo textura

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	26,12	4	6,53	7,43	<0,0001
TRATAMIENTOS	26,12	4	6,53	7,43	<0,0001
Error	216,36	246	0,88		
Total	242,48	250			

Anexo 9. Resultados obtenidos en Infostat, prueba Tukey (análisis fisicoquímico)

Tabla 26. Análisis de varianza del parámetro humedad

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	73,29	4	18,32	9,71	<0,0018
TRATAMIENTOS	73,29	4	18,32	9,71	<0,0018
Error	18,86	10	1,89		
Total	92,15	14			

Tabla 27. Análisis de varianza del parámetro proteína

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	35,32	4	8,83	47,61	<0,0001
TRATAMIENTOS	35,32	4	8,83	47,61	<0,0001
Error	1,85	10	0,19		
Total	37,17	14			

Tabla 28. Análisis de varianza del parámetro ceniza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1,29	4	0,32	35,05	<0,0001
TRATAMIENTOS	1,29	4	0,32	35,05	<0,0001
Error	0,09	10	0,01		
Total	1,38	14			

Tabla 29. Análisis de varianza del parámetro grasa

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4,32	4	1,08	10,69	<0,0014
TRATAMIENTOS	4,32	4	1,08	10,69	<0,0014
Error	1,05	10	0,10		
Total	5,36	14			

Tabla 30. *Análisis de varianza del parámetro fibra*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	5,77	4	1,44	255,31	<0,0001
TRATAMIENTOS	5,77	4	1,44	255,31	<0,0001
Error	0,06	10	0,01		
Total	5,82	14			

Tabla 31. *Análisis de varianza del parámetro carbohidrato*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	34,78	4	8,69	2,89	<0,0792
TRATAMIENTOS	34,78	4	8,69	2,89	<0,0792
Error	30,12	10	3,01		
Total	64,90	14			

Tabla 32. *Análisis de varianza del parámetro energía*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	10008,72	4		252,18	7,25
TRATAMIENTOS	10008,72	4		252,18	7,25
Error	347,74	10		34,77	
Total	1356,45	14			

Anexo 10. Hoja de catación empleada en la evaluación sensorial



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI
FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS
AMBIENTALES
ESCUELA DE INGENIERIA EN ALIMENTOS

Test de evaluación sensorial para trabajo de titulación denominado **“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*)”**

Prueba de aceptabilidad

Género.....

Edad.....

INSTRUCCIONES

Frente a usted se presentan cinco muestras de pan. Califique los atributos (color, olor, sabor y textura) de cada muestra codificada de acuerdo a su agrado. Por favor, tomar agua por cada muestra para limpiar su paladar.

Coloque la valoración que más le parezca sabiendo que:

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

CÓDIGO	Calificación para cada atributo			
	COLOR	OLOR	SABOR	TEXTURA
459				
317				
928				
571				
843				

De acuerdo a la evaluación realizada escriba el código de la muestra que más le agrado.....

Observaciones.....

.....

¡Gracias por su colaboración!

Anexo 11. Análisis fisicoquímico de fibra



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN 002 – CONEA – 2010 – 129 – DC.

Resolución No. 001 – 073 – CEAACES – 2013 – 13

FICAYA

Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos

Informe N°: 163 -2019
Análisis solicitado por: Srta. Anita López
Empresa: No aplica
Muestreado: Propietario
Fecha de recepción: 2 de diciembre de 2019
Fecha de entrega informe: 16 de diciembre de 2019
Ciudad: Tulacán
Provincia: Carchi
Muestra: Pan de amaranto y quinua
No. de Lote (Fecha elaboración): No aplica
Fecha de caducidad: No aplica
Código/identificación: Pan de amaranto y quinua
Peso/vol declarado: No aplica
Peso/vol encontrado: No aplica
Tipo de envase: No aplica
Tipo de conservación: No aplica
Código Interno: No aplica

Análisis Físico Químico

Parámetro Analizado	Unidad	Resultado						Método de Ensayo
		T1R1	T1R2	T1R3	T2R1	T2R2	T2R3	
Fibra Total	% (m/m)	1,94	1,96	1,93	2,16	2,03	2,11	AOAC 962.09

Parámetro Analizado	Unidad	Resultado						Método de Ensayo
		T3R1	T3R2	T3R3	T4R1	T4R2	T4R3	
Fibra Total	% (m/m)	2,29	2,31	2,22	2,33	2,42	2,22	AOAC 962.09

Los resultados obtenidos pertenecen exclusivamente para las muestras analizadas

El laboratorio no se responsabiliza del uso que el cliente pueda dar al presente informe.

Los informes se almacenarán por un periodo de dos años a partir del ingreso de la muestra al laboratorio

Tiempo de almacenamiento de las muestras: 30 días a partir de la entrega del informe

Atentamente:


Bióq. José Luis Moreno
Técnico de Laboratorio



Visión Institucional

La Universidad Técnica del Norte en el año 2020, será un referente en ciencia, tecnología e innovación en el país, con estándares de excelencia institucionales.

Av. 17 de Julio S-21 y José María
Córdova. Barrio El Olivo.
Teléfono: (06)2997800
Fax: Ext: 7711.
Email: utn@utn.edu.ec
www.utn.edu.ec
Ibarra - Ecuador

**NORMA TÉCNICA
COLOMBIANA**

**NTC
1363**

2005-10-26

**PAN.
REQUISITOS GENERALES**



E: BREAD. GENERAL REQUIREMENTS

CORRESPONDENCIA:

DESCRIPTORES: productos de molinería - pan; pan
común - requisitos.

I.C.S.: 67.060.00

Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC)
Apartado 14237 Bogotá, D.C. - Tel. 6078888 - Fax 2221435

Prohibida su reproducción

Segunda actualización
Editada 2005-11-08

**PAN.
REQUISITOS GENERALES**

1. ALCANCE

Esta norma establece los requisitos y métodos de ensayo para el pan.

2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Los siguientes documentos normativos referenciados son indispensables para la aplicación de este documento normativo. Para referencias fechadas, se aplica únicamente la edición citada. Para referencias no fechadas, se aplica la última edición del documento normativo referenciado (incluida cualquier corrección).

NTC 267:1998, Harina de trigo.

NTC 282:1986, Métodos de ensayo para la harina de trigo.

NTC 440, Productos alimenticios. Método de ensayo.

NTC 668, Alimentos y materias primas. Determinación de los contenidos de grasa y fibra cruda.

NTC 4132, Microbiología. Guía general para el recuento de mohos y levaduras. Técnica de recuento de colonias a 25 °C.

NTC 4458, Microbiología de alimentos y de alimentos para animales. Guía general para el recuento de coliformes. Técnica de recuento de colonias.

NTC 4491-1:2005, Microbiología de alimentos y alimentos para animales. Preparación de muestras de prueba, suspensiones iniciales y diluciones decimales para el análisis microbiológico - parte 1. Reglas generales para la preparación de la suspensión inicial y de diluciones decimales.

NTC 4574, Microbiología de alimentos y de alimentos para animales. Guía general sobre métodos para detección de *Salmonella*.

NTC 4679, Microbiología. Guía general para el recuento de *Bacillus cereus*. Técnica del recuento de colonias.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 1363 (Segunda actualización)

NTC 4779, Microbiología de alimentos y alimentos para animales. Método horizontal para el recuento de estafilococos coagulasa positivo - *Staphylococcus aureus* y otras especies.

GTC 99: 2004, Guía para la selección de un plan, un esquema o un sistema de muestreo para aceptación en la inspección de ítemes individuales en lotes.

NTC-ISO 2859-1: 2002, Procedimientos de muestreo para inspección por atributos. Parte 1: Planes de muestreo determinados por el Nivel Aceptable de Calidad (NAC) para inspección lote a lote.

NTC-ISO 2859-2: 1994, Procedimientos de muestreo para inspección por atributos. Parte 2. Planes de muestreo determinados por la Calidad Límite (CL) para la inspección de un lote aislado

NTC-ISO 2859-3:1994, Procedimientos de muestreo para inspección por atributos. Parte 3. Procedimientos de muestreo intermitentes.

NTC-ISO 3951:1995, Procedimientos de muestreo y gráficas de inspección por variables para porcentaje no conforme.

3. DEFINICIONES Y CLASIFICACIÓN

3.1 DEFINICIONES

Para los efectos de esta norma se establecen las siguientes:

3.1.1

pan

producto alimenticio resultante de la fermentación y horneado de una mezcla básica de harina de trigo, agua, sal y levadura, que puede contener otros ingredientes, y/o aditivos permitidos por la legislación vigente.

3.1.2

esponja

masa con previo reposo que interviene en el proceso de panificación cuya apariencia es similar a una esponja.

3.1.3

corteza

parte externa de un producto horneado con características de color, resistencia, grosor y consistencia propias del producto.

3.1.4

miga

parte interna de un producto horneado caracterizado por una estructura porosa.

3.1.5

fragilidad

atributo mecánico de textura relacionado con la cohesión, y con la fuerza necesaria para romper un producto en migajas o pedazos. Se evalúa aplicando una fuerza brusca a un producto colocado entre los dientes (incisivos) o los dedos.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 1363 (Segunda actualización)

4.7 No se permite la adición de colorantes y otros aditivos diferentes a los aprobados por la legislación nacional vigente o el *Codex Alimentarius*, ni ningún otro componente que afecte la salud.

5. REQUISITOS ESPECÍFICOS

5.1 Los diferentes tipos de pan deben cumplir con los requisitos que aparecen en la Tabla 1.

NOTA Los requisitos indicados en la Tabla 1 tienen en cuenta que todos los ingredientes que constituyen las fórmulas, están calculados con base en 100 g de harina.

5.2 Por formulación, para su elaboración, los panes de sal deben tener como mínimo 1,5 g y máximo 2,5 g de sal en 100 g de harina.

5.3 Por formulación, para su elaboración, los panes dulces deben tener como mínimo 15 g y máximo 30 g de azúcar, melaza, panela u otro edulcorante en 100 g de harina.

5.4 El pH del pan lo define el proceso y su formulación, debe estar acorde con el tipo y la expectativa de su vida útil. Debe medirse inmediatamente después del horneado y, como valor mínimo, debe estar en 4,8 y como valor máximo en 6,0, excepto los panes para regímenes especiales o rellenos.

5.5 Para el pan de sal el valor mínimo es de 0 y máximo 14 % de azúcar contenido en g/100g de harina. Para el pan dulce el valor mínimo es de 15 y máximo 30 % de azúcar contenido en g/100g de harina.

Tabla 1. Requisitos del pan

Requisito	Pan blando		Pan de corteza		Pan tostados		Panec hojaldrados		Panec con fibra	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Grasa (g/100 g de harina)	6,0	18	-	4,0	-	12	20	40	-	-
Humedad, en % m/m	20	40	20	30	-	10	20	30	-	-
Fibra cruda, en %	-	-	-	-	-	-	-	-	15	30
Proteínas en %	9	-	9	-	9	-	9	-	9	-

5.6 REQUISITOS MICROBIOLÓGICOS

5.6.1 Los requisitos para el pan sin relleno son los siguientes:

Requisitos microbiológicos en pan agentes microbianos	Límite por g			
	n	c	m	M
Mohos y Levaduras (UFC/g)	3	1	10 ²	10 ³

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 1363 (Segunda actualización)

5.6.2 Los requisitos para pan con relleno, con coberturas o ambos, son:

Requisitos microbiológicos en pan Agentes microbianos	Límite por g			
	n	c	m	M
<i>Escherichia coli</i> (UFC/g)	3	2	0	0
<i>Staphylococcus aureus</i> coagulasa positivos (ufc/g)	3	2	0	0
<i>Salmonella</i> en 25g	3	0	0	—
Mohos y Levaduras UFC/g	3	2	10^2	10^3
<i>Bacillus cereus</i> UFC/g	3	1	10	10^2

en donde

- n ▪ tamaño de la muestra
- m ▪ índice máximo permisible para identificar el nivel de buena calidad
- M ▪ índice máximo permisible para identificar el nivel aceptable de calidad.
- c ▪ número máximo de muestras permisibles con resultados entre m y M.

6 TOMA DE MUESTRAS Y CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO DEL PRODUCTO

6.1 TOMA DE MUESTRAS

La muestra de pan debe tomarse cuando su temperatura interna, sea igual a la temperatura ambiente.

Los planes de muestreo se podrán acordar entre las partes según lo establecido en la GTC 99, NTC-ISO 2859-1, NTC-ISO 2859-2, NTC-ISO 2859-3 y la NTC-ISO 3958.

6.2 ACEPTACIÓN O RECHAZO

Si la muestra ensayada no cumple con uno o más de los requisitos indicados en esta norma, de acuerdo con los criterios de aceptación o rechazo definidos por las partes en el plan de muestreo seleccionado (numeral 6.1), se rechazará el lote. En caso de discrepancia, se repetirán los ensayos sobre la muestra reservada para tales efectos.

Cualquier resultado no satisfactorio en este segundo caso será motivo para rechazar el lote.

7 MÉTODOS DE ENSAYO Y PREPARACIÓN DE MUESTRAS

7.1 PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS PARA ANÁLISIS DEL PAN

Según el tipo de análisis, se deben tomar las muestras representativas. Para la toma de muestra del pan como producto terminado, se debe tener en cuenta lo indicado en la NTC 4491-1.

7.2 MÉTODO PARA LA DETERMINACIÓN DE *Escherichia coli*.

Se efectúa de acuerdo con lo indicado en la NTC 4458.

Anexo 13. Acta del Perfil de Investigación



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI
FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

ACTA

DE LA SUSTENTACIÓN DE PREDEFENSA DEL INFORME DE INVESTIGACIÓN DE:

NOMBRE: Ana Karina López Cerón
NIVEL/PARALELO: DÉCIMO

CÉDULA DE IDENTIDAD: 0401631866
PERIODO ACADÉMICO: Octubre-Febrero 2020

TEMA DE INVESTIGACIÓN: "Obtención de un producto de panadería a partir de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de quinua (*Chenopodium quinoa wild*) y amaranto (*Amaranthus hipochondriacus*)"

Tribunal designado por la dirección de esta Carrera, conformado por:

PRESIDENTE: Ph.D. Francisco Javier Domínguez Rodríguez
LECTOR: MSc. Carlos Alberto Rivas Rosero
ASESOR: MSc. Marco Rubén Burbano Pulles

De acuerdo al artículo 11: Una vez entregados los requisitos para la realización de la pre-defensa el Director de Carrera integró el Tribunal de Pre-defensa del Informe de Investigación, fijando lugar, fecha y hora para la realización de este acto:

EDIFICIO DE AULAS: Virtual AULA: 0
FECHA: Jueves, 28 de mayo de 2020
HORA: 12H00

Obteniendo las siguientes notas:

1) Sustentación de la predefensa:	5,29
2) Trabajo escrito	2,47
Nota final de PRE DEFENSA	7,76

Por lo tanto: **APRUEBA CON OBSERVACIONES** ; debiendo estar el siguiente artículo:

Art. 24.- De los estudiantes que aprueban el Plan de Investigación con observaciones. - El estudiante tendrá el plazo de 10 días laborables para proceder a corregir su Informe de Investigación de conformidad a las observaciones y recomendaciones realizadas por los miembros Tribunal de sustentación de la pre-defensa.

Para constancia del presente, firman en la ciudad de Tulcán el Jueves, 28 de mayo de 2020



Ph.D. Francisco Javier Domínguez Rodríguez
PRESIDENTE



MSc. Marco Rubén Burbano Pulles
TUTOR



MSc. Carlos Alberto Rivas Rosero
LECTOR

Adj.: Observaciones y recomendaciones