



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS  
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**DESARROLLO DE UN SNACK POR EXTRUSIÓN DE LA  
MEZCLA DE MAÍZ *Zea mays* QUINUA *Chenopodium quinoa* Y  
CHOCHO *Lupinus mutabilis Sweet* SABORIZADO.**

**Tesis previa a la obtención del Título de:**

**Ingeniera Agroindustrial**

**AUTORA:**

**Remache Limaico Alicia Susana**

**DIRECTOR:**

**Ing. Luis Armando Manosalvas Quiroz**

**IBARRA, 2016**





## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS  
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

DESARROLLO DE UN SNACK POR EXTRUSIÓN DE LA MEZCLA DE  
MAÍZ *Zea mays* QUINUA *Chenopodium quinoa* Y CHOCHO *Lupinus  
mutabilis Sweet* SABORIZADO.

Tesis revisada por los miembros del tribunal, por lo cual se autoriza su presentación como  
requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERA AGROINDUSTRIAL.**

APROBADA:

Ing. Armando Manosalvas

FIRMA

DIRECTOR DE TESIS

Dra. Lucía Toromoreno

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

FIRMA

Ing. Diego Carvajal

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

FIRMA

Ing. Ángel Satama

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

FIRMA

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100339025-7		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Remache Limaico Alicia Susana		
DIRECCIÓN:	Atuntaqui - Chaltura - Loma de Ramírez		
EMAIL:	<a href="mailto:alis-susi146@hotmail.com">alis-susi146@hotmail.com</a>		
TELÉFONO FIJO:	(06)533484	TELÉFONO MÓVIL:	0990638009

#### DATOS DE LA OBRA

TÍTULO:	“DESARROLLO DE UN SNACK POR EXTRUSIÓN DE LA MEZCLA DE MAÍZ <i>Zea mayz</i> QUINUA <i>Chenopodium quinoa</i> Y CHOCHO <i>Lupinus mutabilis</i> Sweet SABORIZADO”		
AUTORA:	Remache Limaico Alicia Susana		
FECHA:			
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/>	GRADO POSGRADO	<input type="checkbox"/>
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERA AGROINDUSTRIAL		
DIRECTOR:	Ing. Luis Armando Manosalvas Quiroz		

## 2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Remache Limaico Alicia Susana, con cédula de identidad número 100339025-7, en calidad de autora y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

## 3. CONSTANCIAS

La autora manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 28 días del mes de julio del 2016

**EL AUTORA:**



Remache Limaico Alicia Susana

E.E 100339025-7



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DE TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Remache Limaico Alicia Susana, con cédula de ciudadanía Nro. 100339025-7, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte, los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículo 4, 5 y 6, en calidad de autora del proyecto de Tesis titulado: "DESARROLLO DE UN SNACK POR EXTRUSIÓN DE LA MEZCLA DE MAÍZ *Zea mays* QUINUA *Chenopodium quinoa* Y CHOCHO *Lupinus mutabilis Sweet* SABORIZADO", que ha sido desarrollada para optar por el título de: Ingeniera Agroindustrial en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autora me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 28 días del mes de julio del 2016

Remache Limaico Alicia Remache

C.I: 100339025-7

## DECLARACIÓN

Manifiesto que la presente obra es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros; por lo tanto es original, y que soy el titular de los derechos patrimoniales; por lo que asumo la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldré en defensa de la Universidad Técnica del Norte en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 28 días del mes de julio de 2016



Srta. Remache Limaico Alicia Susana

C.C: 100339025-7

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por la Srta. Remache Limaico Alicia Susana, bajo mi supervisión.



Ing. Armando Manosalvas

**DIRECTOR DE TESIS**

# ***DEDICATORIA***

A Dios por darme fuerzas para superar los obstáculos y dificultades a lo largo de mi vida y darme la oportunidad de alcanzar esta meta, a mis padres por ser mi aliento y soporte durante estos años.

Ángel Remache

y

Blanca Limaico

*ALICIA REMACHE*

# ***AGRADECIMIENTOS***

A la Universidad Técnica del Norte, por haberme brindado la oportunidad de formarme profesionalmente y al Instituto Nacional de investigaciones Agropecuarias, Estación Experimental Santa Catalina (INIAP), especialmente al Departamento de Nutrición y Calidad que abrió las puertas para el desarrollo de la tesis.

Al Ing. Armando Manosalvas, por los conocimientos compartidos como catedrático y por ser la guía en la realización de esta tesis.

A los asesores Dra. Lucía Toromoreno, Ing. Ángel Satama e Ing. Diego Carvajal, mi agradecimiento por su aporte en el desarrollo de esta investigación.

A la Ing. Elena Villacrés investigadora del INIAP, por el conocimiento compartido, apoyo y consejos brindados durante el trabajo de investigación.

A mis amig@s, herman@s y a todas las personas que me brindaron su apoyo para el desarrollo de la investigación.

# ÍNDICE GENERAL

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA.....	ii
<i>DEDICATORIA</i> .....	vii
<i>AGRADECIMIENTOS</i> .....	viii
ÍNDICE GENERAL.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS .....	xv
ÍNDICE DE GRÁFICAS .....	xvii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xviii
RESUMEN.....	xix
ABSTRACT.....	xx
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 PROBLEMA.....	1
1.2 JUSTIFICACIÓN .....	3
1.3 OBJETIVOS .....	4
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	4
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	4
1.4 HIPÓTESIS.....	5
1.4.1 HIPÓTESIS AFIRMATIVA .....	5
1.4.2 HIPÓTESIS NEGATIVA.....	5
CAPÍTULO II .....	6
2 MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 DESCRIPCIÓN DE LAS MATERIAS PRIMAS .....	6

2.1.1	EL CHOCHO.....	6
2.1.2	LA QUINUA .....	6
2.1.3	EL MAÍZ .....	7
2.2	TAXONOMÍA DEL CHOCHO, QUINUA Y MAÍZ .....	7
2.3	COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LAS MATERIAS PRIMAS .....	8
2.3.1	EL CHOCHO.....	8
2.3.2	LA QUINUA .....	9
2.3.3	EL MAÍZ.....	9
2.4	PRODUCCIÓN NACIONAL DE MAÍZ, QUINUA Y CHOCHO .....	10
2.5	COMPOSICIÓN DE AMINOÁCIDOS DEL MAÍZ, QUINUA Y CHOCHO.....	12
2.6	NECESIDAD DE AMINOÁCIDOS PARA EL SER HUMANO .....	13
2.7	LOS SNACK .....	14
2.8	LA EXTRUSIÓN.....	15
2.9	FACTORES QUE INFLUYEN EN LA EXTRUSIÓN.....	16
2.9.1	CONDICIONES DE OPERACIÓN QUE INFLUYEN EN LA EXTRUSIÓN .....	16
2.9.2	PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE LAS MATERIAS PRIMAS	17
2.9.3	PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS QUE INFLUYEN EN LA EXTRUSIÓN .....	22
2.10	TIPOS DE EXTRUSORES .....	23
2.10.1	EXTRUSORES EN CALIENTE.....	23
2.10.2	EXTRUSORES EN FRIO .....	23
2.10.3	EXTRUSORES DE TORNILLO ÚNICO.....	23
2.10.4	EXTRUSORES DE TORNILLOS DOBLE.....	24

2.11	CALIDAD NUTRICIONAL DE LOS EXTRUIDOS.....	24
2.12	LA DESNATURALIZACIÓN DE LAS PROTEÍNAS .....	24
2.13	LA GELATINIZACIÓN DEL ALMIDÓN.....	25
2.13.1	PUNTOS CRÍTICOS QUE MARCAN LA GELATINIZACIÓN .....	25
2.14	VENTAJAS DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN.....	26
2.15	APLICACIONES DE LA EXTRUSIÓN .....	27
CAPÍTULO III.....		28
3	MATERIALES Y MÉTODOS .....	28
3.1	CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	28
3.1.1	ÁREA DE ESTUDIO .....	28
3.2	MATERIALES Y EQUIPOS .....	29
3.2.1	EQUIPOS E INSTRUMENTOS .....	29
3.3	MÉTODOS .....	30
3.3.1	FACTORES EN ESTUDIO.....	30
3.3.2	TRATAMIENTOS .....	31
3.3.3	TIPO DE DISEÑO.....	32
3.3.4	CARACTERÍSTICAS DEL EXPERIMENTO .....	32
3.3.4.1	FORMULACIONES .....	32
3.3.5	UNIDAD EXPERIMENTAL .....	34
3.3.6	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	34
3.3.7	ANÁLISIS FUNCIONAL .....	35
3.4	VARIABLES EVALUADAS.....	35
3.4.1	VARIABLES CUANTITATIVAS.....	35
3.4.2	ANÁLISIS EVALUADOS EN EL PRODUCTO FINAL .....	36
3.4.3	VARIABLES CUALITATIVAS.....	36

3.5	MÉTODO DE ANÁLISIS .....	37
3.5.1	PARA LA MATERIA PRIMA.....	37
3.5.2	PRODUCTO TERMINADO .....	40
3.5.3	ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO .....	41
3.5.4	ANÁLISIS SENSORIAL .....	42
3.6	DIAGRAMA DE BLOQUES GRITZ DE CHOCHO.....	42
3.7	DIAGRAMA DE BLOQUES GRITZ QUINUA .....	43
3.8	DIAGRAMA DE BLOQUES PARA LA ELABORACIÓN DE UN SNACK EXTRUIDO.....	44
3.9	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE SNACK POR EXTRUSIÓN .....	45
	CAPÍTULO IV.....	46
4	RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	46
4.1	VARIABLES A EVALUAR EN LAS MATERIAS PRIMAS .....	46
4.1.1	DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO- QUÍMICAS DE LAS MATERIAS PRIMAS.....	46
4.1.2	HUMEDAD DE LAS MEZCLAS PARA CADA TRATAMIENTO....	47
4.2	GRANULOMETRÍA.....	48
4.3	VARIABLES EVALUADAS EN EL PRODUCTO TERMINADO ....	49
4.3.1	HUMEDAD DEL PRODUCTO FINAL (%).....	50
4.3.2	PROTEÍNA.....	55
4.3.3	ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL SNACK ANTES Y DESPUÉS DEL SABORIZADO .....	56
4.3.4	GRADO DE EXPANSIÓN .....	60
4.3.5	PESO.....	64

4.3.6	DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO EN EL PRODUCTO FINAL	67
4.3.7	ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO .....	71
4.3.8	ANÁLISIS SENSORIAL .....	72
4.3.8.1	Color.....	72
4.3.8.2	Olor.....	73
4.3.8.3	Sabor.....	74
4.3.8.4	Textura.....	74
4.4	BALANCE DE MATERIALES DE LOS TRES MEJORES TRATAMIENTOS (T2).....	76
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	79
5.1	CONCLUSIONES .....	79
5.2	RECOMENDACIONES:.....	81
6	BIBLIOGRAFÍA .....	82
6.1	REFERENCIAS TEXTUALES.....	82
7	ANEXOS .....	86
	ANEXO 1. Proceso de elaboración de un snack extruido de maíz, quinua y chocho.	87
	ANEXO 2. Análisis microbiológico .....	88
	ANEXO 3. Ficha para evaluar las variables no paramétricas.....	89
	ANEXO 4. Determinación físico química de las materias primas.....	91
	ANEXO 5. Resultados de proteína del producto extruido sin saborizar.....	92
	ANEXO 6. Resultados del análisis fisicoquímico del producto extruido sin saborizar de los tres mejores tratamientos. ....	93
	ANEXO 7. Análisis físico químico de los tres mejores tratamientos del extruido saborizado. ....	94

ANEXO 8. Norma técnica colombiana para extruidos expandidos a base de cereales (NTC, 3652 - 1996).....	95
--	----

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía morfológica del maíz, quinua y chocho. ....	7
Tabla 2. Composición química del chocho. ....	8
Tabla 3. Composición nutricional de la quinua en porcentaje. ....	9
Tabla 4. Composición nutricional del maíz. ....	10
Tabla 5. Producción de chocho a nivel nacional. ....	10
Tabla 6. Producción de quinua en las diferentes provincias de Ecuador. ....	11
Tabla 7. Producción nacional de maíz. ....	12
Tabla 8. Contenido de aminoácidos esenciales del maíz, quinua y chocho. ....	13
Tabla 9. Necesidades de Aminoácidos sugeridas por la FAO. ....	14
Tabla 10. Parámetros del extrusor de tornillo simple. ....	27
Tabla 11. Características de área de estudio. ....	28
Tabla 12. Nomenclatura de los tratamientos. ....	31
Tabla 13. Formulación de la mezcla (70% maíz -25% quinua -5% chocho). ....	32
Tabla 14. Formulación de la mezcla (75% maíz - 20% quinua -5% chocho). ....	33
Tabla 15. Formulación de la mezcla (80% maíz -15% quinua-5% chocho). ....	33
Tabla 16. DCA $A \times B \times C + 1$ ....	34
Tabla 17. Parámetros analizados en el griz de (maíz, quinua y chocho). ....	36
Tabla 18. Parámetros analizados en la materia prima. ....	37
Tabla 19. Proteína del producto terminado. ....	40
Tabla 20. Grado de expansión del snack terminado. ....	40
Tabla 21. Parámetros evaluados en los 3 mejores tratamientos. ....	40
Tabla 22. Control microbiológico realizado en el producto final. ....	41
Tabla 23. Parámetros de la degustación. ....	42

Tabla 24. Composición nutricional del griz de (maíz, quinua y chocho). .....	46
Tabla 25. Humedad de las mezclas (%). .....	47
Tabla 26. Humedad (%). .....	50
27. Análisis de varianza de la humedad. ....	51
Tabla 28. Prueba de Tukey para la humedad. ....	52
Tabla 29. Prueba Diferencia media significativa para el factor A. ....	52
Tabla 30. Prueba Diferencia media significativa para el factor B. ....	53
Tabla 31. Prueba Diferencia media significativa para el factor C. ....	53
Tabla 32. Grado de expansión (g/ml).....	60
Tabla 33. Análisis de varianza grado expansión. ....	61
Tabla 34. Prueba Tukey para Grado de expansión. ....	62
Tabla 35. Peso (g) .....	64
Tabla 36. Análisis de varianza Peso.....	65
Tabla 37. Prueba de Tukey Peso. ....	66
Tabla 38. Rendimiento (%) .....	68
Tabla 39. Análisis de varianza Rendimiento. ....	69
Tabla 40. Prueba de Tukey Rendimiento (%). ....	70
Tabla 41. Resultados del análisis microbiológico de los tratamientos.....	71
Tabla 42. Friedman para las variables cualitativas. ....	75

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Diseño genérico de un extrusor de tornillo simple.....	15
Gráfica 2. Granulometría de los tratamientos (mm). .....	48
Gráfica 3. Interacción (A x B) humedad producto final (%). .....	53
Gráfica 4. Interacción A x C. ....	54
Gráfica 5. Humedad de producto final (%).....	55
Gráfica 6. Proteína del snack extruido saborizado (%)......	55
Gráfica 7. Humedad del producto extruido y saborizado. ....	56
Gráfica 8. Proteína del producto extruido y saborizado.....	57
Gráfica 9. Fibra del producto extruido y saborizado.....	58
Gráfica 10.Extracto etéreo del producto extruido y saborizado.....	58
Gráfica 11. Contenido de cenizas del producto extruido y saborizado.....	58
Gráfica 12. Grado de expansión.....	63
Gráfica 13. Color del snack.....	72
Gráfica 14. Olor del snack. ....	73
Gráfica 15. Sabor del snack. ....	74
Gráfica 16.Textura en boca del snack. ....	75

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Proceso de elaboración de un snack extruido de maíz, quinua y chocho. ....	87
ANEXO 2. Análisis microbiológico .....	88
ANEXO 3. Ficha para evaluar las variables no paramétricas.....	89
ANEXO 4. Determinación físico química de las materias primas.....	91
ANEXO 5. Resultados de proteína del producto extruido sin saborizar.....	92
ANEXO 6. Resultados del análisis fisicoquímico del producto extruido sin saborizar de los tres mejores tratamientos. ....	93
ANEXO 7. Análisis físico químico de los tres mejores tratamientos del extruido saborizado. ....	94
ANEXO 8. Norma técnica colombiana para extruidos expandidos a base de cereales (NTC, 3652 - 1996).....	95

## RESUMEN

La presente investigación se realizó en el Laboratorio de Nutrición y Calidad del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, provincia de Pichincha. El objetivo fue extruir la mezcla de maíz *Zea mays*, quinua *Chenopodium quinoa* y chocho *Lupinus mutabilis Sweet* para la obtención de un snack saborizado, con tres factores de estudio, como: porcentaje de sustitución de la mezcla maíz por quinoa y chocho, porcentaje de humedad de la mezcla y perfil de temperatura de extrusión. El modelo estadístico utilizado en la investigación fue el diseño completamente al azar, con arreglo factorial  $A \times B \times C + 1$ , con doce tratamientos más un testigo y con tres repeticiones, dando un total de 39 unidades experimentales, con un peso de 3 kg por unidad. El análisis funcional se realizó con la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ) para tratamientos y la Diferencia Media Significativa (DMS) ( $\alpha < 0.05$ ) para factores. Las variables cuantitativas evaluadas fueron: peso, contenido de humedad, proteína, extracto etéreo, cenizas, carbohidratos totales, fibra, grado de expansión, rendimiento y análisis microbiológico. Mientras, las variables cualitativas organolépticas evaluadas fueron: color, olor, sabor y textura. Los tratamientos con temperatura de extrusión de  $105^{\circ}\text{C}$ , porcentaje de sustitución de la mezcla (70% maíz- 25% quinua -5% chocho) y humedad de mezcla de 20 y 15%, durante el proceso de extrusión tuvieron mayor efecto sobre el aumento del contenido de proteína y textura. El tratamiento T2 con sustitución de la mezcla (70% maíz- 25% quinua -5% chocho), humedad de mezcla 20% y perfil de temperatura de  $105^{\circ}\text{C}$ , fue mejor por su mayor contenido de proteína 13% y una textura aceptable durante el proceso.

Palabras claves: humedad, temperatura, sustitución parcial, grado expansión, cereales.

## ABSTRACT

This research was conducted at the Laboratory of Nutrition and Quality National Institute for Agricultural Research, Pichincha province. The goal was to develop a snack by extruding the mixture of corn *Zea mays* Quinoa *Chenopodium quinoa* and lupine *Lupinus mutabilis* Sweet flavored with three factors of study, such as: percentage of substitution of the mixture, moisture content of the mixture and profile extrusion temperature. The statistical model used in the research was the completely randomized design factorial arrangement of treatments twelve +1 AxBxC a witness and three repetitions, giving a total of 39 experimental units and weighing 3 kg per unit. In functional analysis Tukey test ( $\alpha < 0.05$ ) it was used for treatments and Media Significant Difference (DMS) ( $\alpha < 0.05$ ) for factors. Quantitative variables were: weight, moisture content, protein, ether extract, total carbohydrates ash, ash content, fiber, degree of expansion, performance and microbiological analysis. While the organoleptic qualitative variables were evaluated: color, smell, taste and texture. Treatments temperature of 105 ° C, degree of substitution of the mixture (70% corn 25% -5% lupine quinoa) and humidity y15 mixture of 20% during extrusion had greater effect on increasing the protein content and texture. T2 substitution treatment mix (70% corn 25% -5% lupine quinoa), 20% moisture mixture and temperature profile 105 ° C, was better since it retained the highest protein content 13% and an acceptable texture.

Keywords: humidity, temperature, partial replacement, expansion degree, cereals

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 PROBLEMA

La baja disponibilidad de alternativas de procesamiento y escasa investigación de la quinua *Chenopodium quinoa* y el chocho *Lupinus mutabilis Sweet*, está limitada a formas tradicionales de consumo de estos productos, como chochos con tostado y ceviche de chocho. Según (García, 2012) “La quinua y el chocho, en el Ecuador presentan buenas cualidades agronómicas y nutricionales, sin embargo, no han sido valoradas suficientemente y ha quedado relegado su estudio. El desconocimiento de las propiedades nutricionales y la escasa cultura de consumo, hace que estos productos sean poco apreciados como alternativas alimentarias, además, de otros cultivos andinos, que podrían contribuir a resolver en parte la desnutrición en el Ecuador”.

Las alternativas productivas con potencial económico competitivo para la Sierra ecuatoriana son muy limitadas para las áreas tradicionalmente dedicadas a cultivos de autoconsumo, mercados locales y zona de producción de tubérculos, vegetales, leguminosas y cereales: situación que entre otros se debe a una escasa investigación a nivel agroindustrial. En el mercado encontramos snack con un bajo nivel nutricional, que no satisfacen los requerimientos para una alimentación saludable. (Rosero, 2012)

Existe demanda de productos ricos en calcio, proteínas, vitaminas y minerales, lo que hace necesario el desarrollo de investigaciones que permitan un conocimiento sobre todos los aspectos del cultivo y alternativas de procesamiento de la quinua *Chenopodium quinoa* y el chocho *Lupinus mutabilis Sweet.* (Caicedo, 2009)

## 1.2 JUSTIFICACIÓN

El chocho *Lupinus mutabilis Sweet* y la quinua *Chenopodium quínoa*, son alimentos de la zona interandina, una alternativa como fuente de proteína, sobre todo cuando no hay disponibilidad de proteína animal. Estas características han contribuido en los últimos años a incrementar la demanda de estos granos andinos en mercados locales y externos. El único límite a la riqueza proteica de los cereales es su deficiencia en ciertos aminoácidos esenciales por lo cual para aprovechar al máximo, nutricionalmente se recomienda la combinación de cereales y leguminosas, porque además del aporte de calorías que tiene esta combinación, la calidad de proteínas aumenta al complementar sus aminoácidos. (Valdivieso, 2010)

Por lo general los cereales presentan una baja digestibilidad, a excepción de la quinua que presenta una digestibilidad de aproximadamente 80%. Esta calidad mejora con el proceso de extrusión puesto que aumenta la digestibilidad de estos productos; además las altas temperaturas alcanzadas propician la desactivación de factores tóxicos o antinutricionales, también la destrucción de la carga microbiana. (García, 2012).

En el Ecuador el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) ha incentivado el consumo de chocho y quinua mediante la publicación de una amplia variedad de recetas que lo incluyen como uno de los ingredientes principales. Recientemente, el Programa Mundial de Alimentos (PMA) de las Naciones Unidas comenzó a incluir la quinua como parte de su programa escolar. Como resultado, es probable que la demanda nacional de quinua y chocho convencional se duplique en un futuro cercano. (Muñoz, 2010)

Se busca entonces incentivar el consumo en otras presentaciones como de un snack extruido a base de chocho y quinua, dándole así valor agregado. Debido a que en la actualidad las empresas para poder subsistir, optan para sacar nuevos productos con precios lo más económicos posibles y dejando de lado la calidad nutricional. (Caicedo, 2009)

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL**

- ❖ Extruir la mezcla de maíz *Zea mays*, quinua *Chenopodium quinoa* y chocho *Lupinus mutabilis Sweet* para la obtención de un snack saborizado.

### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ❖ Determinar las características físico- químicas de las materia primas (humedad, proteína, fibra, grasa, carbohidratos).
- ❖ Evaluar los parámetros de extrusión (porcentaje de mezcla, porcentaje de humedad y temperatura) sobre la textura y humedad luego de la extrusión y del producto final.
- ❖ Determinar las características físico-químico (humedad, proteína, fibra, grasa, carbohidratos) y calidad sensorial del producto final.

## **1.4 HIPÓTESIS**

### **1.4.1 HIPÓTESIS AFIRMATIVA**

**Hi:** La mezcla de gritz de maíz, quinua y chocho, el porcentaje de humedad y temperatura, inciden en las características físico- químicas y organolépticas del producto final.

### **1.4.2 HIPÓTESIS NEGATIVA**

**Ho:** La mezcla de gritz de maíz, quinua y chocho, el porcentaje de humedad y temperatura, no inciden en las características físico- químicas y organolépticas del producto final.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 DESCRIPCIÓN DE LAS MATERIAS PRIMAS**

##### **2.1.1 EL CHOCHO**

El chocho *Lupinus mutabilis Sweet*, es una leguminosa originaria de los Andes de Bolivia, Ecuador y Perú, siendo de gran importancia en la alimentación de esos países desde la época prehistórica. Es una leguminosa con un alto contenido de proteína y de interés industrial debido a su composición química. Sin embargo, el grano contiene algunas sustancias antinutritivas que limitan su consumo directo en la alimentación humana y animal, entre estas sustancias antinutritivas se encuentran los alcaloides, que confieren un sabor amargo y afectan a la biodisponibilidad de los nutrientes, por lo tanto debe ser sometido a un proceso de cocción y desagüe. (Invoagro, 2012)

##### **2.1.2 LA QUINUA**

La quinua *Chenopodium quínoa*, es un grano andino que se caracteriza por el alto contenido de proteína y la presencia de aminoácidos esenciales, necesarios para la síntesis de proteínas con otros nutrientes. Este grano forma parte de la dieta de la población de los países andinos, debido a que ayudan a satisfacer los requerimientos nutricionales reemplazando a la proteína animal. (Lopez, 2012)

### 2.1.3 EL MAÍZ

El maíz *Zea mays*, es uno de los cereales más importantes en la industria, debido a su alto contenido de almidón, siendo uno de los más importantes en la alimentación mundial. Con el desarrollo de las tecnologías es una materia prima para la productividad, elaborando subproductos tales como: almidón, aceite y proteínas, bebidas alcohólicas, edulcorantes alimenticios, pastas, pan, galletas, balanceados y biocombustibles (bioetanol). (INIAP, 2011)

La calidad del grano de maíz para el consumo humano está asociada con su constitución física, que determina la textura y dureza, tanto como con su composición química, que define el valor nutricional. El mercado es cada vez más exigente y se interesa por el contenido de proteínas, aminoácidos, almidón, aceites y demás componentes.

## 2.2 TAXONOMÍA DEL CHOCHO, QUINUA Y MAÍZ

En la Tabla 1 se observa la taxonomía de las materias primas utilizadas en la ejecución del presente estudio, para la elaboración de un snack en base de maíz, quinua y chocho.

**Tabla 1.** Taxonomía morfológica del maíz, quinua y chocho.

	QUINUA	CHOCHO	MAÍZ
Clase	Angiospermas	Dicotiledóneas	Liliopsida
Subclase	Dicotiledóneas	Arquiclamídeas	Panicoideae
Orden	Centrospermales	Rosales	Poales
Familia	Quenopodiáceas	Leguminosas	Poaceae
Género	<i>Chenopodium</i>	<i>Lupinus</i>	<i>Zea</i>
Especie	<i>C. quinoa</i>	<i>Mutabilis</i>	<i>Mayz</i>
Nombre científico	<i>Chenopodium quinoa</i>	<i>Lupinus mutabilis Sweet</i>	<i>Zea mays L.</i>
Nombre común	Quinua	Tarwi, chocho	Maíz, morochillo, maíz duro amarillo.

Fuente: (INIAP, 2011)

## 2.3 COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LAS MATERIAS PRIMAS

### 2.3.1 EL CHOCHO

El chocho debido a su elevado contenido de proteínas y grasa, es conocido como la soya andina. En relación con otras leguminosas, contiene mayor porcentaje de proteínas y es particularmente rico en lisina. Además tiene una alta calidad de grasa, con 3 a 14% de ácidos grasos esenciales de la cantidad total de grasa; por lo que el aumento en el consumo de chocho, podría conducir a una mejora de la salud y del estado nutricional de las poblaciones marginadas en Ecuador

**Tabla 2.** Composición química del chocho.

PARÁMETROS	UNIDAD	AMARGO	DESAMARGO
Humedad	%	9,9	73,63
Materia seca	%	90,1	26,37
Proteína	%	41,2	51,06
Cenizas	%	3,98	2,36
Grasa	%	17,54	20,37
Fibra fruta	%	6,34	7,47
E.L.N	%	30,88	18,73
Alcaloides	%	3,11	0,08
Calcio	%	0,12	0,42
Fosforo	%	0,6	0,43
Magnesio	%	0,24	0,17
Sodio	%	0,015	0,042
Potasio	%	1,13	0,018
Hierro	ppm	73	120
Manganeso	ppm	37	26
Zinc	ppm	34	50
Cobre	ppm	11	10
Energía bruta	cal / g	5518	5839

Fuente: (INIAP, 2011)

### 2.3.2 LA QUINUA

La quinua posee un excelente balance de proteínas (16% hasta 23%), almidón y aminoácidos, entre los aminoácidos están la lisina importante para el desarrollo del cerebro y la arginina e histina, básicos para el desarrollo del ser humano durante la infancia. Es rica en metionina, cistina, minerales como hierro, calcio, fosforo y vitaminas. (Egoavil, 2011)

**Tabla 3.** Composición nutricional de la quinua en porcentaje.

PARÁMETROS	PORCENTAJE (%)
Humedad	9,40 – 13
Proteína	11,00 – 23
Fibra	2,10 – 4,90
Carbohidratos totales	53,50 - 76.20
Grasa	5,30 – 6,40
Cenizas	3,36
Calorías	351

Fuente: (TAPIA, 2010)

Por su composición nutricional, es recomendable el consumo de quinua por niños y personas celiacas, debido a su excelente asimilación, equilibrada composición de aminoácidos y bajo contenido de gluten, convirtiéndose en un alimento adecuado para personas con sobrepeso o enfermos convalecientes (Muños, 2012)

### 2.3.3 EL MAÍZ

El maíz contiene un mayor porcentaje de almidón, que corresponde al 75% del peso del grano. Después del almidón, las proteínas constituyen el siguiente componente químico del grano por orden de importancia. El maíz es un cereal deficiente en lisina y triptófano, sin embargo es rica en metionina, por lo que al ser mezclado con una leguminosa pobre en metionina se obtiene un producto con balance de aminoácidos y por lo tanto de mejores características nutricionales (Muños, 2012)

**Tabla 4.** Composición nutricional del maíz.

PARÁMETROS	PORCENTAJE ( % )
Almidón	75
Proteína	7,68
Fibra	2,46
Grasa	5,00
Ceniza	1,65

**Fuente:** (INIAP, 2011)

## 2.4 PRODUCCIÓN NACIONAL DE MAÍZ, QUINUA Y CHOCHO

La producción nacional de chocho, es mayor en la provincia de Cotopaxi con un porcentaje de 50,33% de producción anual. La siguiente tabla muestra los valores de las hectáreas cultivadas en las diferentes provincias del Ecuador.

**Tabla 5.** Producción de chocho a nivel nacional.

PROVINCIA	(Hectáreas) CHOCHO	Kg (Aproximadamente)
Carchi	45	180000
Imbabura	192	768000
Pichincha	425	1700000
Cotopaxi	2281	9124000
Tungurahua	284	1136000
Chimborazo	975	3900000
Bolívar	330	1320000
Total	4532	18128000

**Fuente:** (INEC, 2010)

La quinua es un grano altamente nutritivo tiene un gran potencial agroindustrial, en Ecuador la producción de quinua se ubica en las provincias de Chimborazo,

Cotopaxi, Carchi, Imbabura, Pichincha y Tungurahua, en las demás provincias serranas del país este cultivo prácticamente se ha extinguido, debido al desconocimiento de sus propiedades nutritivas y escasa investigación a nivel agroindustrial. (Narvaez, 2010)

Sin embargo, está claro que el mercado mundial en un futuro próximo tendrá cambios importantes, donde la demanda de productos de calidad proteica como la quinua, será cada vez mayor por la evidente tendencia de cambio de los hábitos de consumo de la población de altos ingresos en los países desarrollados, que se traducen principalmente en una diversificación de la dieta alimenticia y una sustitución de productos tradicionales por alimentos orgánicos exóticos y de alto valor nutritivo. (Apaza, 2010)

**Tabla 6.** Producción de quinua en las diferentes provincias de Ecuador.

PROVINCIA	PRODUCCIÓN ( TM)		
Año	2010	2011	2012
Carchi	94	97	99
Imbabura	105	113	122
Pichincha	45	47	49
Cotopaxi	242	255	270
Tungurahua	20	15	10
Chimborazo	465	510	553
TOTAL	971	1037	1103

Fuente:(Cerde, 2012)

De la producción nacional de maíz la avicultura consume el 57%, los alimentos balanceados para otros animales el 6%, la exportación a Colombia el 25%, las industrias de consumo humano el 4%, el resto sirve para el autoconsumo y semilla. Además Ecuador tiene la capacidad de exportar subproductos de maíz,

tales como el gritz y la sémola, productos utilizados para la elaboración de polenta, arepas y snacks. (SICA, 2009).

**Tabla 7.** Producción nacional de maíz.

PROVINCIAS	PRODUCCIÓN DE MAÍZ (%)
Guayas	21
Los ríos	33
Manabí	22
Loja	8
Pichincha	1
Imbabura	1
Tungurahua	0
Resto de provincias	14
Total	100

Fuente:(GARCIA, 2004)

## 2.5 COMPOSICIÓN DE AMINOÁCIDOS DEL MAÍZ, QUINUA Y CHOCHO

“La cantidad y el tipo de aminoácidos dependen de la cantidad de proteína y calidad de la misma. El chocho por ser rico en proteína tiene la mayor cantidad de aminoácidos esenciales. En la tabla se indica los aminoácidos en el chocho, donde se puede ver que existe un gran número de aminoácidos esenciales que están presentes en esta materia prima.” Según (Narvaez, 2010).

**Tabla 8.** Contenido de aminoácidos esenciales del maíz, quinua y chocho.

	g aminoácidos /100g proteína	g aminoácidos /100g proteína	g aminoácidos /100g proteína
AMINOÁCIDOS ESENCIALES	CHOCHO	QUINUA	MAÍZ
Arginina	6,79	7,3	4,2
Fenilalanina	2,64	4	4,7
Histidina	1,86	3,2	2,6
Isoleucina	3,13	4,9	4
Leucina	5,13	6,6	12,5
Lisina	3,78	6	2,9
Metionina	0,54	2,3	2
Treonina	2,61	3,7	3,8
Triptófano	1,26	0,9	0,7
Valina	2,88	4,5	5

**Fuente:** (Egoavil, 2011)

La calidad de las proteínas depende de la digestibilidad del alimento (cantidad de aminoácidos absorbidos) y la composición de aminoácidos, en comparación con una proteína de referencia, ejemplo (proteína de la clara del huevo), conocido como fuente de aminoácidos esenciales en las cantidades necesarias para sostener el crecimiento. (Byrd-Bredbenner, 2010)

## **2.6 NECESIDAD DE AMINOÁCIDOS PARA EL SER HUMANO**

La calidad de proteína de las materia primas, está determinada por la composición de aminoácidos esenciales. En la figura se muestra los requerimientos de un niño de mayor edad o de un adulto. (Whitney, 2012)

**Tabla 9.** Necesidades de Aminoácidos sugeridas por la FAO.

AMINOÁCIDOS	Necesidades requeridas mg AA/ g proteína		
	Preescolares (2 a 5 años)	Edad escolar (10- 12 años)	Adultos
Histidina	19	19	16
Isoleucina	28	28	13
Leucina	66	44	19
Lisina	58	44	16
Metionina + cistina	25	22	17
Fenilalanina+ tirosina	63	22	19
Treonina	34	28	9
Triptófano	11	9	5
Valina	35	25	13
Total	339	241	127

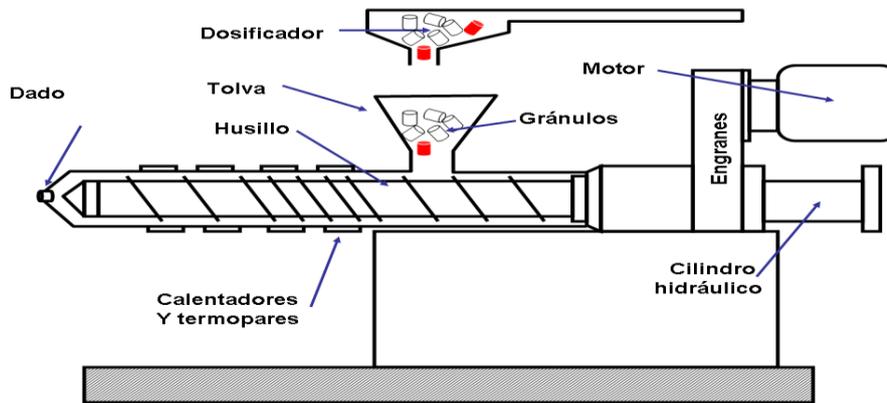
**Fuente:** (Robinson, 2012)

## 2.7 LOS SNACK

En la actualidad los cambios de estilo de vida y el entorno social, ha incrementado en la dieta habitual de los adolescentes el consumo de snacks, ya que dan variedad a la dieta, pero frecuentemente reciben críticas por sus altos niveles de sal, azúcar y grasa. Sin embargo, el consumo parece ser perjudicial nutricionalmente, cuando son consumidos como reemplazo de los alimentos tradicionales.

Los snacks pueden ser nutritivos cuando su elaboración es a base de frutas, tubérculos, leguminosas, cereales y otros. Por lo tanto, si los snacks son parte de una dieta variada, pueden ser una importante fuente de proteína y energía, particularmente para los sectores de bajos niveles de ingresos de la sociedad, cuya dieta es deficiente en estos nutrientes. (Mataix, 2012).

## 2.8 LA EXTRUSIÓN



Gráfica 1. Diseño genérico de un extrusor de tornillo simple.

**Fuente:** (Fernandez, 2010)

La extrusión es un proceso que combina una serie de operaciones unitarias sucesivas como: mezclado, amasado, ruptura por cizalla, transporte, calentamiento, enfriamiento, moldeado, secado parcial e inflado dependiendo del alimento y del equipo empleado. Además, el producto mejora la calidad preparada en tiempos cortos de cocción, así mismo tiene una menor destrucción de los nutrientes sensibles al calor. (García, 2009)

La cocción por extrusión ha sido definida, como un proceso de humidificación, expansión de almidones y/o proteínas, con la combinación de humedad, presión, calor y fricción mecánica, que provoca la elevación de la temperatura de la masa, dando como resultado la gelatinización de los almidones y la expansión exotérmica.

Durante la extrusión en caliente las mezclas con alto contenido de almidón a elevadas temperaturas y a intensas fuerzas de cizalla, provoca el hinchamiento y absorción de agua de los granulos de almidón en un 16%, proceso que se

denomina gelatinización. Por lo tanto, su estructura macromolecular se expande dando lugar a una masa viscosa, plástica y más soluble. (Fernandez, 2010)

Es importante que las materias primas tengan un adecuado grado de hidrólisis para maximizar la expansión del producto final. Una buena cocción durante la extrusión está definida por la combinación de temperatura, tiempo de residencia y contenido de humedad, entre otros.

En términos físicos, la extrusión es un tratamiento termo-mecánico, en el cual los biopolímeros como la proteína y almidón se hacen plásticos, en primer lugar por la adición de agua para obtener un grado de corte mecánico aceptable. De esta manera, el alimento puede alcanzar características de calidad totalmente diferentes a las de las materias primas originales. (Pérez, 2012)

## **2.9 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA EXTRUSIÓN**

Los parámetros de extrusión que influyen sobre los productos extrudidos son: las condiciones de operación del extrusor (temperatura, presión, diámetro de los orificios de la boquilla y la velocidad de tornillo) y las propiedades físicas químicas (humedad, proteína, grasa y almidón), de las materias primas e insumos. El funcionamiento del extrusor debe ser en condiciones adecuadas, esto permite la obtención de un producto uniforme con las características deseadas. Ya que pequeñas variaciones de las variables pueden generar grandes cambios en el producto terminado. (Noriega, 2011)

### **2.9.1 CONDICIONES DE OPERACIÓN QUE INFLUYEN EN LA EXTRUSIÓN**

**Temperatura:** La temperatura de extrusión en caliente varía de 99°C a 200°C, según el tipo de extrusor. Por lo tanto los extrusores de menor capacidad de alimentación, tiene una relación directa con la temperatura del producto. Por otra

parte los extrusores de grandes capacidades pueden ser inversos, pues al calentar la pared, disminuye la viscosidad de la masa, el esfuerzo cortante y la capacidad de bombeo del tornillo, en tanto que la conducción de calor al interior de la masa es muy pequeña por la presencia de flujos laminares. (Huber, 2010)

**Velocidad de tornillo:** la velocidad del tornillo es un factor principal en el proceso de extrusión, ya que afecta el tiempo de residencia del producto, la cantidad de calor generado por fricción, las velocidades de transmisión de calor y las fuerzas de cizalladura en el producto. El incremento en la velocidad del tornillo causa también un incremento en la relación de expansión para extruidos. (Martinez, 2012)

**Presión:** En el proceso de extrusión las presiones altas generan pérdida de agua por vaporización, obteniendo un producto con baja actividad de agua, por lo tanto, más duradero. Por el contrario, si se trabaja con baja presión, el producto que sale del troquel será de alto contenido en humedad y alta densidad, sin embargo precisará otros tratamientos como el secado. (Huber, 2010)

**Diámetro de orificio:** la extrusión a menor diámetro de orificio de los dados, incrementa el grado de expansión del producto; la humedad de la mezcla es importante para la crujencia o textura, el incremento del contenido de proteína en la mezcla reduce las posibilidades de una extrusión con expansión. (Cadena, 2010)

## **2.9.2 PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE LAS MATERIAS PRIMAS**

Las propiedades físico - químicas de las materias primas que alimentan al extrusor tienen influencia en las características organolépticas del producto final. Las características físico-químicas más importantes son:

**El almidón:** El almidón es el componente más importante en el proceso de extrusión, ya que los cambios que sufre afectan a la expansión y textura del producto extruido. Debido a que el almidón es una macromolécula compuesta de dos polisacáridos, la amilosa, un polímero lineal soluble que ofrece una textura quebradiza y la amilopectina molécula de almidón que contiene ramificaciones y promueve el inflado en el producto extruido. (Kent, 2013)

El almidón, a niveles de 60% maximiza la expansión, textura y mejora la digestibilidad de la proteína del producto extruido. Y a niveles menores del 60 % afectan la característica física química y organoléptica del producto. Por otra parte para obtener un producto inflado y quebradizo, es conveniente tener de 5 a 20 % de amilasa. Sin embargo también se agrega almidones modificados, a fin de dar mayor resistencia y dureza a la superficie del producto.

De esta manera, la extrusión es un proceso, que puede provocar modificaciones en la estructura del almidón, en consecuencia, se puede mejorar el valor nutritivo de los productos extruidos, ya que existe la actividad enzimática. (Pérez, 2012)

**Proteínas:** La extrusión de productos con elevado contenido proteico se realiza generalmente para controlar los inhibidores del crecimiento, que están contenidos en las materias primas. Por otra parte estos procesos consiguen por un lado el mínimo contenido en factores antitripsicos y por otro la máxima lisina disponible en el producto. Debido a que la lisina es un aminoácido muy reactivo y el proceso que sea menos agresivo será el mejor desde el punto de vista nutritivo las proteínas, crean elasticidad limitando así la expansión del producto extruido. Se debe controlar la temperatura del tratamiento térmico para disminuir el porcentaje de pérdida de nutrientes y la desnaturalización de la proteína durante la extrusión. (García, 2012)

La extrusión produce la separación de las cadenas proteicas vegetales. Debido a que las moléculas se alinean a largo de la matriz. Además el bajo porcentaje de almidón en la cocción por extrusión reduce la solubilidad de la proteína cuando la temperatura aumenta. Por lo que se debe controlar las altas temperaturas en el proceso de extrusión para evitar un exceso de pérdida de proteínas en el producto. (Ponce, 2010)

**Grasas:** La grasa actúa como un lubricante, reduciendo así la conversión mecánica de energía en el extrusor, así como su expansión. Sin embargo es importante controlar el nivel de grasas, en algunos casos, una pequeña variación de grasa puede afectar drásticamente el producto. La grasa también puede debilitar la estructura celular, causando fusión y porosidad. (Fernandez, 2010)

Los aceites que contienen los cereales y las leguminosas, al ser extruido sufren un proceso de emulsión debido a la fuerte presión a que son sometidas las finas gotas de grasa al ser recubiertas por los almidones y proteínas, quedando la grasa encapsulada. Para realizar la determinación correctamente es necesario emplear el método de hidrólisis ácida y extracción posterior, puesto que con el método de Extracto Etéreo no se consiguen los resultados que corresponden en realidad al producto. (Fernandez, 2010)

La grasa al ser emulsionada es más digerible por los jugos digestivos de los animales, aumentando por tanto la energía del producto. Generalmente las lipasas y peroxidases son inactivadas durante el proceso de extrusión en condiciones normales, mejorando la estabilidad posterior del producto.

**Azúcares:** Los azúcares, se licúan y actúan como lubricantes, reduciendo la conversión mecánica de energía y grado de expansión del producto extruido. También los porcentajes altos de azúcar en el proceso de extrusión requieren de

mayor tiempo de residencia para su cocción. Cuando los niveles son altos, la reducción de la actividad del agua en el extrusor de tornillo sinfín puede ocasionar un incremento en la viscosidad. El azúcar, generalmente, coadyuva a crear una estructura celular más suave y más fina. (Fernandez, 2010)

**Vitaminas:** Cada vitamina tiene sus propias características de estabilidad durante los procesos térmicos. Los efectos en la estabilidad en las vitaminas durante la extrusión son complicados debido a la acción de la humedad, fricción, altas temperaturas y presiones. Las vitaminas liposolubles A, D y E, en general, son razonablemente estables durante la extrusión. El nivel de humedad del producto durante la extrusión tiene el mayor efecto sobre la retención de vitaminas. Como norma general, el alto nivel de humedad en el proceso da más vitaminas retenidas. Las vitaminas hidrosolubles, como la vitamina C o del grupo B, pueden perder estabilidad durante la extrusión. La extrusión húmeda produce una pérdida de vitamina C y tiamina. (Martel, 2011)

**Contenido de humedad:** El porcentaje de humedad en la masa afecta significativamente la viscosidad aparente, la expansión y la resistencia a la rotura del producto extruido. El mayor contenido de humedad y las temperaturas elevadas causan la gelatinización del almidón y aumenta la viscosidad del producto. Además se alcanza índices de absorción y de solubilidad de agua, a los niveles más bajos de humedad, hecho que se atribuye a la modificación del almidón. (Guy, 2009)

La cocción por extrusión es una forma especializada, y única en el procesado de materiales amiláceos debido a que se trata de una cocción a relativamente de bajos niveles de humedad, comparado con el horneado convencional o la cocción de masas y pastas. Los niveles normales de humedad utilizados están en el intervalo de 10-40%, a pesar de estos bajos valores de humedad el material se transforma en un fluido. (Túpaca, 2012)

(Salas, 2012)... El contenido de humedad mayor al 40% en la mezcla afecta, la expansión, la resistencia a la rotura del producto y la textura. Una menor humedad del producto después del extrusor da como resultado una mejor crujencia, además, a menor humedad después de la extrusión, se requiere menor tiempo de secado posterior.

**Tamaño de la partícula:** el tamaño de la partícula depende del tipo de extrusor y del producto que se desea obtener. El tamaño óptimo de las partículas en la extrusión no es estándar, depende de la configuración del equipo y de la materia prima; por ello es necesario conocer el diseño del extrusor previo al acondicionamiento de las materias primas, ya que el tamaño de partícula del producto a extruir es relevante para el procesamiento y es preferible trabajar con tamaños gruesos (debido a que retrasan la gelatinización hasta justo antes de salir del dado), siendo no recomendable trabajar con harinas o partículas muy pequeñas ya que éstas se funden rápidamente y no favorecen el transporte del material al interior del extrusor. (Túpaca, 2012)

El extrusor usado en la investigación, no permite trabajar con harinas muy finas debido a que causan problemas en la zona de alimentación, ni con partículas muy gruesas ya que posee un dado con abertura de salida de diámetro aproximado de 3 mm; partículas superiores a éste provocarían la obstrucción del mismo y retarda la gelatinización hasta antes de la descarga del dado de salida. Las partículas finas dan una pronta gelatinización y una baja viscosidad del fluido, propiedades que no son convenientes. Esto se corrige reduciendo la humedad para demorar la gelatinización. (Túpaca, 2012)

La presencia de cascara da como resultado una masa no homogénea que se pega a los orificios hasta que la presión en la cámara de extrusión se asemeja a un flujo taponado. Afecta también a la cocción, pues resulta insuficiente la penetración de

calor en las partículas grandes durante el corto tiempo de permanencia en el extrusor. (Salas, 2012)

**Formulación de la mezcla:** El sabor, color, funcionalidad, valor nutricional, etc. Depende de la formulación específica empleada en el proceso de extrusión. Almidones de distinta procedencia pueden dar resultados muy diferentes.

### **2.9.3 PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS QUE INFLUYEN EN LA EXTRUSIÓN**

Gran parte de los compuestos volátiles se pierden en la atmosfera. Sin embargo a la salida del troquel, la masa a elevada presión se expande lo que supone una salida de gases y vapor de agua que puede arrastrar compuestos aromáticos que se hayan concentrado en las vacuolas de gas por efecto de la presión y temperatura. Las pérdidas son importantes, por lo que se añaden colorantes y saborizantes después de la extrusión. Es posible controlar el desarrollo del aroma y color de los productos extruidos mediante un control estricto de las condiciones de proceso. (Narvaez, 2010)

El cambio en las propiedades organolépticas del alimento viene dado por el tipo de extrusión que se lleva a cabo. Aplicando altas temperaturas el producto perderá más cantidad de agua, con lo que se obtendrán productos con menor humedad, y por lo tanto, con más vida útil. Por el contrario, trabajando en frío se obtendrán productos con más actividad de agua pero con una menor pérdida de cualidades. (Túpaca, 2012)

## **2.10 TIPOS DE EXTRUSORES**

Los extrusores se clasifican según su funcionamiento en caliente o en frío y según su construcción son de tornillo simple o tornillos gemelos (tornillos idénticos paralelos que rotan en el mismo sentido en dirección opuesta).

### **2.10.1 EXTRUSORES EN CALIENTE**

En estos extrusores el alimento se calienta por contacto con las paredes del cilindro o barril que rodea al tornillo del extrusor y/o por contacto con el tornillo del extrusor calentando internamente por la dicción directa de vapor de agua. En los extrusores en caliente es posible utilizar materias primas con elevado contenido en grasa, como por ejemplo para el procesado de habas de soja, puesto que el propio aceite lubrica el paso por la matriz. Este procedimiento de extrusión en seco tiene el inconveniente de alcanzar temperaturas muy elevadas, a diferencia del proceso en húmedo, con lo que disminuye la lisina disponible. (Huber, 2010)

### **2.10.2 EXTRUSORES EN FRÍO**

En este tipo de extrusores el alimento se extruye en tiras sin cocción ni expansión. En estas máquinas la materia prima está sometida a la mínima fricción de los tornillos: los que a su vez rotan en un tubo de superficie interna lisa. (Cadena, 2010)

### **2.10.3 EXTRUSORES DE TORNILLO ÚNICO**

Estos extrusores se clasifican de acuerdo con la intensidad de la fuerza de cizalla que ejercen. Por lo cual se consideran de elevada, moderna y baja fuerza de cizalla. Este tipo de extrusores no funcionan adecuadamente para mezclas que

tengan una humedad mayor al 40% y grasa mayor al 10% en su composición físico química. (Guy, 2009)

#### **2.10.4 EXTRUSORES DE TORNILLOS DOBLE**

Este tipo de extrusores se clasifican de acuerdo con su sentido de rotación y por la forma en que los tornillos giran entre sí. Los extrusores más utilizados en la industria alimentaria son los de tornillo cortante debido a que el movimiento de rotación impulsa el material a través del extrusor.

Cuenta con dos tornillos enlazados que pueden girar en sentido contrario o en el mismo sentido, eficaces para una gran gama de productos y distintas humedades, son más costosos pero con mayor versatilidad. (Sharma, 2009)

### **2.11 CALIDAD NUTRICIONAL DE LOS EXTRUIDOS**

Las pérdidas de las propiedades nutricionales en los alimentos extruidos dependen del tipo de materia prima, contenido en agua, tiempo y la temperatura en el proceso, sin embargo las condiciones de la extrusión con cocción y el enfriamiento rápido del producto a la salida de la boquilla, hacen que la disminución de vitaminas y aminoácidos esenciales sean relativamente pequeñas. (Fernandez, 2010)

### **2.12 LA DESNATURALIZACIÓN DE LAS PROTEÍNAS**

La alteración de una proteína que modifique su conformación nativa se denomina desnaturalización; este cambio provoca la alteración o desaparición de sus funciones. En una proteína se produce la desnaturalización al perder su estructura secundaria, terciaria y cuaternaria, conservándose la primaria (covalente). En el estado desnaturalizado los niveles de estructuración superior de la conformación nativa se encuentran al azar, es decir la proteína altamente ordenada queda

reducida a un polímero estadístico formado por una cadena de aminoácidos. La existencia de enlaces disulfuros en una proteína aumenta su resistencia a la desnaturalización. (Huber, 2010)

## **2.13 LA GELATINIZACIÓN DEL ALMIDÓN**

La gelatinización del almidón es el colapso o ruptura del orden molecular del granulo de almidón manifestando cambio “irreversible” en las propiedades como hinchamiento granular, fusión de las regiones cristalinas, pérdida de birrefringencia y solubilización del almidón en agua. El punto inicial de gelatinización y el rango de temperatura en la cual ocurre es gobernado por la concentración del almidón en la suspensión, método de observación, tipo granular y la heterogeneidad de la población de gránulos bajo observación. (Fernandez, 2010)

### **2.13.1 PUNTOS CRÍTICOS QUE MARCAN LA GELATINIZACIÓN**

- ❖ Rompimiento del orden molecular.
- ❖ Es dependiente de la humedad y temperatura.
- ❖ Se incrementa el tamaño granular, sufre un hinchamiento con el incremento de temperatura.
- ❖ Difiere con respecto a la velocidad de calentamiento, el pH y porción de sólidos.
- ❖ Difiere con respecto a la fuente botánica del granulo y la porción de amilosa y amilopectina.

## 2.14 VENTAJAS DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN

**Versatilidad:** Dentro de los factores que contribuyen a la versatilidad del proceso de extrusión se puede mencionar los diseños específicos del extrusor, las variables de operación, la variedad de materias primas que pueden procesar y las diferentes características que pueden obtenerse en los productos terminados (formas, colores, sabores, texturas). (Guy, 2009)

**Velocidad de producción:** La naturaleza de los diferentes tipos de extrusores que actualmente son usados a nivel mundial implica que la extrusión sea un proceso continuo, que a su vez fomenta altas producciones en comparación con algunos otros procesos. La capacidad de los equipos de extrusión varía desde equipos a escala de laboratorio (1 a 5 kg/h) hasta extrusores que pueden producir 5 a 10 ton/h de materiales poco densos (0.5 a 0.7 g/cm<sup>3</sup>) y dado que son equipos continuos, se tiene un buen control del proceso y se obtienen productos uniformes. (Huber, 2010)

**Calidad del producto terminado:** El tiempo promedio que pasa una partícula de alimento en un extrusor puede ser de unos cuantos segundos, lo que disminuye las probabilidades de destrucción de vitaminas y reacciones poco deseables entre proteínas y carbohidratos reductores. Por su característica de calentamiento a altas temperaturas y corto tiempo, los extrusores pueden producir alimentos estériles y, debido a la completa gelatinización de los almidones, muy digeribles. (Kent, 2013)

## 2.15 APLICACIONES DE LA EXTRUSIÓN

Las aplicaciones en las que predomina la cocción permiten la transformación de alimentos amiláceos para mejorar sus propiedades y nutricionales. Entre las aplicaciones esta la elaboración de pellet y los snack (García, 2009).

**Tabla 10.**Parámetros del extrusor de tornillo simple.

PARÁMETROS	UNIDAD	CANTIDAD
Alimentación	kg	3
Velocidad del tornillo sinfín	rpm	300
Velocidad de la cuchilla	rpm	1600
Presión	bares	160-180
Temperatura cámara 1	°C	30-35
Temperatura de cámara 2	°C	88-95
Temperatura de cámara 3	°C	105-135
Diámetro del agujero de dado	mm	2,5
Numero de dados		2

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El desarrollo experimental se realizó en el Departamento de Nutrición y Calidad del Instituto Nacional de investigaciones Agropecuarias, Estación Experimental Santa Catalina (INIAP), ubicada en el sector de Cutuglagua, Cantón Mejía, Provincia Pichincha.

##### 3.1.1 ÁREA DE ESTUDIO

**Tabla 11.** Características de área de estudio.

PROVINCIA	Pichincha
CANTÓN	Mejía
PARROQUIA	Cutuglagua
ALTITUD	3058 m.s.n.m
LATITUD	00° 22''S
LONGITUD	78° 23''O
HUMEDAD RELATIVA	79 %
PLUVIOSIDAD	1.400 mm anual
TEMPERATURA PROMEDIO	12°C

Fuente: (INIAP.GOB.EC, 2010)

## 3.2 MATERIALES Y EQUIPOS

### Materias primas:

- ❖ Gritz Maíz amarillo *Zea mayz*
- ❖ Gritz Chocho *Lupinus mutabilis*
- ❖ Gritz Quinoa *Chenopodium quínoa*

### Insumos:

- ❖ Azúcar
- ❖ Aceite
- ❖ Saborizantes
- ❖ Agua

### 3.2.1 EQUIPOS E INSTRUMENTOS

- ❖ Mesa.
- ❖ Recipientes plásticos.
- ❖ Limpiones.
- ❖ Fundas de polietileno.
- ❖ Balanza analítica de capacidad de 5kg
- ❖ Secador de bandejas
- ❖ Molino
- ❖ Tamiz
- ❖ Extrusor de tornillo simple.
- ❖ Refractómetro
- ❖ Termómetro
- ❖ Probeta 1000 ml
- ❖ Vaso de precipitación
- ❖ Cronómetro.
- ❖ Fundas plásticas
- ❖ Selladora.
- ❖ Bombonera

- ❖ Cámara de flujo laminar
- ❖ Incubadora
- ❖ Mechero de alcohol
- ❖ Gradillas
- ❖ Pipetas: automáticas, volumétrica graduada
- ❖ Placas petrifilm3M: para aerobios totales, recuento de mohos y levaduras
- ❖ P-6416-6416 Petri film coliformes
- ❖ Vasos de precipitación
- ❖ Tubos de ensayo
- ❖ Puntas para pipetas
- ❖ Recipientes de plástico, vasos y cucharas desechables.

### **3.3 MÉTODOS**

En la investigación se utilizó griz de (maíz, chocho y quinua) obtenido del proceso de molienda y tamizado, con una granulometría de 2mm de diámetro, para obtener una mezcla homogénea.

#### **3.3.1 FACTORES EN ESTUDIO**

En la presente investigación se utilizó los siguientes factores de estudio.

##### **Factor A: Porcentaje de sustitución de maíz por (quinua y chocho)**

- ❖ **A1:**70% maíz + (25% quinua + 5% chocho)
- ❖ **A2:**75% maíz + (20% quinua + 5% chocho)
- ❖ **A3:**80% maíz + (15% quinua + 5% chocho)

### Factor B: Porcentaje de humedad de la mezcla

❖ B1: 20%

❖ B2: 15%

### Factor C: Perfil de temperatura

❖ C1:135°C

❖ C2:105°C

### 3.3.2 TRATAMIENTOS

Para la investigación se utilizó 12 tratamientos 1 testigo, con sus respectivas codificaciones según la siguiente tabla.

**Tabla 12.** Nomenclatura de los tratamientos.

TRATAMIENTOS	FACTOR (A) Porcentaje de sustitución	FACTOR (B) Porcentaje de humedad	FACTOR (C) Temperatura °C	SIMBOLOGÍA
T1	A1	B1	C1	A1B1C1
T2	A1	B1	C2	A1B1C2
T3	A1	B2	C1	A1B2C1
T4	A1	B2	C2	A1B2C2
T5	A2	B1	C1	A2B1C1
T6	A2	B1	C2	A2B1C2
T7	A2	B2	C1	A2B2C1
T8	A2	B2	C2	A2B2C2
T9	A3	B1	C1	A3B1C1
T10	A3	B1	C2	A3B1C2
T11	A3	B2	C1	A3B2C1
T12	A3	B2	C2	A3B2C2
T13	<b>TESTIGO</b>			

### 3.3.3 TIPO DE DISEÑO

Se utilizó el Diseño Experimental Completo al Azar con un arreglo factorial A x B x C + 1. El número de tratamientos es de 12 más 1 testigo, con tres repeticiones de cada tratamiento, dando un total de 39 unidades experimentales.

### 3.3.4 CARACTERÍSTICAS DEL EXPERIMENTO

Número de repeticiones: Tres (3)

Número de tratamientos: trece (13)

Número de unidades experimentales: treinta y nueve (39)

#### 3.3.4.1 FORMULACIONES

**Tabla 13.** Formulación de la mezcla (70% maíz -25% quinua -5% chocho).

Ingredientes	Cantidad (Kg)	Cantidad (g)	Porcentaje (%)
Gritz de maíz	2,10	2100,00	70,00
Gritz de quinua	0,75	750,00	25,00
Gritz de chocho	0,15	150,00	5,00
Total	3,00	3000,00	100,00
Jarabe °brix	0,45	450,00	15,00
Aceite	0,06	60,00	2,00

Fuente: (Cadena, 2010)

**Tabla 14.** Formulación de la mezcla (75% maíz - 20% quinua -5% chocho).

<b>Ingredientes</b>	<b>Cantidad (Kg)</b>	<b>Cantidad (g)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Gritz de maíz	2,25	2250,00	75,00
Gritz de quinua	0,60	600,00	20,00
Gritz de chocho	0,15	150,00	5,00
<b>Total</b>	<b>3,00</b>	<b>3000,00</b>	<b>100,00</b>
Jarabe °brix	0,45	450,00	15,00
Aceite	0,06	60,00	2,00

**Fuente:** (Cadena, 2010)

**Tabla 15.** Formulación de la mezcla (80% maíz -15% quinua-5% chocho).

<b>Ingredientes</b>	<b>Cantidad (Kg)</b>	<b>Cantidad (g)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Gritz de maíz	2,40	2400,00	80,00
Gritz de quinua	0,45	450,00	15,00
Gritz de chocho	0,15	150,00	5,00
<b>Total</b>	<b>3,00</b>	<b>3000,00</b>	<b>100,00</b>
Jarabe °brix	0,45	450,00	15,00
Aceite	0,06	60,00	2,00

**Fuente:** (Cadena, 2010)

### 3.3.5 UNIDAD EXPERIMENTAL

La unidad experimental tuvo un peso de 3kg de producto elaborado de snack.

### 3.3.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

**Tabla 16.** DCA A x B x C + 1

Fuentes de variación	G.L.
Total	38
Tratamientos	12
Factor A (porcentaje de sustitución de la mezcla)	2
Factor B (porcentaje de humedad de la mezcla)	1
Factor C (perfil de temperatura)	1
A x B	2
A x C	2
B x C	1
A x B x C	2
Testigo vs otros	1
Error experimental	26

Determinación del coeficiente de variación.

$$CV = \frac{\sqrt{CM E Exp}}{x} \cdot 100 \quad (1)$$

CV=Coeficiente de variación

CM=Cuadrado medio

E Exp=Error experimental

### 3.3.7 ANÁLISIS FUNCIONAL

Para los tratamientos se realizó la prueba de Tukey al 5% y para los factores en los que hubo significancia estadística se empleó la Prueba de Diferencia Mínima Significativa (D.M.S.).

Para las variables no paramétricas se realizó la prueba de Friedman al 5 % empleando el estadístico Ji- cuadrado dado por:

Rangos de Friedman.

$$\chi_r^2 = \frac{12}{nk(k+1)} \sum R_j^2 - 3(K+1) \quad (2)$$

Dónde:

n= número de filas o bloques

k= número de tratamientos

Rj= es la suma de los rangos de la j-exima columna

## 3.4 VARIABLES EVALUADAS

Dentro de la investigación se evaluaron las siguientes variables.

### 3.4.1 VARIABLES CUANTITATIVAS

Se realizaron los siguientes análisis en las materias primas, antes del proceso de extrusión.

**En la materia prima:** Gritz de maíz, chocho y quinua.

**Tabla 17.** Parámetros analizados en el griz de (maíz, quinua y chocho).

<b>PARÁMETROS</b>
Humedad
Proteína
Extracto etéreo
Cenizas
Carbohidratos
Fibra

### **3.4.2 ANÁLISIS EVALUADOS EN EL PRODUCTO FINAL**

- ❖ Peso
- ❖ Grado de expansión
- ❖ Rendimiento
- ❖ Análisis microbiológico (Recuento de Aerobios Mesófilos y Coliformes Totales, Mohos, Levaduras).
- ❖ Análisis sensorial (color, olor sabor, textura)
- ❖ Análisis físico químico (humedad, proteína, fibra, grasa, carbohidratos)

### **3.4.3 VARIABLES CUALITATIVAS**

- ❖ Color
- ❖ Olor
- ❖ Sabor
- ❖ Textura

## 3.5 MÉTODO DE ANÁLISIS

### 3.5.1 PARA LA MATERIA PRIMA

**Tabla 18.** Parámetros analizados en la materia prima.

PARÁMETROS	MÉTODO
Húmeda	AOAC 925.10
Proteína	AOAC 920.87
Extracto etéreo	AOAC 920.85
Cenizas	AOAC 923.03
Carbohidratos totales	CALCULO
Fibra	AOAC 920.85

#### ❖ **Humedad**

Su finalidad es dar a conocer la cantidad de agua que tiene el producto; se empleó el método de ensayo AOAC 925.10

#### ❖ **Proteína**

Este análisis ayuda a conocer que cantidad de amoníaco contiene el producto, para determinar el porcentaje de proteína se utilizó el método descrito en la Norma AOAC 920.87.

#### ❖ **Cenizas**

Este análisis nos permite determinar la cantidad de minerales presentes en el producto, se lo realizó siguiendo la técnica de la AOAC 923.03, se tomó muestras del producto.

### **Procedimiento:**

Con la ayuda de una pinza se pesa los crisoles en una balanza analítica, después se pesa las muestras de 1.5g dentro de los crisoles. Enseguida las muestras (1.50 a 1.70 g) serán colocadas en una parrilla y las muestras quemadas lentamente hasta que el material no desprenda más humo, evitando que la muestra se proyecte fuera del crisol. Posteriormente, se introduce el crisol en una mufla a 550°C y se efectúa la calcinación completa, en un tiempo de aproximadamente entre 3 a 4 horas. Transcurrido el tiempo, los crisoles se dejan enfriar en la mufla hasta llegar a la temperatura adecuada, los crisoles se transfieren a un desecador para su completo enfriamiento. Por último se pesa el crisol con la ceniza.

Los cálculos se llevaron a cabo empleando la siguiente ecuación.

Porcentaje de cenizas.

$$\% \text{Ceniza} = \frac{P-p}{M} \times 100 \quad (3)$$

Dónde:

P= Masa del crisol con las cenizas en gramos.

p= Masa del crisol vacío en g.

M= Masa de la muestra en g.

### **❖ Extracto etéreo**

Esté análisis ayuda a determinar el porcentaje de grasa total en el producto, se lo realizó siguiendo el procedimiento descrito en la AOAC 920.85, se tomó una muestra del producto.

Este análisis se lo realizó mediante extracción con éter de petróleo usando el método Soxhlet descrito a continuación.

**Procedimiento:**

Pesar 2g de muestra seca en una balanza analítica y se colocarla en un cartucho o dedal, el cual es cubierto con una porción de algodón. Se transfiere el cartucho dentro del extractor Soxhlet. En la parte inferior del extractor se ajusta un matraz con perlas de ebullición (llevados previamente a peso constante por calentamiento a 100-110°C, en un horno y en la parte superior del extractor se coloca un refrigerante de rosario.

Posteriormente, se añade éter de petróleo por el extremo superior del refrigerante en cantidad suficiente para tener 2 o 3 descargas del extractor (alrededor de 60ml por descarga) luego se hacen circular agua por el refrigerante. Se calienta (60 a 70°C) la parrilla del equipo Soxhlet hasta que se obtiene una frecuencia de 2 gotas por segundo y se deja ejecutando la extracción durante un periodo de 4 a 5 horas. Finalmente, se deja evaporar el éter a 65°C en horno estufa y se pesan los matraces.

Los cálculos se llevaron a cabo empleando la siguiente ecuación.

Determinación de extracto etéreo.

$$\% \text{Extracto etéreo} = \frac{P-p}{M} \times 100 \quad (4)$$

Dónde:

P= peso en g del matraz con grasa.

p= peso en g del matraz sin grasa.

M= peso de la muestra en g.

### ❖ Carbohidratos totales

El contenido de carbohidratos se determinó con la siguiente ecuación.

Determinación de carbohidratos.

$$\% \text{ C.T} = 100 - \% \text{ Humedad} - \% \text{ Proteína} - \% \text{ Extracto Etéreo} - \% \text{ Cenizas} \quad (5)$$

### 3.5.2 PRODUCTO TERMINADO

**Tabla 19.** Proteína del producto terminado.

PARÁMETRO	MÉTODO
Proteína	MO-LSAIA -01.04

**Tabla 20.** Grado de expansión del snack terminado.

PARÁMETRO	MÉTODO
Grado de expansión	Densidad de la muestra g/ml

**Tabla 21.** Parámetros evaluados en los 3 mejores tratamientos.

PARÁMETRO	MÉTODO
Humedad	MO-LSAIA -01.01
Cenizas	MO-LSAIA -01.02
E. E.	MO-LSAIA -01.03
Fibra	MO-LSAIA -01.04
E.L.N.	MO-LSAIA -01.05
Carbohidratos	Diferencia

### ❖ **Peso**

Esta variable se analizó al inicio y al final del proceso de extrusión, en los tratamientos, se utilizó una balanza digital capacidad 5kg.

### ❖ **Rendimiento**

Esta variable se realizó mediante un balance de materiales, para lo cual se procedió a pesar al inicio y final del proceso de extrusión, la cantidad obtenida, se comparara con el peso inicial de la mezcla de ingredientes.

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Peso Final}}{\text{Peso Inicial}} * 100 \quad (6)$$

## 3.5.3 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

**Recuento total de Microorganismos.-** Se realizó el análisis microbiológico con placas Petri film al producto terminado, en el laboratorio del Departamento de Nutrición y Calidad, Estación Experimental Santa Catalina; con el fin de determinar la carga microbiológica y conocer si el producto elaborado se encuentra entre los rangos que determina la Norma Técnica Colombiana para Extruidos Expandidos a Base de Cereales NTC 3659: 1996. Industrias alimentarias. Extruidos expandidos a Base de cereales.

**Tabla 22.** Control microbiológico realizado en el producto final.

PARÁMETROS	UNIDAD	MÉTODO
Recuento de aerobios mesófilos	UFC/g	AOAC 989.10
Recuento de coliformes totales	UFC/g	
Recuento mohos	UPM/g	AOAC 997.02
Recuento de levaduras	UPL/g	

### 3.5.4 ANÁLISIS SENSORIAL

Se determinó con un panel de 15 degustadores que según su apreciación y siguiendo las normativas de degustación evaluarán la calidad del producto.

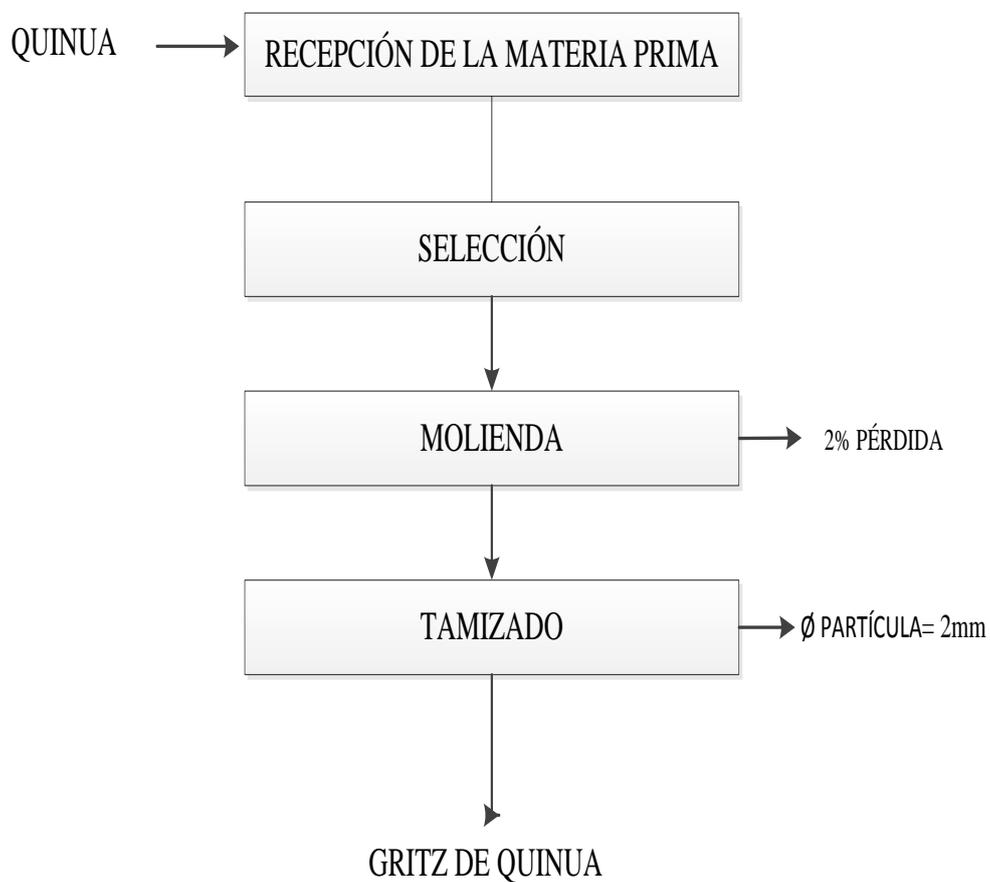
**Tabla 23.** Parámetros de la degustación.

Color	10 puntos
Olor	10 puntos
Sabor	10 puntos
Textura	10 puntos

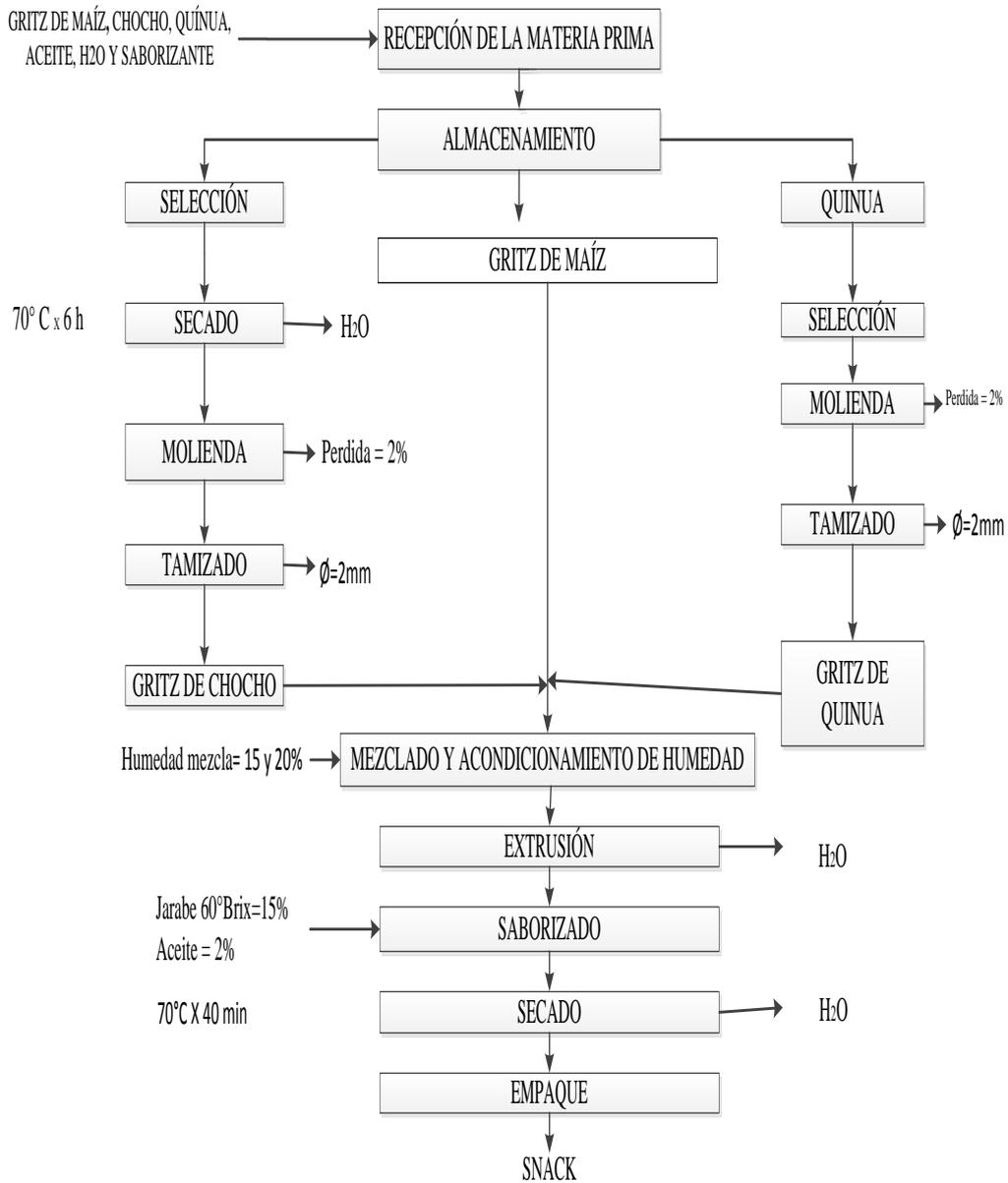
### 3.6 DIAGRAMA DE BLOQUES GRITZ DE CHOCHO



### 3.7 DIAGRAMA DE BLOQUES GRITZ QUINUA



### 3.8 DIAGRAMA DE BLOQUES PARA LA ELABORACIÓN DE UN SNACK EXTRUIDO



### **3.9 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE SNACK POR EXTRUSIÓN**

- ❖ Recepción de materia prima e insumos.- Se reciben las materias primas maíz, chocho y quinua, aceite y saborizante.
- ❖ Almacenamiento.-Se almacena las materias primas temperatura ambiente (15 °C a 20°C).
- ❖ Secado.- Para el chocho se utilizó un secador de bandejas a una temperatura de 70° C por seis horas hasta lograr un secado homogéneo.
- ❖ Molienda chocho y quinua.- Una vez seco el chocho y la quinua se procede a una molienda para reducir el tamaño con el fin de lograr una mezcla homogénea entre las materias primas.
- ❖ Tamizado.- Se tamiza el producto obtenido de la molienda chocho y quinua hasta lograr un tamaño de partícula similar al de gritz de maíz 2mm de diámetro, con el fin de lograr una mezcla homogénea.
- ❖ Mezcla y acondicionamiento.- Posteriormente, se mezcla el gritz de maíz, chocho y quinua, y se acondiciona hasta obtener una mezcla con una humedad de 15 y 20 % para ingresar al proceso de extrusión.
- ❖ Extrusión.- Se extruye la mezcla controlando las condiciones de humedad y temperatura.
- ❖ Saborizado.- Se añade jarabe a 60°brix y aceite, al producto extruido.
- ❖ Secado.- A continuación, se seca el producto ya saborizado en un secador giratorio a una temperatura de 70° C por 40 minutos, hasta lograr una humedad de alrededor del 3%.
- ❖ Empaque.- Se empaco el producto terminado en fundas de polipropileno.
- ❖ Almacenamiento.-Se almacena el producto terminado a temperatura ambiente (15 a 20°C).

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 4.1 VARIABLES A EVALUARSE EN LAS MATERIAS PRIMAS

##### 4.1.1 DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE LAS MATERIAS PRIMAS

Tabla 24. Composición nutricional del griz de (maíz, quinua y chocho).

Parámetros	Unidad	Gritz de maíz	Gritz de quinua	Gritz de chocho
Humedad	%	12,00	12,45	13,23
Proteína	%	8,83	16,25	48,50
Extracto etéreo	%	3,11	8,39	14,63
Cenizas	%	0,94	3,73	2,36
Carbohidratos	%	75,12	59,38	21,28
Fibra	%	0,85	9,77	10,46

Laboratorio de Análisis Físicos, Químico y Microbiológicos (FICAYA – UTN)

La tabla 24 indica los resultados del análisis físico químico de los griz de maíz, quinua y chocho mostrados en porcentajes, analizadas en el Laboratorio de Análisis Físicos, Químico y Microbiológicos (FICAYA – UTN), donde se observa que están dentro de la norma INEN 2 051:1995.: Granos y cereales. Maíz molido, sémola, harina, griz. La composición humedad, grasa, proteína,

fibra y carbohidratos totales, influyen en las características y propiedades finales de la masa que fluye dentro del extrusor (Martínez, 2012).

Los estudios reconocen que el almidón, es el componente predominante de los cereales, ya que afecta al grado de expansión, mientras que las proteínas, grasas y fibra actúan como “diluyentes”. (Guy, 2009), ha propuesto un sistema para clasificar los materiales de acuerdo con su funcionalidad utilizando un enfoque fisicoquímico.

#### 4.1.2 HUMEDAD DE LAS MEZCLAS PARA CADA TRATAMIENTO

**Tabla 25.** Humedad de las mezclas (%).

Tratamientos	Humedad de las Mezclas	Cantidad de Agua añadida	Humedad requerida
	(%)	( ml)	(%)
T1	13,40	198,00	20,00
T2	12,81	215,70	20,00
T3	12,40	78,00	15,00
T4	12,69	69,30	15,00
T5	12,89	213,30	20,00
T6	12,89	213,30	20,00
T7	11,98	90,60	15,00
T8	12,36	79,20	15,00
T9	12,26	232,20	20,00
T10	12,18	234,60	20,00
T11	12,60	72,00	15,00
T12	12,76	67,20	15,00
Testigo	12,00	240,00	15,00

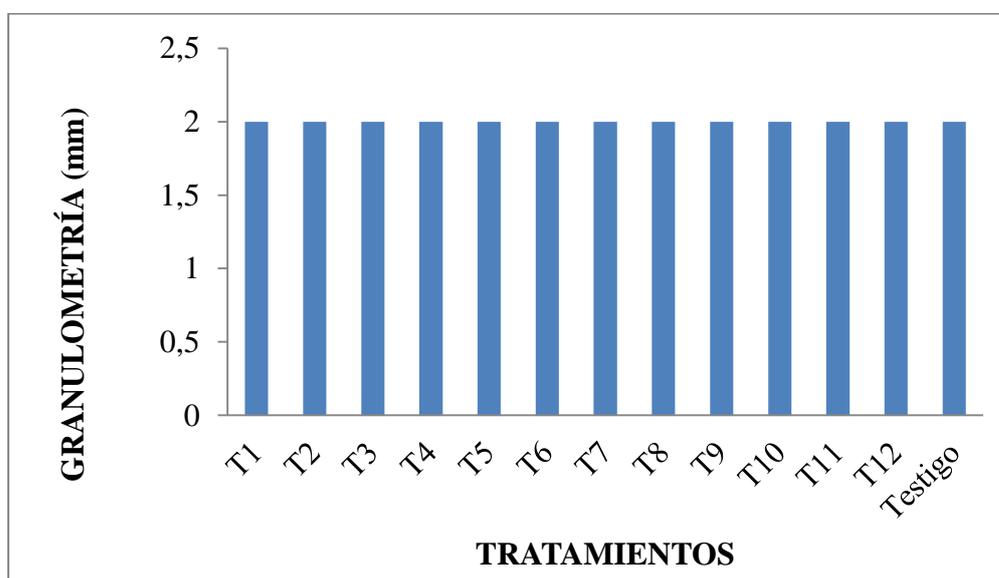
**Laboratorio del Departamento de Nutrición y Calidad (INIAP)**

En la tabla 25 se observa el porcentaje de humedad inicial de las mezclas y la cantidad de agua añadida para obtener la humedad requerida de 15 y 20%, ya que es un factor que influye en el proceso de extrusión. Así mismo, (Ainsworth, 2014) menciona que el contenido de humedad de la materia prima y la temperatura del cilindro afecta predominantemente a la expansión de los productos extruidos. También, (Noriega, 2011) manifiesta, que porcentajes de humedad de 10 a 40 en la mezcla, son capaces de manejar en extrusores de tornillo simple.

## 4.2 GRANULOMETRÍA

Esta variable se midió al inicio del proceso de elaboración de snack para determinar el tamaño de partículas de la materia prima. Se utilizó un tamiz de 2 mm de apertura de malla para los tratamientos y repeticiones.

**Gráfica 2.** Granulometría de los tratamientos (mm).



En la Gráfica 2 se observa la granulometría de los tratamientos y testigo; en donde todos tienen una sola granulometría de 2mm de diámetro. Las partículas de menor diámetro consumen mayor cantidad de energía por lo que se debe guardar el equilibrio costo – calidad.

Según (Guy, 2009), la granulometría tiene efecto, debido a que a un diámetro menor a 2mm, el incremento de la presión en el extrusor de tornillo simple llegue a sus límites de presión, causando problemas en proceso.

También las partículas de gran tamaño retardan la gelatinización hasta antes de la descarga del dado de salida. Las partículas finas dan una pronta gelatinización y una baja viscosidad del fluido, propiedades que no son adecuados. (Fernandez, 2010).

### **4.3 VARIABLES EVALUADAS EN EL PRODUCTO TERMINADO**

Para evaluar los parámetros de extrusión (porcentaje de mezcla, porcentaje de humedad y temperatura) sobre la textura y humedad luego de la extrusión y del producto final. Se utilizó análisis estadístico.

### 4.3.1 HUMEDAD DEL PRODUCTO FINAL (%)

**Tabla 26.** Humedad (%).

Tratamientos	Repeticiones			$\Sigma$ Tratamientos	Media
	I	II	III		
T1	2,90	2,89	2,96	8,75	2,92
T2	2,87	2,87	2,89	8,63	2,88
T3	2,60	2,57	2,59	7,76	2,59
T4	2,57	2,56	2,55	7,68	2,56
T5	2,85	2,87	2,90	8,62	2,87
T6	2,70	2,84	2,87	8,41	2,80
T7	2,70	2,69	2,69	8,08	2,69
T8	2,48	2,53	2,52	7,53	2,51
T9	2,70	2,72	2,75	8,17	2,72
T10	2,69	2,69	2,68	8,06	2,69
T11	2,58	2,53	2,56	7,67	2,56
T12	2,50	2,49	2,51	7,50	2,50
<b>TESTIGO</b>	2,75	2,64	2,74	8,13	2,71
<b><math>\Sigma</math>Rep</b>	34,89	34,89	35,21	104,99	2,69

### 27. Análisis de varianza de la humedad.

F.V	G.L	S.C	C.M	F.C		F. Tabular	
						5%	1%
Total	38,000	0,777					
Tratamientos	12,00	0,744	0,062	48,56	**	2,15	2,96
Factor A	2,00	0,100	0,050	39,01	**	3,37	5,53
Factor B	1,00	0,543	0,543	424,99	**	4,23	7,72
Factor C	1,00	0,043	0,043	33,45	**	4,23	7,72
Factor A*B	2,00	0,033	0,016	12,77	**	3,37	5,53
Factor A*C	2,00	0,015	0,008	5,99	**	3,37	5,53
Factor B*C	1,00	0,004	0,004	2,82	ns	4,23	7,72
Factor A*B*C	2,00	0,008	0,004	2,94	ns	3,37	5,53
Test vs Otros	1,00	0,001	0,001	0,82	ns	4,23	7,72
Error Experimental	26,00	0,033	0,001				

\*: Altamente significativo

\*\* : Altamente significativo al 5%

ns: No significativo

**C.V= 1,34 %**

Al realizar el análisis de varianza, se observó que a mayor porcentaje de humedad la textura es poco crujiente. Por lo tanto, la diferencia es altamente significativa, para los tratamientos y factores: porcentaje de sustitución de mezcla (factor A), porcentaje de humedad de la mezcla (factor B) y temperatura (factor C), por lo que se rechaza la hipótesis negativa en la que los tratamientos no tienen el mismo efecto, al existir significación estadística, se realizó el análisis funcional mediante la prueba de Tukey para los tratamientos y diferencia media significativa para los factores.

Los resultados hacen referencia al efecto que produce el factor C sobre los valores de humedad del producto extruido; notándose que los tratamientos con 20% de humedad inicial presentan mayores porcentajes de humedad en el producto final.

**Tabla 28.** Prueba de Tukey para la humedad.

Simbología	Tratamientos	Promedio	Rangos
a1b1c1	T1	2,92	a
a1b1c2	T2	2,88	a
a2b1c1	T5	2,87	b
a2b1c2	T6	2,80	c
a3b1c1	T9	2,72	d
Testigo	T13	2,71	e
a3b1c2	T10	2,69	f
a2b2c1	T7	2,69	g
a1b2c1	T3	2,59	h
a1b2c2	T4	2,56	i
a3b2c1	T11	2,56	j
a2b2c2	T8	2,51	k
a3b2c2	T12	2,50	l

En la prueba de Tukey al 5%, se observó que la mezcla al 20% de humedad provoca mayor humedad en el producto extruido, valores que está dentro de la norma técnica NTC Colombiana NTC 3659. La humedad final de los productos extruidos, afecta a la textura y a su conservación.

**Tabla 29.** Prueba Diferencia media significativa para el factor A.

Factor	Promedio	Rangos
a1	2,74	a
a2	2,72	b
a3	2,62	c

**Tabla 30.** Prueba Diferencia media significativa para el factor B.

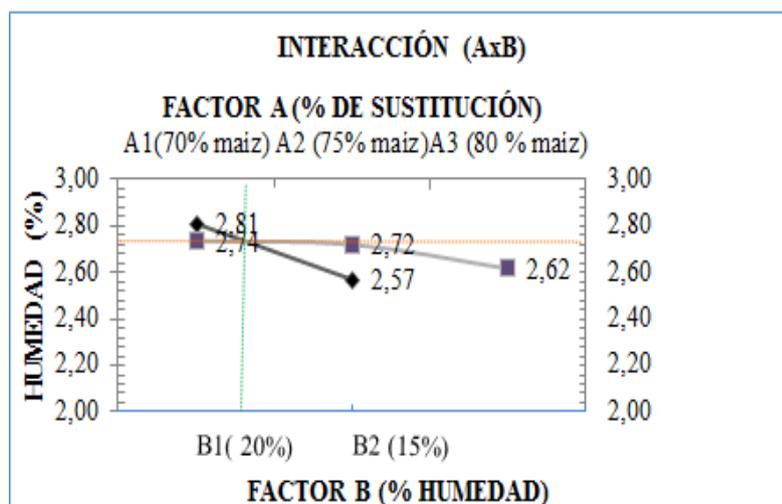
Factor	Promedio	Rangos
b1	2,81	a
b2	2,57	b

**Tabla 31.** Prueba Diferencia media significativa para el factor C.

Factor	Promedio	Rangos
c1	2,73	a
c2	2,66	b

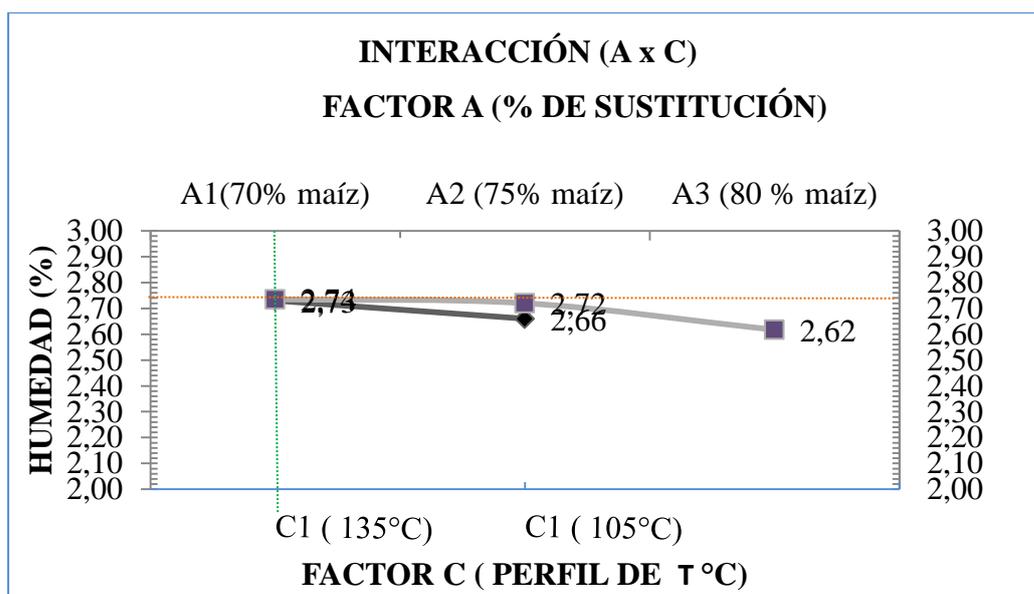
Luego de realizar la prueba Diferencia media significativa para el factor (A), porcentaje de sustitución de maíz por (quinua y chocho), tiene efecto; en donde a mayor porcentaje de sustitución en la mezcla se obtiene una menor humedad en el snack extruido. También (Guy, 2009) menciona que los altos índices de absorción de agua y de solubilidad los de humedad disminuyen, debido a la modificación del almidón en el proceso de extrusión.

**Gráfica 3.** Interacción (A x B) humedad producto final (%).



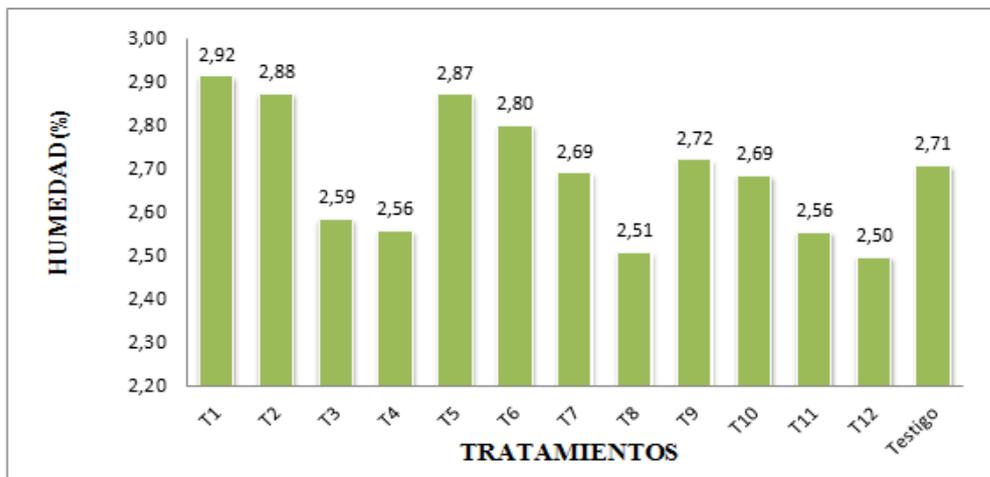
En la gráfica 3 de interacción podemos observar que el punto donde se interacciona el factor A y el factor B es de 2,70%, con lo que determinamos el mejor tratamiento A1B1, donde el porcentaje de sustitución de mezcla es (70% maíz - 25% quinua - 5% chocho) y 20% de humedad en la mezcla.

**Gráfica 4.** Interacción A x C.



En la gráfica 4 observamos que el punto óptimo de interacción es de 2,74%, por lo tanto los mejores tratamientos son: A1B1C1 Y A1B2C1 en donde el porcentaje de sustitución de la mezcla es (70% maíz - 25% quinua - 5% chocho) y temperatura de 135°C. Sin embargo, todos los tratamientos contiene un porcentaje de humedad que está dentro rangos adecuados que establece la norma técnica colombiana 3659 para extruidos expandidos.

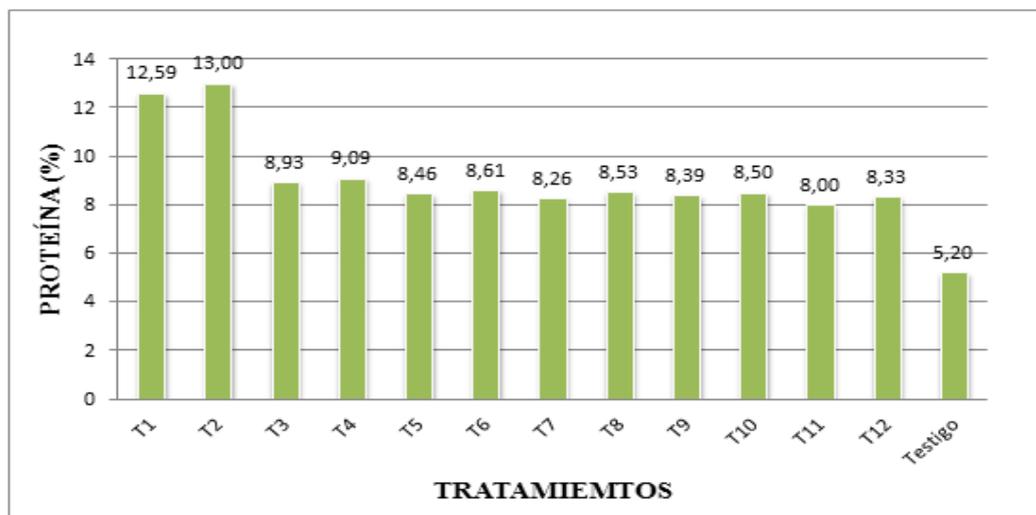
**Gráfica 5.** Humedad de producto final (%)



En la gráfica 5 se observa el porcentaje de humedad de todos los tratamientos en donde al 20% de humedad existe un incremento. (Salas, 2012)... El contenido de humedad de 15% en la mezcla, afecta la expansión, la resistencia de ruptura del producto y la textura. Ya que a una menor humedad del producto después del proceso de extrusión disminuye el tiempo de secado mejorando su crujencia en el producto final.

#### 4.3.2 PROTEÍNA

**Gráfica 6.** Proteína del snack extruido saborizado (%).



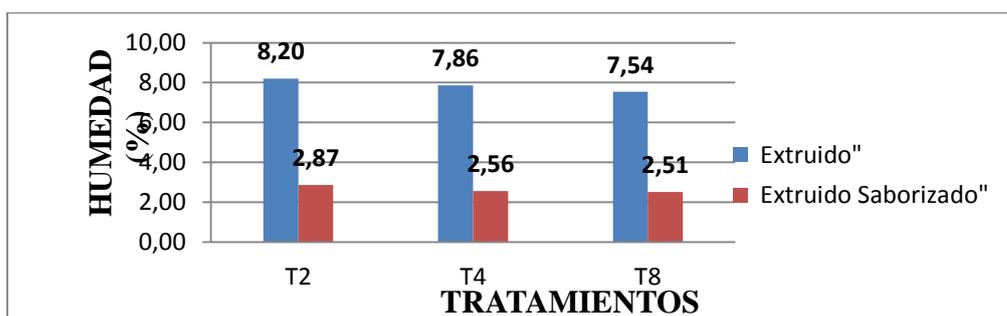
Luego de realizar el análisis de proteína se observa, el efecto de la sustitución de maíz por la quinua y chocho en la elaboración del snack extruido; ya que a mayor porcentaje de sustitución de quinua y chocho el porcentaje de proteína aumenta. A diferencia del testigo que es 100% maíz donde el contenido de proteína es menor.

Por otra parte (Garcia, 2012) menciona que las proteínas, crean elasticidad limitando así la expansión del producto extruido, por lo que se debe controlar la temperatura del tratamiento térmico para disminuir el porcentaje de pérdida de nutrientes y la desnaturalización de la proteína durante la extrusión.

#### 4.3.3 ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL SNACK ANTES Y DESPUÉS DEL SABORIZADO

Se determinó las características físico- químicas (humedad, proteína, fibra, grasa, carbohidratos) en los tres mejores tratamientos en el producto extruido sin saborizar y en el producto extruido saborizado.

Gráfica 7. Humedad del producto extruido y saborizado.

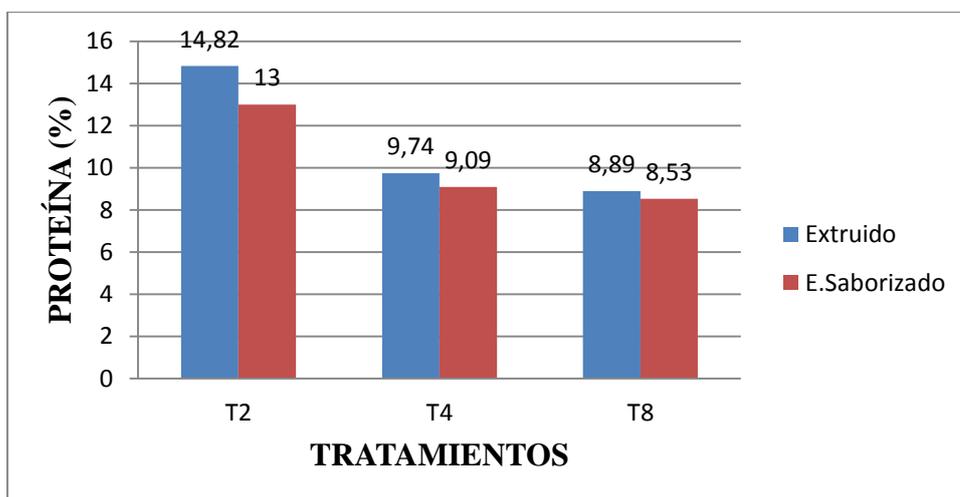


Los resultados de la gráfica muestran el porcentaje de humedad de los tres mejores tratamientos (T2, T4, T6), siendo el extruido sin saborizar el que tiene mayor porcentaje de humedad; debido a que la humedad a la salida del extrusor esta de 7 a 10%. También (Martinez, 2012) indica que la humedad del producto a

la salida del extrusor esta de 5 a 10%, niveles por enzima genera el desarrollo de microorganismos en los productos alimenticios. Por otra parte cuanto mayor sea la cantidad de azúcar o sal, menor será la cantidad de agua disponible y menor será la posibilidad de crecimiento microbiano.

La humedad del producto final está dentro de la norma técnica Colombiana NTC 3659, la humedad final de los productos extruidos, afecta la textura y su conservación.

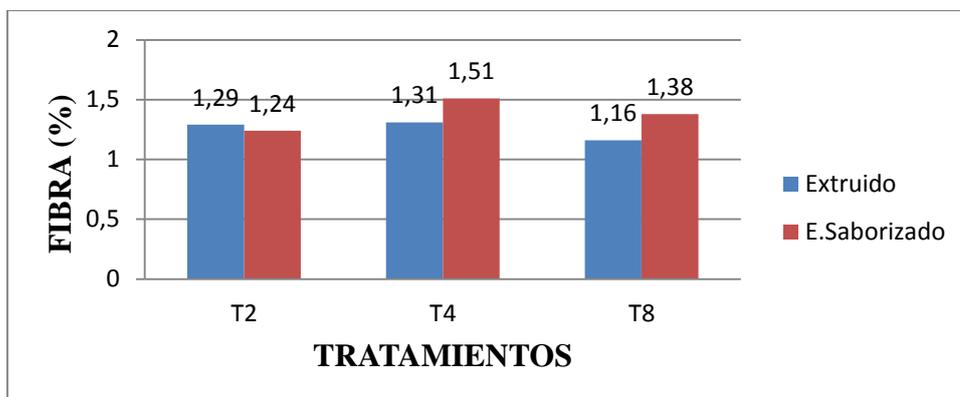
**Gráfica 8.** Proteína del producto extruido y saborizado.



Los resultados de la gráfica muestran el porcentaje de proteína de los tres mejores tratamientos (T2, T4, T6), siendo el extruido sin saborizar el que tiene mayor porcentaje de proteína debido a que no fue sometido a proceso de secado donde se trabajó con temperatura de 70°C.

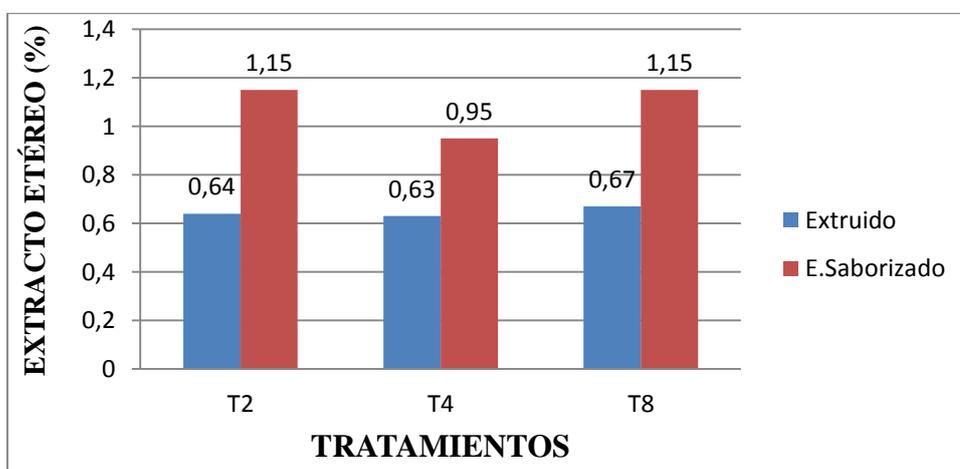
Según (Salas, 2012) señala que los cambios de proteína se debe a la composición de las materias primas con las que se trabajó en el proceso de extrusión. Ya que en la desnaturalización de la proteína la mayoría de las enzimas pierden actividad durante el proceso de extrusión.

**Gráfica 9.** Fibra del producto extruido y saborizado.



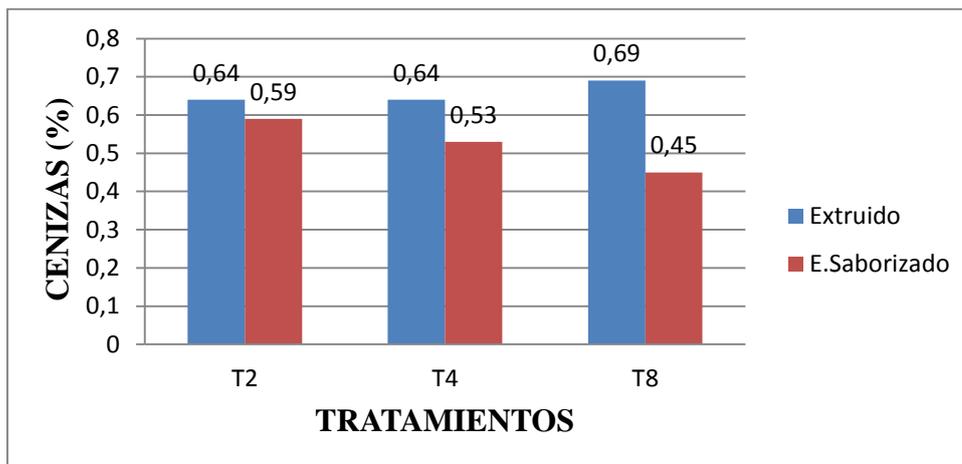
En la gráfica se indica el porcentaje de fibra de los tres mejores tratamientos (T2, T4, T6), siendo el extruido sin saborizar el que mayor porcentaje de fibra; por consiguiente la temperatura y tiempo de secado afectan directamente las características físico químicas en el extruido saborizado.

**Gráfica 10.** Extracto etéreo del producto extruido y saborizado.



Los resultados de la gráfica muestran el porcentaje de extracto etéreo de los tres mejores tratamientos (T2, T4, T6), siendo el extruido saborizado el que tiene mayor porcentaje de extracto etéreo; debido a que las grasas no son compuestos volátiles y por otra parte al saborizar se añadió 2% de aceite.

**Gráfica 11.** Contenido de cenizas del producto extruido y saborizado.



Los resultados de la gráfica muestran el porcentaje de cenizas de los tres mejores tratamientos (T2, T4, T6), siendo el extruido sin saborizar el que tiene mayor porcentaje de fibra; esto se debe a la temperatura y tiempo de secado.

#### 4.3.4 GRADO DE EXPANSIÓN

**Tabla 32.** Grado de expansión (g/ml).

Tratamientos	Repeticiones			$\Sigma$ Tratamientos	Media
	I	II	III		
T1	0,48	0,47	0,49	1,44	0,48
T2	0,41	0,43	0,41	1,25	0,42
T3	0,40	0,45	0,44	1,29	0,43
T4	0,49	0,48	0,49	1,46	0,49
T5	0,62	0,64	0,65	1,91	0,64
T6	0,61	0,54	0,67	1,82	0,61
T7	0,68	0,68	0,69	2,05	0,68
T8	0,61	0,62	0,65	1,88	0,63
T9	0,73	0,71	0,74	2,18	0,73
T10	0,73	0,71	0,72	2,16	0,72
T11	0,76	0,75	0,77	2,28	0,76
T12	0,78	0,77	0,77	2,32	0,77
<b>TESTIGO</b>	0,86	0,88	0,90	2,64	0,88
<b><math>\Sigma</math>Rep</b>	8,16	8,13	8,39	24,68	0,63

**Tabla 33.** Análisis de varianza grado expansión.

F.V	G.L	S.C	C.M	F.C		F. Tabular	
						5%	1%
Total	38	0,76					
Tratamientos	12	0,75	0,06	119,73	**	2,15	2,96
Factor A	2	0,52	0,26	502,09	**	3,37	5,53
Factor B	1	0,01	0,01	14,43	**	4,23	7,72
Factor C	1	0,00	0,00	3,61	ns	4,23	7,72
Factor A*B	2	0,00	0,00	1,69	ns	3,37	5,53
Factor A*C	2	0,00	0,00	3,67	*	3,37	5,53
Factor B*C	1	0,00	0,00	6,17	*	4,23	7,72
Factor A*B*C	2	0,21	0,10	198,83	*	3,37	5,53
Test vs Otros	1	0,20	0,20	381,48	*	4,23	7,72
Error Experimental	26	0,01	0,00				

\*: Altamente significativo

\*\* : Altamente significativo al 5%

ns: No significativo

### **C.V=3,54%**

Luego de realizar el análisis de varianza para el grado de expansión, se observó diferencia significativa 1 y al 5%, se rechaza la hipótesis alternativa en la que todos los tratamientos tienen el mismo efecto, por lo que se realizó el análisis funcional de Tukey para los tratamientos y diferencia media significativa para factores.

Los resultados de la tabla hacen referencia al efecto que produce la sustitución de maíz, quinua y chocho sobre el grado de expansión, observándose que los tratamientos con 80% maíz 15% quinua y 5% chocho y 15% de humedad de la mezcla, presentan un mayor grado de expansión en el producto final.

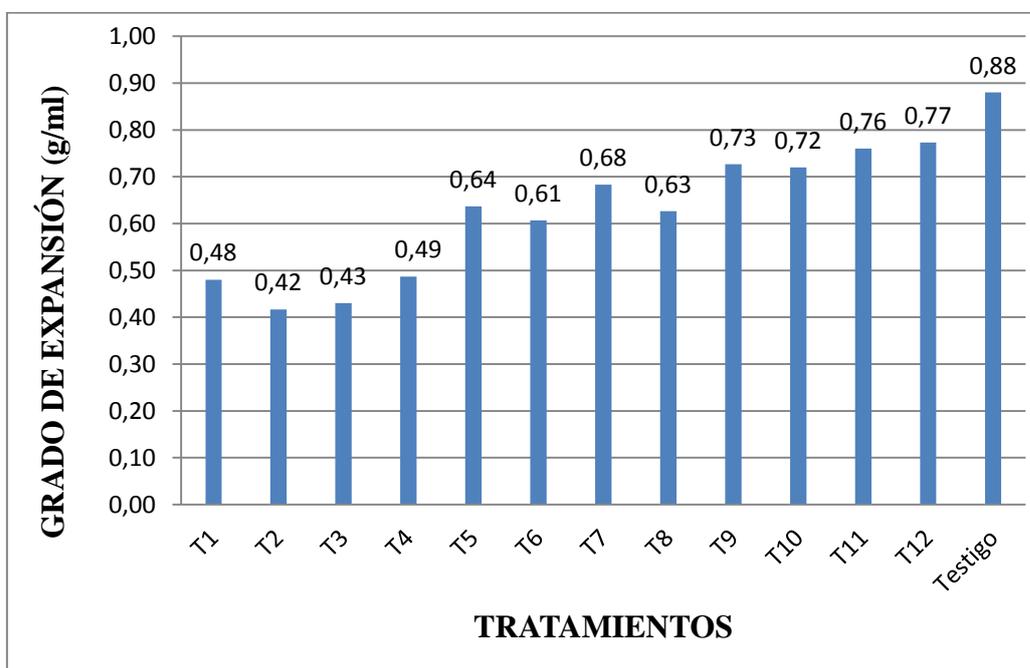
Sin embargo (Cadena, 2010) menciona que la extrusión con altos porcentajes de almidón y diámetro menor en los orificios de los dados incrementan el grado de expansión del producto extruido. También el incremento del contenido de proteína en la mezcla reduce las posibilidades de una extrusión con expansión.

**Tabla 34.** Prueba Tukey para Grado de expansión.

Simbología	Tratamientos	Promedio	Rangos
Testigo	Testigo	0,88	a
a3b2c2	T12	0,77	b
a3b2c1	T11	0,76	c
a3b1c1	T9	0,73	d
a3b1c2	T10	0,72	e
a2b2c1	T7	0,68	f
a2b1c1	T5	0,64	g
a2b2c2	T8	0,63	h
a2b1c2	T6	0,61	i
a1b2c2	T4	0,49	j
a1b1c1	T1	0,48	k
a1b2c1	T3	0,43	l
a1b1c2	T2	0,42	m

Al realizar la prueba de Tukey en los tratamientos, se observa que al sustituir el maíz por quinua y chocho la expansión disminuye, debido a que la mezcla contiene mayor porcentaje de proteína en el producto final. También (Cadena, 2010) señala que a niveles altos de proteína en las materias primas, tienden a reducir la expansión, la extensibilidad de la espuma del polímero de almidón. Por otra parte (Ainsworth, 2014) menciona que valores menores de 60% de almidón o menores, disminuyen el grado expansión del producto final.

**Gráfica 12.** Grado de expansión.



En la gráfica 12 se observa el grado de expansión de los diferentes tratamientos, en donde a mayor porcentaje de sustitución de maíz la expansión en el producto final aumenta.

Sin embargo, (Cadena, 2010) menciona que la extrusión con altos porcentajes de almidón y diámetro menor en los orificios de los dados incrementan el grado de expansión del producto extruido. También el incremento del contenido de proteína en la mezcla reduce las posibilidades de una extrusión con expansión.

### 4.3.5 PESO

Esta variable se midió al inicio y al final del proceso de extrusión, teniendo como finalidad determinar la cantidad de producto obtenido en el proceso de elaboración del snack.

**Tabla 35.** Peso (g)

Simbología	Tratamientos	Repeticiones			$\Sigma$ Tratamientos	Media
		I	II	III		
a1b1c1	T1	2690,00	2650,00	2520,00	7860,00	2620,00
a1b1c2	T2	2756,00	2552,00	2748,00	8056,00	2685,33
a1b2c1	T3	2689,00	2678,00	2689,00	8056,00	2685,33
a1b2c2	T4	2600,00	2653,00	2671,00	7924,00	2641,33
a2b1c1	T5	2700,00	2658,00	2659,00	8017,00	2672,33
a2b1c2	T6	2789,00	2756,00	2781,00	8326,00	2775,33
a2b2c1	T7	2782,00	2780,00	2759,00	8321,00	2773,67
a2b2c2	T8	2767,00	2798,00	2780,00	8345,00	2781,67
a3b1c1	T9	2800,00	2789,00	2782,00	8371,00	2790,33
a3b1c2	T10	2789,00	2769,00	2769,00	8327,00	2775,67
a3b2c1	T11	2799,00	2787,00	2769,00	8355,00	2785,00
a3b2c2	T12	2798,00	2798,00	2967,00	8563,00	2854,33
Testigo	<b>T13</b>	2870,00	2865,00	2874,00	8609,00	2869,67
$\Sigma$ Rep		35829,00	35533,00	35768,00	107130,00	2746,92

**Tabla 36.** Análisis de varianza Peso.

F.V	G.L	S.C	C.M	F.C		F. Tabular	
						0,05	0,01
Total	38,00	289528,77					
Tratamientos	12,00	221705,44	18475,45	7,08	**	2,15	2,96
Factor A	2,00	126822,72	63411,36	24,31	**	3,37	5,53
Factor B	1,00	10234,69	10234,69	3,92	ns	4,23	7,72
Factor C	1,00	8742,25	8742,25	3,35	ns	4,23	7,72
Factor A*B	2,00	2834,06	1417,03	0,54	ns	3,37	5,53
Factor A*C	2,00	3081,17	1540,58	0,59	ns	3,37	5,53
Factor B*C	1,00	3620,03	3620,03	1,39	ns	4,23	7,72
Factor A*B*C	2,00	66370,52	33185,26	12,72	**	3,37	5,53
Test vs Otros	1,00	48964,46	48964,46	18,77	**	4,23	7,72
Error Experimental	26,00	67823,33	2608,59				

\*: Altamente significativo

\*\* : Altamente significativo al 5%

ns: No significativo

**C.V. = 1,86%**

Realizado el análisis de varianza para el variable peso, se concluye que existe significación estadística para tratamientos, por lo tanto se rechaza la hipótesis negativa en la que los tratamientos no tienen el mismo efecto y se realizó el análisis funcional mediante la prueba de Tukey para los tratamientos y diferencia media significativa para los factores.

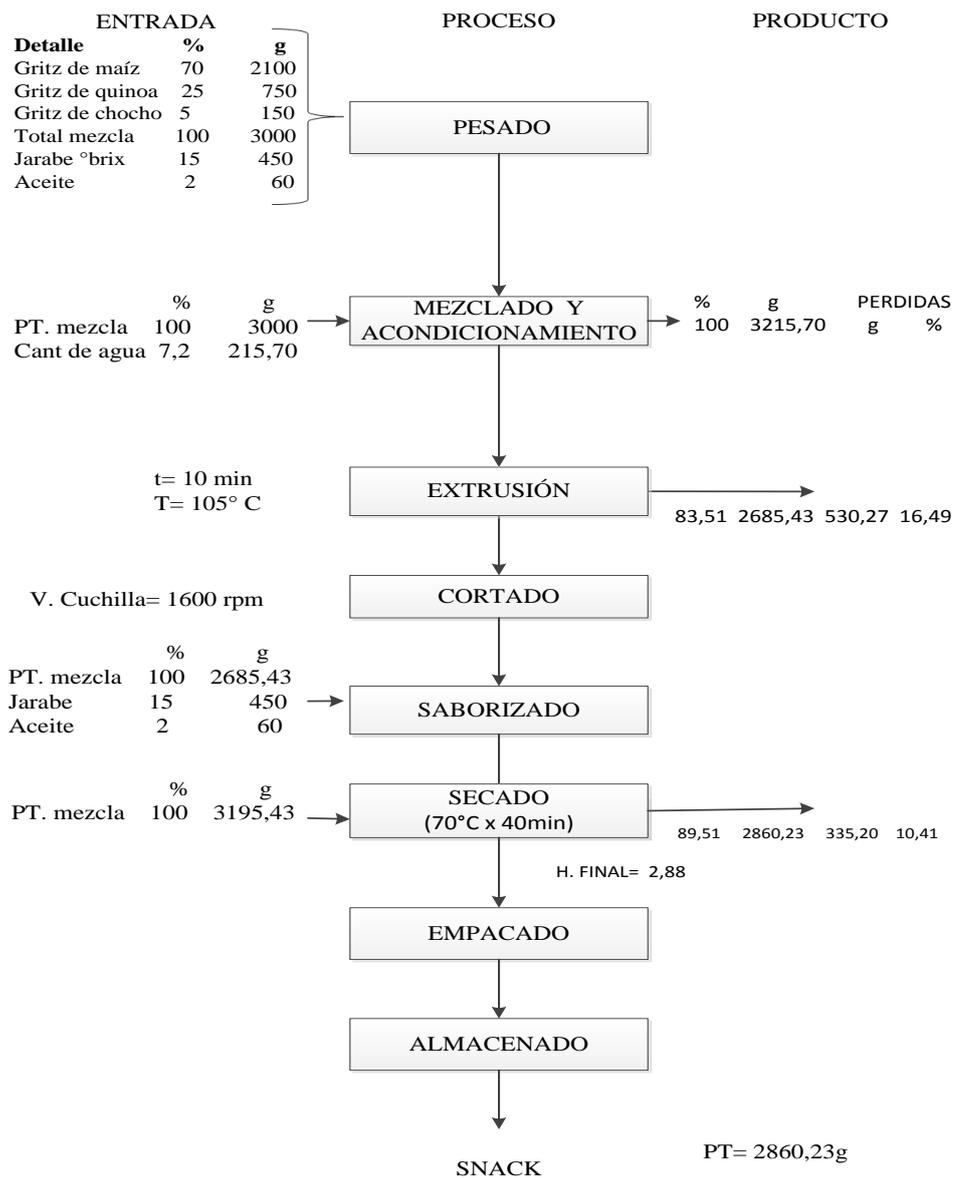
**Tabla 37.**Prueba de Tukey Peso.

Simbología	Tratamientos	Promedio	Rangos
Testigo	T13	2869,67	a
a3b2c2	T12	2854,33	b
a3b1c1	T9	2790,33	c
a3b2c1	T11	2785,00	d
a2b2c2	T8	2781,67	E
a3b1c2	T10	2775,67	F
a2b1c2	T6	2775,33	G
a2b2c1	T7	2773,67	H
a1b1c2	T2	2685,33	I
a1b2c1	T3	2685,33	J
a2b1c1	T5	2672,33	K
a1b2c2	T4	2641,33	L
a1b1c1	T1	2620,00	M

La tabla 37 hace referencia a los resultados del efecto de la sustitución de maíz por quinua y chocho, en la elaboración del extruido, sobre el peso obtenido al final del proceso de elaboración del snack extruido. También se observó que se obtiene más peso al adicionar mayor porcentaje de gritz de maíz en la mezcla, debido a que existe menor porcentaje de pérdida, durante el proceso de extrusión.

### 4.3.6 DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO EN EL PRODUCTO FINAL

Esta variable se midió empleando la ecuación N° 6 y se detalló con más claridad en la siguiente figura



PT= Peso total.  
T= Temperatura.  
t = Tiempo.

Cant = Cantidad.

**Tabla 38. Rendimiento (%)**

Simbología Tratamientos		Repeticiones				
		I	II	III	$\Sigma$ Tratamientos	Media
a1b1c1	T1	89,67	88,33	84,00	262,00	87,33
a1b1c2	T2	91,87	85,07	91,60	268,53	89,51
a1b2c1	T3	89,63	89,27	89,63	268,53	89,51
a1b2c2	T4	86,67	88,43	89,03	264,13	88,04
a2b1c1	T5	90,00	88,60	88,63	267,23	89,08
a2b1c2	T6	92,97	91,87	92,70	277,53	92,51
a2b2c1	T7	92,73	92,67	91,97	277,37	92,46
a2b2c2	T8	92,23	93,27	92,67	278,17	92,72
a3b1c1	T9	93,33	92,97	92,73	279,03	93,01
a3b1c2	T10	92,97	92,30	92,30	277,57	92,52
a3b2c1	T11	93,30	92,90	92,30	278,50	92,83
a3b2c2	T12	93,27	93,27	98,90	285,43	95,14
Testigo	<b>T13</b>	95,67	95,50	95,80	286,97	95,66
$\Sigma$ Rep		1194,30	1184,43	1192,27	3571,00	91,56

**Tabla 39.** Análisis de varianza Rendimiento.

F.V	G.L	S.C	C.M	F.C		F. Tabular	
						5%	1%
Total	38	321,70					
Tratamientos	12	246,34	20,53	7,08	**	2,15	2,96
Factor A	2	140,91	70,46	24,31	**	3,37	5,53
Factor B	1	11,37	11,37	3,92	ns	4,23	7,72
Factor C	1	9,71	9,71	3,35	ns	4,23	7,72
Factor A*B	2	3,15	1,57	0,54	ns	3,37	5,53
Factor A*C	2	3,42	1,71	0,59	ns	3,37	5,53
Factor B*C	1	4,02	4,02	1,39	ns	4,23	7,72
Factor A*B*C	2	73,75	36,87	12,72	*	3,37	5,53
Test vs Otros	1	54,40	54,40	18,77	*	4,23	7,72
Error	26	75,36	2,90				
Experimental							

\*: Altamente significativo

\*\*: Altamente significativo al 5%

ns: No significativo

**C.V = 1,86 %**

Realizado el análisis de varianza para el rendimiento, se observó que existe significación estadística para tratamientos y el factor (A), por lo que se realizó Tukey para tratamientos y D.M.S para factores. Los valores obtenidos están entre 87,33% y 95,77% de rendimiento.

**Tabla 40.** Prueba de Tukey Rendimiento (%).

Simbología	Tratamientos	Promedio	Rangos
Testigo	T13	95,66	A
a3b2c2	T12	95,14	B
a3b1c1	T9	93,01	C
a3b2c1	T11	92,83	D
a2b2c2	T8	92,72	E
a3b1c2	T10	92,52	F
a2b1c2	T6	92,51	G
a2b2c1	T7	92,46	H
a1b1c2	T2	89,51	I
a1b2c1	T3	89,51	J
a2b1c1	T5	89,08	K
a1b2c2	T4	88,04	L
a1b1c1	T1	87,33	M

Realizado la prueba de Tukey se observó el efecto de la sustitución de maíz por quinua y chocho en la elaboración del snack extruido, por consiguiente a mayor porcentaje de griz de maíz en la mezcla se obtiene un mayor rendimiento debido que hay menos perdida en el proceso de extrusión. Además (Fernandez, 2010) cita que el rendimiento del extruido depende del porcentaje de almidón y proteína, ya que a mayor porcentaje de proteína en la mezcla el rendimiento es menor debido a que dificulta el proceso de extrusión.

### 4.3.7 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Este análisis se realizó a todos los tratamientos, con la finalidad de verificar la inocuidad del producto.

**Tabla 41.** Resultados del análisis microbiológico de los tratamientos.

		Aerobios Totales (UFC/g)	Recuentos de coliformes totales (UFC/g)	Mohos (Uph/g)	Levaduras (UPL/g)
Tratamientos	Dilución	Unidades formadoras de colonias	Unidades formadoras de colonias	Unidades propagadoras de mohos	Unidades propagadoras de levaduras
T1 (a1b1c1)	10 <sup>-2</sup>	2x 10 <sup>^2</sup>	ausencia	ausencia	Ausencia
T2( a1b1c2)	10 <sup>-2</sup>	1x10 <sup>^2</sup>	ausencia	ausencia	Ausencia
T3( a1b2c1)	10 <sup>-2</sup>	4x10	ausencia	ausencia	Ausencia
T4( a1b2c2)	10 <sup>-2</sup>	Ausencia	ausencia	ausencia	Ausencia
T5(a2b1c1)	10 <sup>-2</sup>	3x10 <sup>^2</sup>	ausencia	ausencia	Ausencia
T6(a2b1c2)	10 <sup>-2</sup>	2x 10 <sup>^2</sup>	ausencia	ausencia	Ausencia
T7(a2b2c1)	10 <sup>-2</sup>	1x10 <sup>^2</sup>	ausencia	ausencia	Ausencia
T8(a2b1c2)	10 <sup>-2</sup>	2x 10 <sup>^2</sup>	ausencia	ausencia	ausencia
T9(a3b1c1)	10 <sup>-2</sup>	Ausencia	ausencia	ausencia	ausencia
T10(a3b1c2)	10 <sup>-2</sup>	2x10 <sup>^2</sup>	ausencia	ausencia	ausencia
T11(a3b2c1)	10 <sup>-2</sup>	1x10 <sup>^2</sup>	ausencia	ausencia	ausencia
T12(a3b2c2)	10 <sup>-2</sup>	Ausencia	ausencia	ausencia	ausencia
Testigo	10 <sup>-2</sup>	2x10 <sup>^2</sup>	ausencia	ausencia	ausencia

#### Laboratorio del Departamento de Nutrición y Calidad (INIAP)

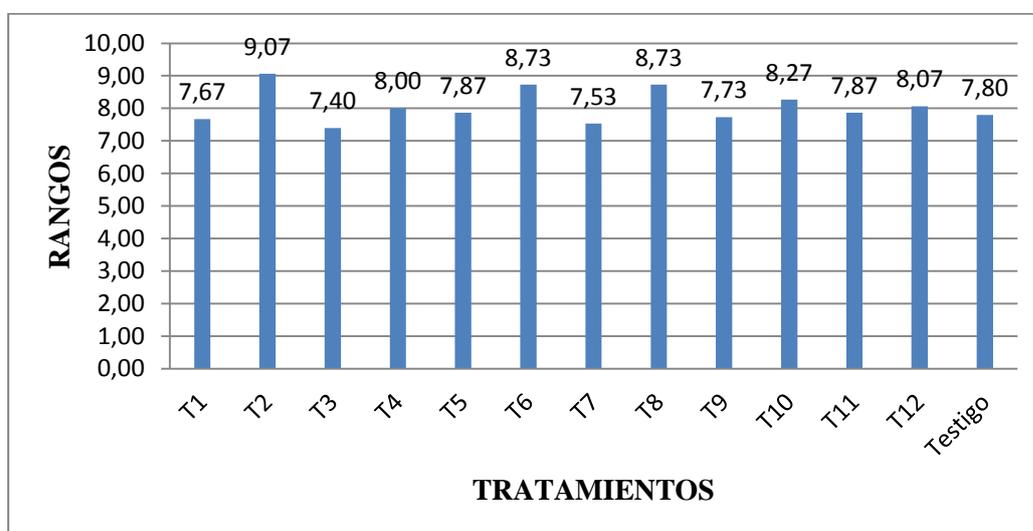
Realizados los análisis microbiológicos (Recuento de Coliformes Totales, Aerobios Totales, Mohos y Levaduras se observa que los tratamientos están dentro de la Norma Técnica Colombiana 3659): determinándose que el producto obtenido es inocuo es decir apto para el consumo humano.

### 4.3.8 ANÁLISIS SENSORIAL

#### 4.3.8.1 Color

El snack extruido de maíz, quinua y chocho presenta color crema debido a la presencia de diferentes porcentajes de materias primas.

Gráfica 13. Color del snack



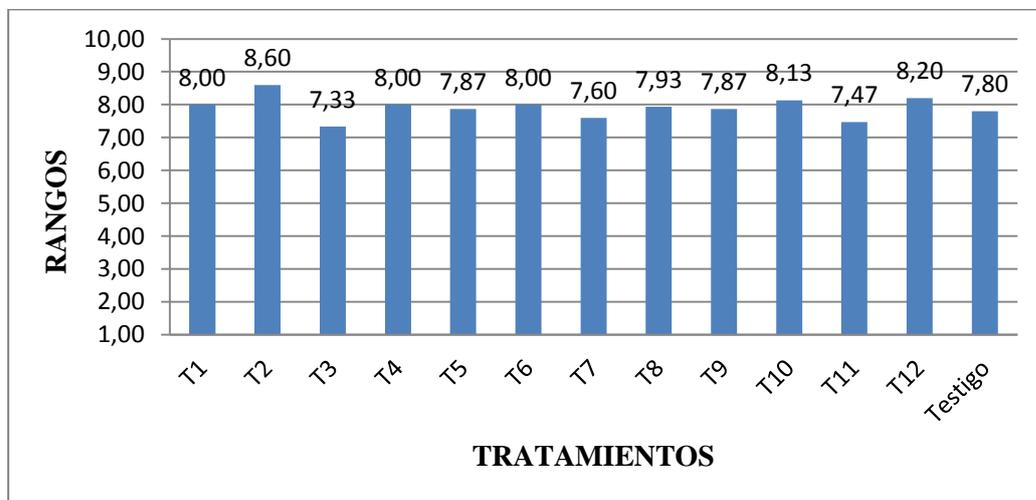
En la gráfica 13 se observa el efecto del porcentaje de sustitución, porcentaje de humedad de la mezcla y temperatura de proceso; observándose que el tratamiento T2 obtuvo la valoración más alta, debido a que a menor temperatura durante la cocción provoca que la mezcla sea más homogénea y de color uniforme.

Las propiedades organolépticas del alimento es debido al el tipo de extrusión que se lleva a cabo. Aplicando altas temperaturas el producto perderá más cantidad de agua, por lo tanto, se obtendrán productos con menor humedad y con mayor vida útil. Por el contrario, trabajando en frío se obtendrán productos con mayor actividad de agua pero con una menor pérdida de nutrientes. (Túpaca, 2012)

#### 4.3.8.2 Olor

Es el conjunto de sensaciones percibidas por el órgano olfativo, cuando inspira determinadas sustancias volátiles, un alimento no debe presentar olores extraños, como por ejemplo: a grasa oxidada, o cualquier otro que no sea el adecuado.

**Gráfica 14.** Olor del snack.

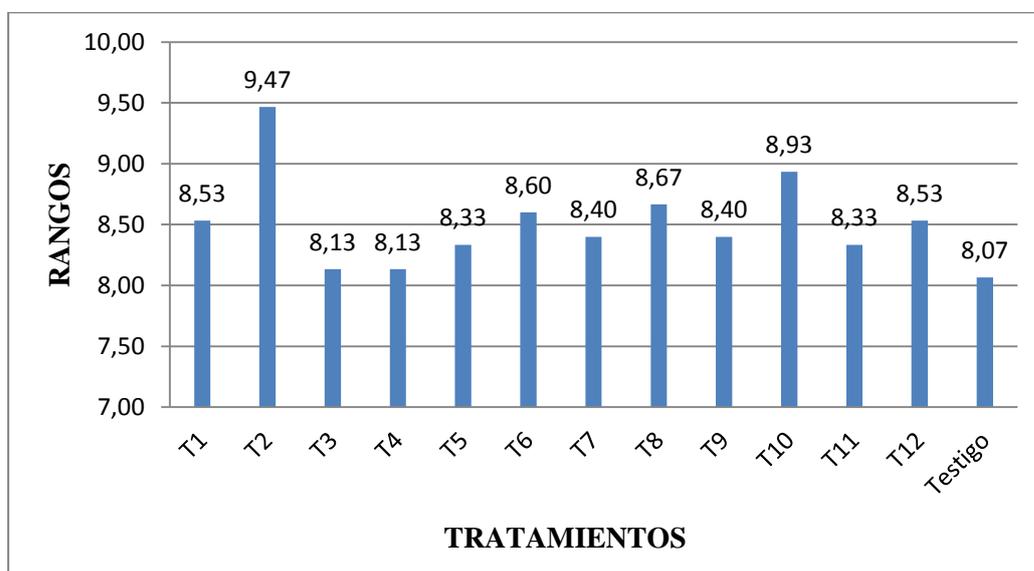


La grafica 9 se observa los resultados del efecto de la adición de maíz, quinua y chocho en las diferentes formulaciones del snacks elaborados, notándose que los degustadores aceptaron con mayor agrado los tratamientos que tienen menor porcentaje de sustitución con quinua.

### 4.3.8.3 Sabor

Son las múltiples sensaciones percibidas como consecuencia del estímulo de las papilas gustativas, por ciertas sustancias solubles muy particulares para cada producto.

Gráfica 15. Sabor del snack.



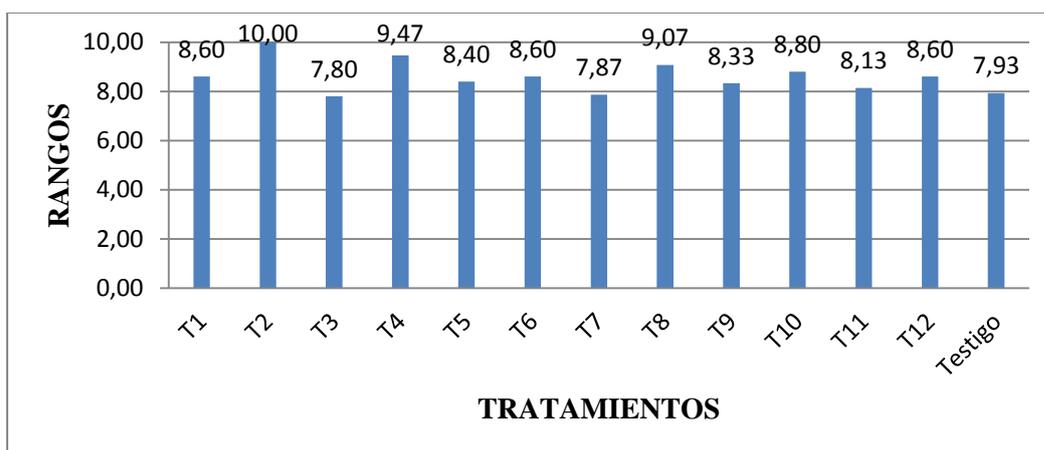
En la gráfica 8 se observa los resultados del efecto de la sustitución de los diferentes porcentajes de maíz, quinua y chocho; evidenciándose que para los degustadores el tratamiento con mayor aceptación es el T2 (70% maíz, 25% quinua, 5% chocho.), deduciendo que la incorporación de azúcar ocasiona un mejor sabor del producto.

### 4.3.8.4 Textura

Son características del estado sólido de un producto, cuyo conjunto es capaz de estimular los receptores mecánicos durante la degustación, particularmente los

situados en la región bucal y del oído. Los receptores mecánicos son estructuras especializadas de un órgano excitable llamado sensorial, capaz de recibir el estímulo y convertirlo en un influjo nervioso.

**Gráfica 16.** Textura en boca del snack.



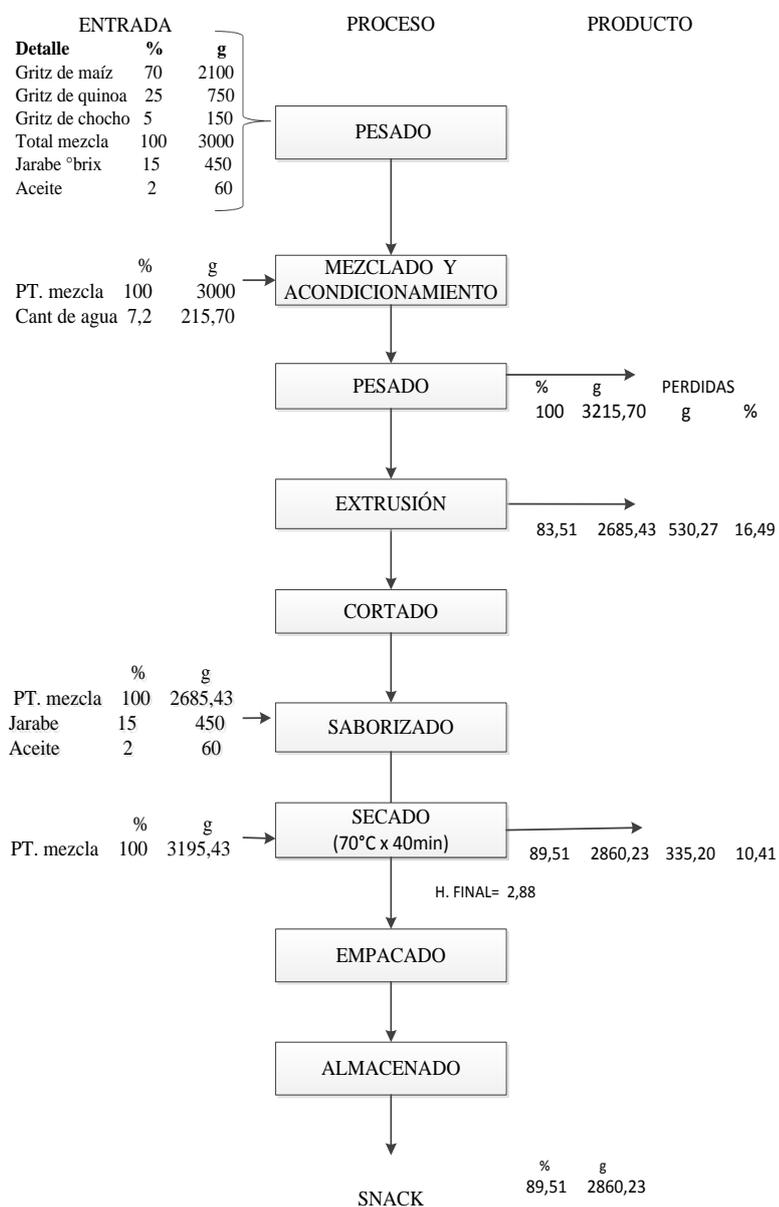
En la gráfica 11 se indica que a mayor porcentaje de sustitución de maíz por quinua y chocho se obtiene una textura más crujiente y con mayor aceptabilidad, para los degustadores la adición de maíz quinua y chocho en la elaboración de snack causo efecto.

**Tabla 42.** Friedman para las variables cualitativas.

Variable	Valor tabular			Mejores tratamientos		
	Valor calculado 5%	1%				
COLOR	21,89 ns	23,362	27,69	T2	T6	T8
OLOR	20,99 ns	23,362	27,69	T2	T12	T13
SABOR	24,67 *	23,362	27,69	T2	T6	T8
TEXTURA	26,65 *	23,362	27,69	T2	T4	T8

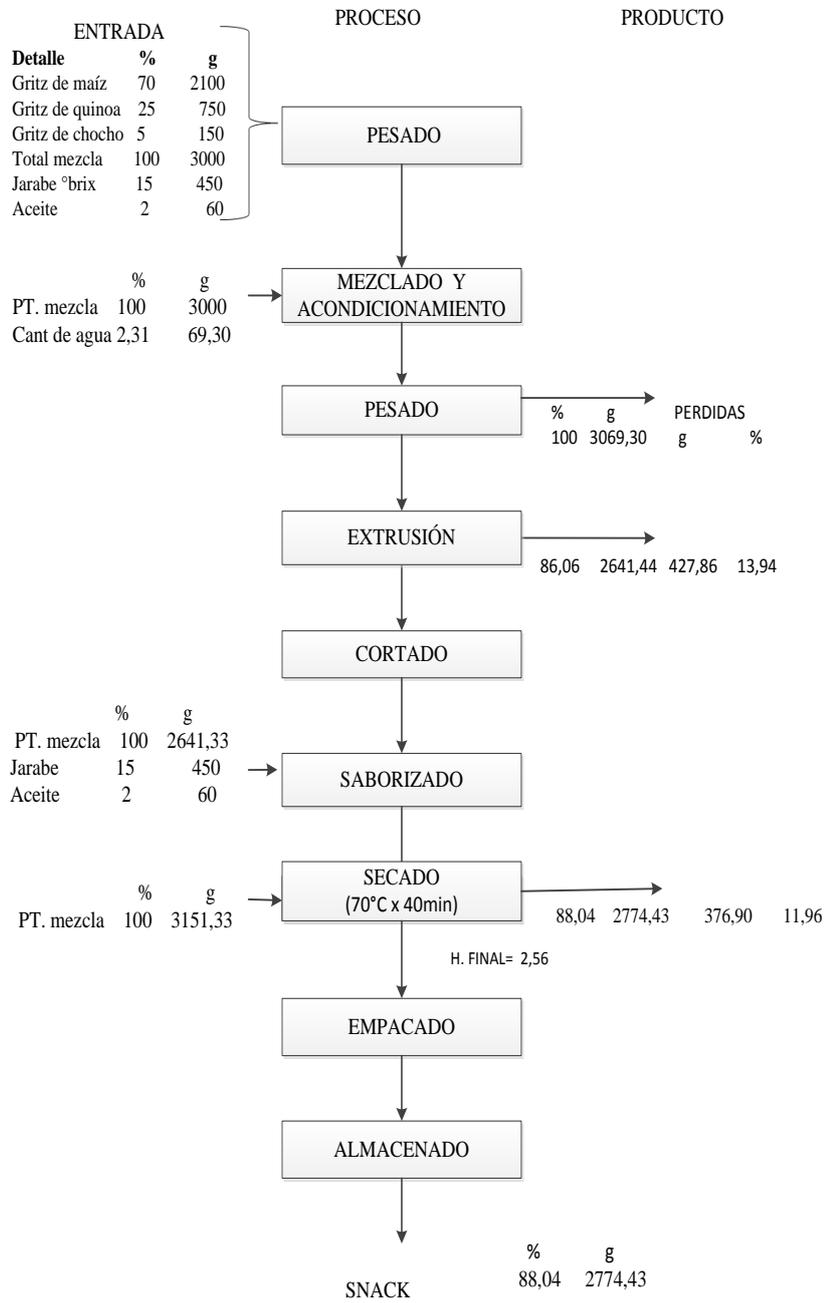
Una vez realizada la prueba de Friedman al 5%, se observó diferencia significativa para la variable no paramétrica sabor y textura, mientras que no existe significación estadística para las demás variables, es decir que para los panelistas la única diferencia fue la textura y sabor. Y los demás atributos son similares al testigo.

#### 4.4 BALANCE DE MATERIALES DE LOS TRES MEJORES TRATAMIENTOS (T2)



PT= Peso total.  
T= Temperatura.  
t = Tiempo.  
Cant = Cantidad.

# TRATAMIENTO T4



PT= Peso total.  
T= Temperatura.  
t = Tiempo.  
Cant = Cantidad.



## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 CONCLUSIONES**

- ❖ La composición físico química (humedad, proteína, extracto etéreo, cenizas y carbohidratos totales, de las materias primas, como son: los gritz de maíz, quinua y chocho están dentro de los parámetros de la norma INEN 2 051:1995.
- ❖ Se logró elaborar un snack extruido expandido con una sustitución en la mezcla del maíz hasta un 30% con quinua y chocho mediante el proceso de extrusión.
- ❖ Una vez realizado el análisis de proteína se observó que del tratamiento T2 (70% maíz, 25% quinua y 5% chocho), obtuvo 13% de proteína y el testigo (100% maíz) con 5,20% proteína, por lo que se indica un incremento con relación al testigo en un 7,8%.
- ❖ El porcentaje de humedad inicial del 20 y 15 por ciento en las diferentes mezclas afecto en proporción inversa a la textura del producto terminado, debido a la influencia en las características de la masa que fluye en la cámara de cocción del extrusor. Los factores en estudio, como: formulación de la mezcla, porcentaje de humedad y temperatura influyen en las

características físicas químicas y calidad sensorial de los snacks saborizados, por tanto se acepta la hipótesis alternativa.

- ❖ El testigo (100% maíz) con relación al tratamiento T2 (70% maíz –25% quinua – 5% chocho), presenta un mayor índice de expansión de 0,46 debido a un alto contenido de almidón que provoca un mayor grado de expansión durante la extrusión.
- ❖ Los tratamientos con temperatura de extrusión de 105°C, porcentaje de sustitución de la mezcla (70% maíz- 25% quinua -5% chocho) y humedad de la mezcla de 15%, durante el proceso de extrusión tuvieron mayor efecto sobre el aumento del contenido de proteína y textura.
- ❖ Del análisis sensorial se concluye que los porcentajes de sustitución de maíz por quinua y chocho en la elaboración del snack fueron aceptados por los degustadores observándose que el tratamiento T2 obtuvo la valoración más alta, debido a que a menor temperatura durante la cocción provoca que la mezcla sea más homogénea y de color uniforme.

## **5.2 RECOMENDACIONES:**

- Se recomienda controlar las condiciones del extrusor (temperatura, presión, diámetro de los orificios de la boquilla) debido a que afectan significativamente el producto final.
- Cambiar los diámetros de boquilla de 2mm y 4mm, según sea el aumento de sustitución de materias primas que contengan alto porcentaje de proteína en su composición nutricional.
- Se recomienda utilizar la quinua en porcentaje menores al 25% de sustitución, ya que disminuye el grado de expansión en el producto final.
- Variar los porcentajes de sustitución de chocho en 10, 15% para incrementar el nivel proteico del producto extruido.
- Se debe realizar análisis físico químico de las materias primas ya que a mayor porcentaje de proteína el grado de expansión disminuye afectando el volumen del producto final.
- El porcentaje de humedad de la mezcla debe estar dentro de los rangos de 15 a 30% con el fin de alcanzar las condiciones constantes del extrusor.

# BIBLIOGRAFÍA

## 6.1 REFERENCIAS TEXTUALES

- 1 Ainsworth, P. (2014). Manual de procesos de alimentos.
- 2 Apaza, F. S. (2010). Competitividad de la quinua. una aplicación del modelo de Michael Porter. Lima.
- 3 Cadena, C. (2010). Elaboracion de un snack extruido expandido a base de chocho y gritz de maiz. Quito.
- 4 Caicedo. (2009). Limitaciones del consumo de chocho.
- 5 Cerda, N. (2012). La quinua en el Ecuador situacion actual y su industrializacion.
- 6 Egoavil. (2011). Propiedades nutricionales del chocho y quinua.
- 7 FAO. (23 de Abril de 2010). Estudio del valor nutritivo de los snacks.
- 8 Fernandez, J. (2010). Estudio de la interacción de los biopolímeros caseína y almidón por el proceso de extrusión.
- 9 Flores. (2013).
- 10 García. (2009). Revisión de aplicaciones de extrusión.
- 11 GARCIA, G. (2004). Estudio de los cultivos andinos en el Ecuador . ESPOCH-INIAP.
- 12 Garcia, G. (2012). Estudio de cultivos andinos en el Ecuador. ESPOCH-INIAP.
- 13 Guy, R. (2009). Extrusión de Alimentos: Tecnología y aplicaciones. España: Editorial Acribia S.A.
- 14 Huber, G. (2010). Developments and Trends in Extruded Snacks.
- 15 Imbaquingo, C. S. (2008). Consumo de leñas y propuestas de plantaciones energéticas en el area rural.
- 16 INEC, M. S. (2010). II Censo nacional agropecuario. QUITO.
- 17 INIAP. (2011). estudio de la comercialización y producción de productos andinos.
- 18 INIAP.GOB.EC. (2010). Características geológicas.
- 19 (2012). Invoagro. En Ciencia y tecnología agropecuria. Chile: Universidad Católica de Temuco.

- 20 Junovich. (2012). Producción de productos andinos en Ecuador.
- 21 Kent, N. (2013). Tecnología de cereales. España: Acribia.
- 22 LLopez, V. (2012). Definición de la quinua. Composición química de los alimentos.
- 23 Martel, R. R. (2011). Calidad nutricional de un producto extruido fortificado con dos niveles de hierro proveniente de harina de sangre bovina”. Universidad Nacional Mayor De San Marcos, Peru.
- 24 Martinez. (2012). Desarrollo de alimentos precosidos por extrusion a base de maiz y leguminosas.
- 25 Mataix, J. (2012). Nutrición y Alimentación Humana: Nutrientes y Alimentos. Barcelona: Oceano.
- 26 Milla, P., Chiran, D., Ibañez, P., Fernandez, A., & Dufour, A. (2012). Cinética del cambio de textura de papa amarilla (*Solanum Tuberosum*) durante la cocción en agua. Medellín: Vitae.
- 27 Muños, L. (2012). Estacion Experimental Santa Catalina Productos Andinos. Quito.
- 28 Muñoz, J. G. (2010). Beneficios Nutricionales y Efectos en la Producción.
- 29 Narvaez, M. (2010). Estudio de la comparación de mezclas de diferentes materias primas.
- 30 Noriega, P. (2011). Manual de proceso de los alimentos.
- 31 (2012). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2609:2012. Quito.
- 32 Peralta E. (2009). La quinua un gran Alimento y su Utilización. Quito: INIAP.
- 33 Pérez Córdova, A. R. (s.f.). Obtenido de <http://repo.uta.edu.ec/handle/123456789/3388>
- 34 Pérez, O. J. (2012). Tecnología de alimentos extruidos. Cuba.
- 35 Peru, M. d. (29 de octubre de 2013). Quinoa.pe Año internacional de la quinua. Obtenido de [quinua.pe/quinua-usos/](http://quinua.pe/quinua-usos/)
- 36 Ponce, J. (2010). Elaboración de un extruido a base de cereales. Quito.
- 37 PRONALEG. (2001). Poscosecha y mercado del chocho en el Ecuador. Quito.

- 38 Robinson, D. (2012). Bioquímica y valor nutritivo de los alimentos. Zaragoza:: Editorial Acribia S.A.
- 39 Rosero, J. P. (2012). Cultivo de granos andinos de Ecuador. Quito - Ecuador.
- 40 Saenz, L. (2012). Fisico Quimico de Alimentos. Callao.
- 41 Salas, A. (2012). Aplicacion del sistema haccp en los alimentos extruidos. Quito.
- 42 Sanchez, P. (2013). Los snack en la alimentación.
- 43 SANDRA ROMO, A. R. (2006). POTENCIAL NUTRICIONAL DE HARINAS DE QUINUA (CHENOPODIUM) (Vol. 4).
- 44 SANIPATIN, -M. P. (2012). Obtenido de <http://repositorio.uotavalo.edu.ec>
- 45 Sharma, S. . (2009). Ingenieria de alimentos. LIMUSA.
- 46 SICA. (2009). Cultivos controlados. Obtenido de <http://www.sica.gov.ec/agronegocios/Biblioteca/Ing%20Rizzo/maiz/re>
- 47 Sierra, C. (2012). Utilizacion De La Harina De Quinoa (Chenopodium Quinoa Wild) En El Proceso De Panificación. Universidad De La Salle Facultad De Ingenieria De Alimentos.
- 48 Supermercaado santa lucila, s. s. (2014). IBARRA.
- 49 Tapia N, M. (2009). La quinoa y la kañiwa: cultivos andinos. BOGOTA.
- 50 TAPIA, M. e. (2010). Quinoa y Kañiwa (Vol. 4). Bogota.
- 51 TERAN, G. (2010). Comportamiento de tres híbridos de maíz duro (Zea mayz L.).
- 52 Túpaca, V. (2012). Influencia del tamaño de partícula, humedad y temperatura en el grado de gelatinización durante el proceso de extrusión de maca (Lepidium meyenii Walp). Lima.
- 53 Valdivieso, M. B. (2010). Producción orgánica de cultivos andinos.
- 54 Whitney, E.(2012). Understanding Nutrition. California: Thomsom Higher Education.

## Referencias electrónicas

1. [www.quinuainternacional.org.com](http://www.quinuainternacional.org.com)
2. [www.iniap.gob.ec/sitio/index.php?option=com...id...cereales](http://www.iniap.gob.ec/sitio/index.php?option=com...id...cereales).
3. [www.tiposde.org/ciencias-naturales/506-tipos-de-cereales](http://www.tiposde.org/ciencias-naturales/506-tipos-de-cereales).

# ANEXOS

**ANEXO 1. Proceso de elaboración de un snack extruido de maíz, quinua y chocho.**



Foto 1. Recepción de la Materia Prima.



Foto 2. Pesado I.



Foto 3. Mezclado y Acondicionamiento de humedad.



Foto 4. Pesado II



Foto 5. Proceso de Extrusión.



Foto 6. Saborizado y Secado



Foto 7. Empacado y Sellado



Foto 8. Snack Extruido.

## ANEXO 2. Análisis microbiológico



Foto 8. Aerobios mesófilos

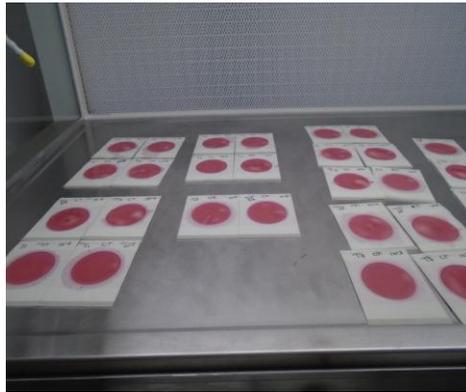


Foto 9. Coliformes Totales

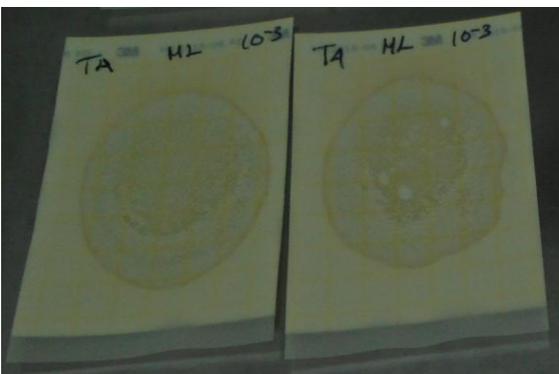


Foto 10. Mohos y levaduras.

**ANEXO 3. Ficha para evaluar las variables no paramétricas.**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES  
CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

Nombre \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

**“Desarrollo de un snack por extrusión de la mezcla de maíz *Zea mays* quinua  
*Chenopodium quínoa* y chocho *Lupinus mutabilis Sweet* saborizado”**

**Instrucciones:** Observe y luego pruebe cuidadosamente cada una de las muestras y marque con una (X) en el casillero que considere adecuada la respuesta.

CARACTERÍSTICAS		Tratamientos						
		322	235	125	431	213	155	282
Color	Excelente							
	Muy Bueno							
	Bueno							
	Regular							
	Malo							
Olor	Muy intenso							
	Poco intenso							
	Característico							
	Poco perceptible							
	Nada perceptible							
Textura	Agrada mucho							
	Agrada poco							
	Ni agrada ni desagrada							
	Desagrada poco							
	Desagrada mucho							
Sabor	Gusta mucho							
	Gusta poco							
	Ni gusta ni disgusta							
	Disgusta poco							
	Disgusta mucho							
Aceptabilidad	Agrada mucho							
	Agrada poco							
	Ni agrada ni desagrada							
	Desagrada poco							
	Desagrada mucho							

Observaciones

.....  
.....  
.....

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
 FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES  
 CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

Nombre \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

**“Desarrollo de un snack por extrusión de la mezcla de maíz *Zea mays* quinua  
*Chenopodium quinoa* y chocho *Lupinus mutabilis Sweet* saborizado”.**

**Instrucciones:** Observe y luego pruebe cuidadosamente cada una de las muestras y marque con una (X) en el casillero que considere adecuada la respuesta.

CARACTERÍSTICAS		Tratamientos						
		421	350	220	240	380	150	141
Color	Excelente							
	Muy Bueno							
	Bueno							
	Regular							
	Malo							
Olor	Muy intenso							
	Poco intenso							
	Característico							
	Poco perceptible							
	Nada perceptible							
Textura	Agrada mucho							
	Agrada poco							
	Ni agrada ni desagrada							
	Desagrada poco							
	Desagrada mucho							
Sabor	Gusta mucho							
	Gusta poco							
	Ni gusta ni disgusta							
	Disgusta poco							
	Disgusta mucho							
Aceptabilidad	Agrada mucho							
	Agrada poco							
	Ni agrada ni desagrada							
	Desagrada poco							
	Desagrada mucho							

Observaciones

.....  
 .....  
 .....

**ANEXO 4. Determinación físico química de las materias primas.**



**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 N2:	057 - 2015
Análisis solicitado por:	Srta. Alicia Remache
Empresa:	Particular
Muestreado:	Propietario
Fecha de recepción:	30 de mayo de 2015
Fecha de entrega informe:	37 de mayo de 2015
Ciudad:	Ibarra
Provincia:	Imbabura

#	Muestra	Lote#
1	Harina de chocho	No aplica
2	Harina de quinua	No aplica
3	Harina de maíz	No aplica

Parámetro Analizado	Unidad	Resultado			Metodo de ensayo
		1	2	3	
Humedad	g/100 g	13,23	12,45	12,00	AOAC925.10
Proteína	g/100 g	46,5	16,25	8,63	AOAC920.67
Extracto etéreo	g/100 g	14,63	8,39	3,11	AOAC920.65
Cenizas	g/100 g	2,36	3,73	0,94	AOAC923.03
Carbohidratos totales	g/100 g	24,66	59,36	21,26	Cálculo
Fibra	g/100 g	10,46	8,77	0,65	AOAC920.65

Los resultados obtenidos pertenecen exclusivamente para las muestras analizadas

Atentamente:

**BIOQ. 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 institucional.

Av. 17 de Julio S21 y José María  
Córdova - Barrio El Olivo  
Teléfono: (06)2997800  
Fax: Ext. 7711  
Email: [un@un.edu.ec](mailto:un@un.edu.ec)  
[www.un.edu.ec](http://www.un.edu.ec)  
Ibarra - Ecuador

**ANEXO 5. Resultados de proteína del producto extruido sin saborizar.**

MC-LSAIA 2201-03



**INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS**  
 ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA  
 DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y CALIDAD  
 LABORATORIO DE SERVICIO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN EN ALIMENTOS  
Panamericana Sur Km. 1, CutugaguaTlta. 2690691-3007134. Fax 3007134  
 Casilla postal 17-01-340



**INFORME DE ENSAYO No: 15-0261**

<b>NOMBRE PETICIONARIO:</b> Srta. Alicia Remache	<b>INSTITUCION:</b> Particular	
<b>DIRECCION:</b> Chaltura - Atuntaqui	<b>ATENCION:</b> Srta. Alicia Remache	
<b>FECHA DE EMISION:</b> 30/09/2015	<b>FECHA DE RECEPCION.:</b> 21/09/2015	
<b>FECHA DE ANALISIS:</b> Del 22 al 29 de septiembre de 2015	<b>HORA DE RECEPCION:</b> 10H37	
	<b>ANALISIS SOLICITADO:</b> Proteína	

ANÁLISIS	PROTEINA $\Omega$	IDENTIFICACIÓN
MÉTODO	MO-LSAIA-01.04	
MÉTODO REF.	U.FLORIDA 1970	
UNIDAD	%	
15-1623	12,39	Snack de maíz, quinua y chodho de dulce T1
15-1628	13,00	Snack de maíz, quinua y chodho de dulce T2
15-1627	8,93	Snack de maíz, quinua y chodho de dulce T3
15-1628	9,09	Snack de maíz, quinua y chodho de dulce T4
15-1629	8,46	Snack de maíz, quinua y chodho de dulce T5
15-1630	8,61	Snack de maíz, quinua y chodho de dulce T6
15-1631	8,26	Snack de maíz, quinua y chodho de dulce T7
15-1632	8,33	Snack de maíz, quinua y chodho de dulce T8
15-1633	8,39	Snack de maíz, quinua y chodho de dulce T9
15-1634	8,30	Snack de maíz, quinua y chodho de dulce T10
15-1635	8,00	Snack de maíz, quinua y chodho de dulce T11
15-1636	8,33	Snack de maíz, quinua y chodho de dulce T12
15-1637	3,20	TESTIGO

Los ensayos marcados con  $\Omega$  se reportan en base seca.  
 OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente

  
**Dr. Armando Rubio**  
 RESPONSABLE DE CALIDAD



  
**Dr. Nan Samaniego, MSc.**  
 RESPONSABLE TÉCNICO

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.  
 Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo.  
 NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, en caso de ser recibida por error, el receptor de la misma y solo podrá ser usada por éste. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este es de carácter no autorizado. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.

ANEXO 6. Resultados del análisis fisicoquímico del producto extruido sin saborizar de los tres mejores tratamientos.

MC-LSAIA-2201-03



**INSTITUTO NACIONAL AUTONOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS**  
**ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA**  
**DEPARTAMENTO DE NUTRICION Y CALIDAD**  
**LABORATORIO DE SERVICIO DE ANALISIS E INVESTIGACION EN ALIMENTOS**  
Panamericana Sur Km. 1, Cutuglagua Tlts. 2690691-3007134. Fax 3007134  
 Casilla postal 17-01-340



**INFORME DE ENSAYO No: 15-0313**

<b>NOMBRE PETICIONARIO:</b> Srta. Alicia Remache	<b>INSTITUCION:</b> Particular	
<b>DIRECCION:</b> Chaltura Atuntaqui	<b>ATENCION:</b> Srta. Alicia Remache	
<b>FECHA DE EMISION:</b> 30/10/2015	<b>FECHA DE RECEPCION.:</b> 15/10/2015	
<b>FECHA DE ANALISIS:</b> Del 16 al 29 de octubre de 2015	<b>HORA DE RECEPCION:</b> 14H24	
	<b>ANALISIS SOLICITADO:</b> Proximal	

ANÁLISIS	HUMEDAD	CENIZAS Ω	E.E. Ω	PROTEÍNA Ω	FIBRA Ω	E.L.N Ω	IDENTIFICACION
METODO	MO-L.SAIA-01.01	MO-L.SAIA-01.02	MO-L.SAIA-01.03	MO-L.SAIA-01.04	MO-L.SAIA-01.05	MO-L.SAIA-01.06	
METODO REF.	U.FLORIDA 1970						
UNIDAD	%	%	%	%	%	%	
15-1873	2.87	0.59	1.15	13	1.24	89.45	Snack de maíz, quinoa y chocho de dulce T2
15-1874	2.86	0.53	0.95	9.09	1.51	88.80	Snack de maíz, quinoa y chocho de dulce T4
15-1875	2.51	0.45	1.15	8.53	1.38	89.29	Snack de maíz, quinoa y chocho de dulce T8

Los ensayos marcados con Ω se reportan en base seca.  
**OBSERVACIONES:** Muestra entregada por el cliente

**RESPONSABLES DEL INFORME**

  
**Dr. Armando Rubio**  
**RESPONSABLE DE CALIDAD**



  
**Dr. Juan Camarero, MSc.**  
**RESPONSABLE TECNICO**

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.  
 Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo.  
**NOTA DE DESCARGO:** La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, exclusivamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.

ANEXO 7. Análisis físico químico de los tres mejores tratamientos del extruido saborizado.

MC-LSAIA-2201-03



**INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS**  
**ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA**  
**DEPARTAMENTO DE NUTRICION Y CALIDAD**  
**LABORATORIO DE SERVICIO DE ANALISIS E INVESTIGACION EN ALIMENTOS**  
 Panamericana Sur Km. 1, Cutagagua Tlfs. 2690691-3007134, Fax 3007134  
 Casilla postal 17-01-340



<b>NOMBRE PETICIONARIO:</b> Srta. Alicia Remache <b>DIRECCION:</b> Atuntaqui <b>FECHA DE EMISION:</b> 22 de Febrero del 2016 <b>FECHA DE ANALISIS:</b> Del 15 al 22 de Febrero del 2016	<b>INFORME DE ENSAYO No: 16-047</b> <b>INSTITUCION:</b> <b>ATENCION:</b> <b>FECHA DE RECEPCION:</b> <b>HORA DE RECEPCION:</b> <b>ANALISIS SOLICITADO</b>	Particular Srta. Alicia Remache 15 de febrero de 2016 14:24 Proximal
--	---	--

ANÁLISIS	HUMEDAD	CENIZAS Ω	E.E. Ω	PROTEÍNA Ω	FIBRA Ω	E.L.N Ω	IDENTIFICACIÓN
MÉTODO	MO-L SAI A-01.01	MO-L SAI A-01.02	MO-L SAI A-01.03	MO-L SAI A-01.04	MO-L SAI A-01.05	MO-L SAI A-01.06	
MÉTODO REF.	U.FLORIDA 1970						
UNIDAD	%	%	%	%	%	%	
16-0261	8,20	0,64	0,64	14,82	1,29	88,31	Snack de maíz, quinua y chocho T2
16-0262	7,86	0,64	0,63	9,74	1,31	87,91	Snack de maíz, quinua y chocho T4
16-0263	7,54	0,69	0,67	8,89	1,16	88,66	Snack de maíz, quinua y chocho T8

Los ensayos marcados con Ω se reportan en base seca.

OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente

**RESPONSABLES DEL INFORME**

  
**Dr. Armando Rubio**  
**RESPONSABLE DE CALIDAD**



  
**Dr. Ivan Samaniego, MSc.**  
**RESPONSABLE TÉCNICO**

Este documento no puede ser reproducido total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.  
 Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo.  
**NOTA DE DESCARGO:** La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial y está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este documento es estrictamente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.

**ANEXO 8. Norma técnica colombiana para extruidos expandidos a base de cereales (NTC, 3652 - 1996)**

**Requisitos para extruidos expandidos a base de cereales.**

<b>Requisito</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
Humedad (máximo)	%	4
Proteína (Nx6.25), (mínimo)	%	3
Grasa (máximo)	%	50
Carbohidratos (máximo)	%	95

**Requisitos Microbiológicos para extruidos expandidos a base de cereales.**

<b>Requisito</b>	<b>Unidad</b>	<b>N</b>	<b>C</b>	<b>M</b>	<b>M</b>
Recuento Aerobios Mesófilos	UFC/g	3	1	5000	10000
Recuento Coliformes	NMP/g	3	1	3	11
Recuento de mohos y levaduras	UFC/g	3	1	200	300