

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y  
AGROINDUSTRIA**

**DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DE UN  
SNACK LAMINADO A PARTIR DE QUINUA**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA  
AGROINDUSTRIAL**

**ANDREA GABRIELA REVELO MERA**  
andreve18@hotmail.com

**DIRECTORA: ING. ELENA VILLACRÉS POVEDA M.Sc.**  
elenavillacres9@hotmail.com

**CODIRECTORA: ING. NEYDA ESPÍN FÉLIX M.Sc.**  
neyda.espin@epn.edu.ec

**Quito, Septiembre 2010**

© Escuela Politécnica Nacional (2010)  
Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (2010)  
Reservados todos los derechos de reproducción

## **DECLARACIÓN**

Yo Andrea Gabriela Revelo Mera, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

---

Andrea Gabriela Revelo Mera

## **CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por Andrea Gabriela Revelo Mera, bajo nuestra supervisión.

---

Ing.Elena Villacrés M.Sc.

**DIRECTORA DE PROYECTO**

---

Ing. Neyda Espín M.Sc.

**CODIRECTORA DE PROYECTO**

## AUSPICIO

La presente investigación contó con el auspicio financiero del proyecto 1514 (2100068001), Alternativas Tecnológicas para Mejorar la Competitividad de los Granos Andinos: Chocho (*Lupinus mutabilis*), Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), Amaranto (*Amaranthus* L.) y Sangorache (*Amaranthus hybridus* L.), que se ejecuta en el Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos (PRONALEG-GA), y en el Departamento de Nutrición y Calidad del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias – Estación Experimental Santa Catalina.

## DEDICATORIA

*Al motor que enriquece mi espíritu, Dios.  
A mis padres por su ejemplo y sacrificio durante tantos años.  
A mis hermanos, apoyo en cada paso dado,  
Y a todas las personas que creyeron en mí.*

## **AGRADECIMIENTO**

Al Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias INIAP, especialmente al Departamento de Nutrición y Calidad que abrió las puertas para el desarrollo de mi Proyecto de Titulación.

A la Ing. Elena Villacrés, Directora de Tesis de la EPN-INIAP, por el conocimiento compartido, paciencia, apoyo y consejos brindados durante la realización del trabajo de investigación.

A la Ing. Neyda Espín, Codirectora de Tesis, por el tiempo, la colaboración oportuna y conocimientos que enriquecieron mi trabajo.

A la Ing. Beatriz Brito y al Ing. Oswaldo Acuña por la ayuda en el momento indicado y por interesarse siempre en la culminación de este trabajo.

Al Ing. Enrique Salamanca, Gerente General de la empresa COMSAJU S.A., por la apertura brindada para la realización de parte de la tesis.

A Don Héctor Ortiz por su colaboración, guía y entusiasmo durante los días de trabajo en la planta piloto del DECAB.

A mis amigos de la EPN, que estamos tras un mismo sueño: Jomy y David. A mis amigos y compañeros durante mi estadía en el Laboratorio de Nutrición y Calidad: Fer, Vicky, Cachito, Maribel, Luis, Jorge, Dani, Sthepha, Pato y Darío. A todos, gracias por su ayuda desinteresada en el momento oportuno y por los buenos momentos que juntos vivimos.

A todas las personas que de una u otra forma aportaron con algo para poder culminar este proyecto, a aquellas que supieron brindarme sus consejos, su conocimiento, a aquellas que siempre me dieron ánimos, a aquellas que me ayudaron en cosas que parecían difíciles en un momento dado... a todos, Gracias.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
<b>RESUMEN .....</b>	<b>xiv</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>xvi</b>
<b>1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>1</b>
1.1 La quinua .....	1
1.1.1 Origen .....	1
1.1.2 Taxonomía y morfología .....	1
1.1.3 Condiciones agroecológicas .....	4
1.1.4 Variedades .....	5
1.1.5 Valor nutricional de la quinua .....	8
1.1.6 Factores antinutricionales .....	11
1.1.7 Transformación de la quinua .....	12
1.1.8 Producción de quinua en Ecuador .....	14
1.2 El maíz .....	16
1.2.1 Origen .....	16
1.2.2 Taxonomía y morfología .....	17
1.2.3 Condiciones agroecológicas .....	19
1.2.4 Razas .....	20
1.2.5 Valor nutricional del maíz .....	22
1.2.6 Principales formas de uso del grano de maíz .....	24
1.2.7 Producción de maíz en el Ecuador .....	25
1.3 Tecnologías para la obtención de snacks .....	26
1.3.1 Extrusión .....	26
1.3.2 Fritura convencional .....	34
<b>2 MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>39</b>
2.1 Materiales .....	39
2.2 Determinación de las condiciones de proceso tecnológico para la obtención de un snack tipo laminado .....	40



2.2.1	Proceso de laminado.....	41
2.2.2	Extrusión .....	45
2.3	Caracterización química y nutricional del producto final .....	49
2.4	Establecimiento del empaque y las condiciones de almacenamiento para la conservación de los productos.....	49
2.5	Análisis financiero para determinar los costos de producción del snack tipo laminado .....	53
<b>3</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>55</b>
3.1	Determinación de las condiciones de proceso tecnológico, para la obtención de un snack laminado a partir de quinua .....	55
3.1.1	Producto obtenido en el laminador de masas .....	55
3.1.2	Producto obtenido por extrusión .....	68
3.2	Caracterización química y nutricional del producto final .....	80
3.2.1	Contenido de humedad.....	81
3.2.2	Contenido de proteína .....	81
3.2.3	Contenido de grasa .....	83
3.2.4	Contenido de fibra dietética soluble (FDS).....	83
3.2.5	Contenido de vitaminas .....	84
3.2.6	Contenido de minerales .....	86
3.3	Establecimiento del empaque y las condiciones de almacenamiento para la conservación de los productos.....	87
3.3.1	Estimación de vida útil por medio de actividad de agua.....	88
3.3.2	Estimación de vida útil por medio de recuento de microorganismos totales, hongos y levaduras.....	92
3.3.3	Estimación de vida útil por medio de índice de peróxidos .....	95
3.3.4	Estimación de vida útil por medio de sabor y textura .....	98
3.4	Análisis financiero para determinar los costos de producción del snack tipo laminado .....	101
3.4.1	Inversión.....	105
3.4.2	Costo unitario del producto .....	110
3.4.3	Ventas netas.....	111
3.4.4	Estado de resultados proyectado a 5 años .....	112

3.4.5	Punto de equilibrio .....	113
3.4.6	Condiciones de crédito .....	113
3.4.7	Amortización y gastos financieros (interés).....	114
3.4.8	Flujo de caja .....	1166
3.4.9	Valor actual neto (VAN) y Tasa interna de retorno (TIR).....	116
<b>4</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>117</b>
4.1	Conclusiones .....	117
4.2	Recomendaciones .....	119

## **BIBLIOGRAFÍA**

## **ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>PÁGINA</b>
Tabla 1: Clasificación taxonómica de la Quinua.....	1
Tabla 2: Características morfológicas de la variedad INIAP-Tunkahuan.....	6
Tabla 3: Características agronómicas de la variedad INIAP-Tunkahuan.....	7
Tabla 4: Características importantes de la variedad INIAP-Pata de Venado.....	8
Tabla 5: Contenido de minerales en el grano de quinua* .....	10
Tabla 6: Contenido de algunas vitaminas del grano de quinua (ppm bs).....	11
Tabla 7: Clasificación taxonómica del maíz.....	17
Tabla 8: Temperatura óptima en diferentes estados de desarrollo del cultivo de maíz..	19
Tabla 9: Variedades de maíz liberadas por el INIAP.....	21
Tabla 10: Principales características de la variedad INIAP H-551 .....	21
Tabla 11: Composición química del grano entero de maíz .....	22
Tabla 12: Condiciones normales en el proceso de extrusión.....	31
Tabla 13: Aplicaciones industriales de la extrusión .....	33
Tabla 14: Nivel de sustitución del maíz .....	40
Tabla 15: Tratamientos para determinar las condiciones apropiadas, para la obtención de un snack tipo laminado a partir de quinua .....	43
Tabla 16: Tratamientos para determinar las condiciones de extrusión para la obtención de un snack tipo laminado, a partir de quinua .....	46
Tabla 17: Tratamientos para determinar la durabilidad de los snacks, almacenados en condiciones ambientales (17°C, 50%HR).....	51
Tabla 18: Tratamientos para determinar la durabilidad de los snacks, almacenados en condiciones aceleradas (35°C, 90%HR). .....	52
Tabla 19: Calificación promedio en la evaluación de aceptabilidad, para los snacks laminados.....	55
Tabla 20: Tratamientos escogidos del proceso de laminado para las evaluaciones afectivas .....	56
Tabla 21: Calificación promedio en la evaluación descriptiva para los snacks laminados.....	58
Tabla 22: Tratamientos escogidos del proceso de laminado para las evaluaciones descriptivas .....	59
Tabla 23: Porcentaje de hidrólisis de los tratamientos en estudio para el snack obtenido mediante laminador de masas.....	67
Tabla 24: Calificación promedio en la evaluación afectiva para los snacks extruidos ....	68
Tabla 25: Tratamientos escogidos del proceso de extrusión para las evaluaciones sensoriales afectivas.....	69
Tabla 26: Calificación promedio en la evaluación descriptiva para los snacks extruidos	71
Tabla 27: Tratamientos escogidos del proceso de extrusión para las evaluaciones sensoriales descriptivas.....	71
Tabla 28: Porcentaje de hidrólisis de los tratamientos en estudio para el snack obtenido mediante extrusión.....	79
Tabla 29: Contenido de aminoácidos en los productos estudiados .....	82
Tabla 30: Recuento microbiológico del snack laminado y almacenado en condiciones aceleradas (35°C, 90% HR).....	93

Tabla 31:	Recuento microbiológico del snack laminado y almacenado en condiciones ambientales (17°C, 50% HR).....	93
Tabla 32:	Recuento de aerobios mesófilos, hongos y levaduras en el snack extruido y almacenado en condiciones aceleradas (35°C, 90% HR).....	94
Tabla 33:	Recuento microbiológico del snack extruido y almacenado en condiciones ambientales (17°C, 50% HR).....	94
Tabla 34:	Prueba triangular para laminados de quinua almacenados bajo condiciones aceleradas.....	98
Tabla 35:	Prueba triangular para laminados de quinua almacenados bajo condiciones ambientales .....	99
Tabla 36:	Prueba triangular para extruidos de quinua almacenados bajo condiciones aceleradas.....	100
Tabla 37:	Prueba triangular para extruidos de quinua almacenados bajo condiciones ambientales .....	100

## ÍNDICE DE FIGURAS

### PÁGINA

Figura 1:	Morfología de la planta de quinua .....	2
Figura 2:	Esquema del grano de quinua .....	4
Figura 3:	Foto del cultivo de quinua variedad INIAP Tunkahuan .....	6
Figura 4:	Composición química del grano de quinua en base seca .....	8
Figura 5:	Contenido de proteína en quinua y otros cereales .....	9
Figura 6:	Principales zonas productoras de quinua en Ecuador .....	15
Figura 7:	Morfología de la planta de maíz .....	18
Figura 8:	Principales partes de un extrusor .....	27
Figura 9:	Productos obtenidos mediante extrusión .....	34
Figura 10:	Diagrama esquemático de la transferencia simultanea de calor y masa durante la fritura.....	35
Figura 11:	Calificación promedio en la evaluación afectiva de color, para los tratamientos escogidos de snacks laminados.....	57
Figura 12:	Calificación promedio en la evaluación afectiva de textura, para los tratamientos escogidos de snacks laminados .....	57
Figura 13:	Perfil descriptivo de los tratamientos escogidos para snacks laminados .....	59
Figura 14:	Calificación promedio en la evaluación descriptiva de color, para los tratamientos escogidos de snacks laminados .....	60
Figura 15:	Contenido de actividad de agua en diferentes tratamientos de snacks laminados .....	61
Figura 16:	Grado de expansión en diferentes tratamientos de snacks laminados .....	63
Figura 17:	Densidad aparente para los tratamientos en estudio para snacks laminados .	64
Figura 18:	Índice de absorción de agua de los tratamientos en estudio para snacks laminados .....	65
Figura 19:	Índice de solubilidad en agua de los tratamientos en estudio para snacks laminados .....	66
Figura 20:	Calificación promedio en la evaluación afectiva de color, para los tratamientos escogidos de snacks extruidos .....	70
Figura 21:	Perfil descriptivo de los tratamientos escogidos para snacks extruidos .....	72
Figura 22:	Calificación promedio en la evaluación descriptiva de color, para los tratamientos escogidos de snacks extruidos .....	73
Figura 23:	Contenido de actividad de agua en diferentes tratamientos de snacks extruidos .....	74
Figura 24:	Grado de expansión en diferentes tratamientos de snacks extruidos .....	75
Figura 25:	Densidad aparente para los tratamientos en estudio para snacks extruidos...	76
Figura 26:	Índice de absorción de agua de los tratamientos en estudio para snacks extruidos .....	78
Figura 27:	Índice de solubilidad en agua de los tratamientos en estudio para snacks extruidos .....	78
Figura 28:	Contenido de humedad de los productos experimentales .....	81
Figura 29:	Contenido de proteína de los productos experimentales.....	82
Figura 30:	Contenido de grasa de los productos experimentales .....	83

Figura 31:	Contenido de Vitaminas del complejo B para los tratamientos experimentales.....	84
Figura 32:	Contenido de vitaminas A y E, para los productos experimentales.....	85
Figura 33:	Contenido de macroelementos minerales para los productos experimentales.....	86
Figura 34:	Contenido de microelementos minerales para los productos experimentales.....	87
Figura 35:	Variación de la actividad de agua del snack laminado, en dos empaques y almacenado en condiciones aceleradas (35°C, 90% HR).....	88
Figura 36:	Variación de la actividad de agua del snack laminado, en dos empaques y almacenados en condiciones ambientales (17°C, 50% HR).....	89
Figura 37:	Variación de la actividad de agua del snack extruido, empacado en dos materiales y almacenado en condiciones aceleradas (35°C, 90% HR) .....	90
Figura 38:	Variación de la actividad de agua del snack extruido, empacado en dos materiales y almacenado en condiciones ambientales (17°C, 50% HR).....	91
Figura 39:	Variación del índice de peróxidos de los productos almacenados en BOPP y condiciones aceleradas .....	95
Figura 40:	Variación del índice de peróxidos de los productos almacenados en empaque aluminizado y condiciones aceleradas .....	96
Figura 41:	Variación del índice de peróxidos de los productos almacenados en BOPP y condiciones ambientales.....	96
Figura 42:	Variación del índice de peróxidos de los productos almacenados en empaque aluminizado y condiciones ambientales .....	97
Figura 43:	Diagrama de bloques para el proceso de laminado (72Unidades/h).....	103
Figura 44:	Diagrama de bloques para el proceso de extrusión (72Unidades/h).....	104

## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>PÁGINA</b>
ANEXO 1 DESCRIPCIÓN DE LOS MÉTODOS.....	.....130
ANEXO 2 RESULTADOS Y CÁLCULOS.....	.....164
ANEXO 3 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS.....	.....172
ANEXO 4 FIGURAS.....	.....205

## RESUMEN

El presente proyecto de titulación se realizó con el objetivo de desarrollar y evaluar dos tecnologías (en laminador de masas y en extrusor) para la obtención de un snack tipo laminado a partir de quinua.

Primero se determinaron las condiciones de cada uno de los procesos tecnológicos que permitieron la obtención del snack. Para el proceso de laminado se varió la composición de la mezcla, contenidos de humedad y temperatura de fritura. El tratamiento de mayor aceptación fue el elaborado con 50% maíz y 50% quinua, 44% de humedad y 130°C de fritura. Para la extrusión se probaron diferentes mezclas, humedades y perfiles de temperatura. El tratamiento con mayor aceptación fue: 50% maíz y 50% quinua, 20% de humedad y perfil de temperatura 130 – 130 – 180°C.

Para la caracterización química y nutricional de los productos en estudio y del producto comercial se evaluaron factores como: humedad, grasa, fibra dietética, proteína, vitaminas (complejo B, vitamina E y vitamina A) y minerales. Se pudo establecer que los productos obtenidos tienen un aceptable contenido de minerales como el potasio, magnesio, fósforo, zinc y hierro; y de fibra dietética soluble. Sin embargo, el contenido de vitaminas fue bajo probablemente debido a los procesos térmicos aplicados.

Para la determinación del empaque y las condiciones apropiadas para el almacenamiento, se trabajó con dos empaques (BOPP y polipropileno metalizado). Y dos condiciones de almacenamiento (al ambiente y en cámara acelerada). Se estudiaron factores como: actividad de agua, recuento microbiológico, índice de peróxidos y pruebas sensoriales de discriminación. Se estableció que el snack extruido empacado en polipropileno metalizado presentó mayor tiempo de vida útil estimado, con una duración aproximada 159 días (5 meses); por otra parte, el snack laminado empacado en polipropileno metalizado



(aluminizadas) presentó un mayor tiempo de vida útil estimado, con una duración aproximada de 189 días (6 meses).

Finalmente se realizó un estudio financiero a nivel de pequeña industria; el punto de equilibrio se alcanza al operar el 83,97% de la capacidad instalada. El costo de producción del producto se calculó en \$0,87, con un precio de venta al público de \$1,00. La tasa interna de retorno fue de 88%.

## INTRODUCCIÓN

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es una planta herbácea, botánicamente no pertenece al grupo de los cereales como lo son: el arroz, trigo, cebada o maíz; pero por su elevado contenido de almidón es considerada como un pseudo cereal (CORPEI-CBI, 2005). Este grano forma parte de la dieta de los indígenas andinos desde hace unos tres mil a cinco mil años (Roche, 2005). Su cultivo estaba muy desarrollado antes de la llegada de los españoles y a pesar de que se introdujeron otros alimentos a éstas tierras la quinua no ha dejado de formar parte de la cultura andina (SICA, 2001).

Es un alimento de excepcional valor nutritivo que lo destaca entre los demás alimentos de origen vegetal, principalmente por su alto contenido de proteína, (14 - 18%), casi el doble del contenido de proteína de otros cereales como el arroz y el trigo (Andaluz, 2006). La proteína de la quinua es rica en histidina y lisina, aminoácidos limitantes en granos como los cereales y se aproxima al patrón dado por la FAO para los requerimientos nutricionales de humanos (Romo *et al*, 2006). A las proteínas se suman el almidón, grasa, minerales y vitaminas en diferente proporción, lo que ha hecho que la quinua sea llamada por los indígenas como “grano madre”, por ser comparable con la leche materna en cuanto a su valor nutricional (Andaluz, 2006).

A pesar de todas las bondades que presenta el grano de quinua, en Ecuador la producción de elaborados es muy limitada, se orienta principalmente a la producción de harinas, harinas lacteadas, sémolas, productos intermedios como base para la preparación de alimentos infantiles y en menor escala productos elaborados como: pan, fideos, papilla, bebidas, hojuelas. La agroindustria de la quinua en el país es poco desarrollada si se la compara con la de Perú y Bolivia. (FAO, 2006).

Hasta los años setenta, los productos que se comercializaban como tipo snacks eran las clásicas papas chips, nueces, galletas y confituras. Hoy en día estos aperitivos incluyen un amplio rango de productos. Existe una tendencia mundial

en la que los actuales consumidores prefieren los snacks por su facilidad de consumo y por ser buenos a cualquier hora del día. Estos aperitivos o botanas constituyen un mercado de miles de millones de dólares en todo el mundo (Torres, 2009).

La quinua puede ser modificada en cuanto a su forma original para lograr mayor aceptabilidad por parte del consumidor; un campo poco explorado es la producción de snacks a partir de laminado y extrusión. Lo que permitirá ampliar la gama de alimentos que componen la dieta humana, al elaborar a partir de materias primas, alimentos de distinta forma, textura, color y sabor.

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

**Acame:** El acame o vuelco se produce cuando el peso del grano aumenta demasiado y la planta no puede soportarlo. En consecuencia, la planta se dobla completamente y hay pérdida en los rendimientos.

**Aleurona:** Materia nitrogenada de reserva que se encuentra en los cotiledones de las semillas.

**Almidón:** Es un polisacárido, el resultado de unir moléculas de glucosa que forman largas cadenas. Químicamente es una mezcla de dos polisacáridos muy similares, la amilosa y la amilopectina

**Amilosa:** Polisacárido formado por unidades de glucosa, unidas entre sí por enlaces  $\alpha$  1-4 lo que da lugar a una cadena lineal. El peso molecular de la cadena de amilosa es del orden de un millón de Da.

**Amilopectina:** Polisacárido ramificado, formado por unidades de glucosa, en el que las cadenas principales están unidas mediante enlaces glicosídicos  $\alpha$  1-4 y donde cada rama se une a la cadena principal mediante enlaces glicosídicos  $\alpha$  1-6. Su peso molecular es muy alto ya que algunas fracciones llegan a alcanzar hasta 200 millones de Da.

**Aquenio:** Fruto seco con una sola semilla, en el cual la cubierta de la semilla está unida al pericarpio solamente en un punto.

**Cereal:** Son los frutos en forma de grano que crecen en las plantas de la familia de las gramíneas. Existen otros granos que, aunque no pertenecen a esta familia botánica, se incluyen en el grupo de los cereales por su forma de empleo.

**Episperma:** Capa externa de la semilla. Cuando es dura se llama testa.

**Farináceo:** adj. Propio de la harina o perteneciente a ella.

**Germoplasma:** El material que se conserva como semillas, cultivo de tejido o plantas establecidas en colecciones de campo se llama germoplasma. Algunos autores definen germoplasma a la variabilidad genética intra-específica o a los materiales genéticos que pueden perpetuar una especie o una población de un organismo.

**Glucano:** Molécula grande de carbohidrato. Contiene muchas moléculas pequeñas de azúcar que están vinculadas químicamente entre sí. También se llama polisacárido.

**Grits:** Son sémolas de maíz que están constituidas por la fracción del endospermo duro, rica en almidón y libre de grasa del grano de maíz. Los grits se obtienen a partir del proceso de desgerminación en seco o semi-seco del grano de maíz.

**Hemólisis:** Es la descomposición de los glóbulos rojos.

**Lanceolada:** Hoja cuyo aspecto es semejante a la punta de una lanza.

**Pelagra:** Enfermedad causada por una deficiencia alimentaria de niacina.

**Pivotante:** Se aplica a la raíz de la planta que se hunde o penetra en la tierra verticalmente como una prolongación del tronco: la raíz pivotante presenta un eje central más grueso que las ramificaciones.

**Teocinte** o teosinte: Planta gramínea de la familia del maíz, posible antepasado del maíz.

## GLOSARIO DE ABREVIATURAS

AOAC = Association of Official Analytical Chemistry

CNA = Censo Nacional Agropecuario

Da = Daltones

ECU = Ecuador

g = Gramos

ha = Hectárea

IAA = Índice de absorción de agua

INIAP = Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias

ISA = Índice de solubilidad en agua

kg = Kilogramos

ml = Mililitros

mm = Milímetros

nm = Nanómetros

ppm = Partes por millón

rpm = Revoluciones por minuto

T = Toneladas

TM = Tonelada métrica

ufc = Unidades formadoras de colonias

UPAs= Unidades de producción agrícola

$\mu$  = Micra

$^{\circ}$  C = Grados centígrados

# 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

## 1.1 LA QUINUA

### 1.1.1 ORIGEN

La quinua es un pseudo cereal originario de los países andinos, su cultivo ya estaba muy desarrollado antes de la llegada de los españoles (3 000 – 5 000 años A.C.), fue domesticada en tierras que hoy conforman Bolivia, Perú y Ecuador. A pesar de que se introdujeron otros alimentos a éstas tierras, la quinua no ha dejado de formar parte de la cultura andina (SICA, 2001; De la Roche, 2005). Según Yugcha (1988) en el Ecuador las primeras evidencias de la quinua datan de hace 300 – 500 A.C.

### 1.1.2 TAXONOMÍA Y MORFOLOGÍA

#### 1.1.2.1 Clasificación Taxonómica

La clasificación taxonómica de la quinua se presenta en la Tabla 1:

**Tabla 1:** Clasificación taxonómica de la Quinua

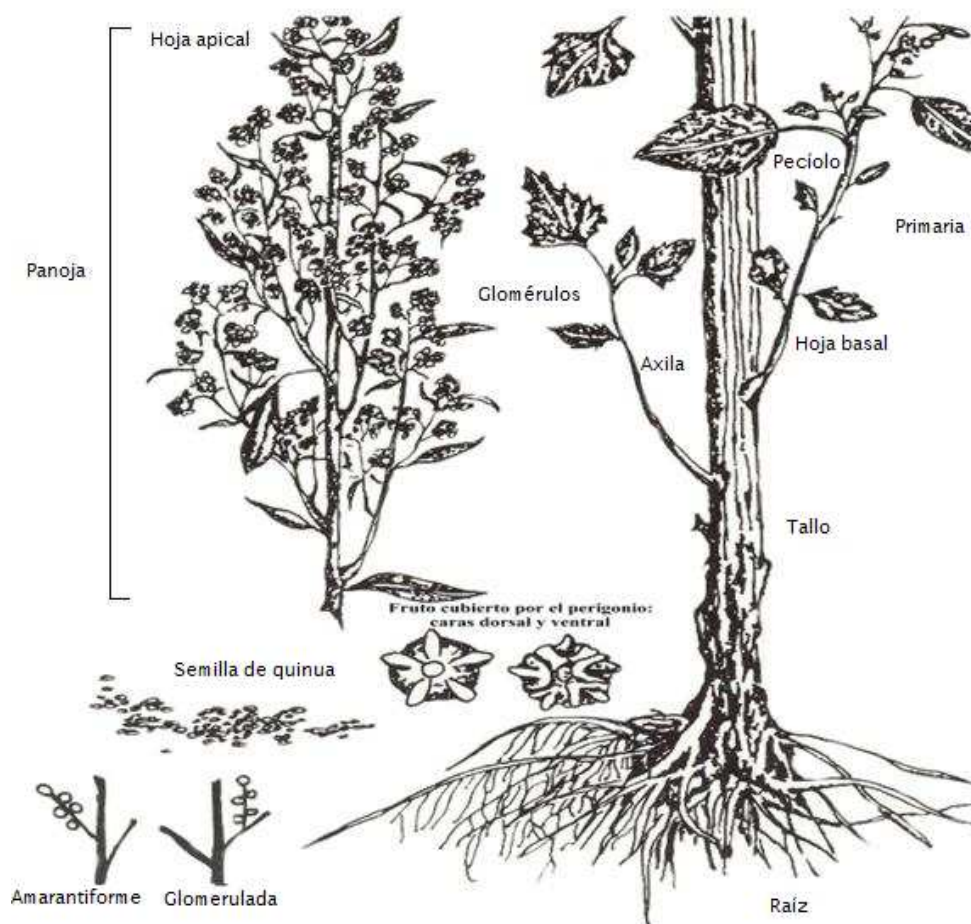
<b>Reino:</b>	<b>Vegetal</b>
<b>División :</b>	Fanerógamas
<b>Clase:</b>	Dicotiledóneas
<b>Subclase:</b>	Angiospermas
<b>Orden:</b>	Centropermales
<b>Familia:</b>	Chenopodiaceae
<b>Género:</b>	Chenopodium
<b>Sección:</b>	Chenopodia
<b>Subsección:</b>	Cellulata
<b>Especie:</b>	Chenopodium quinua Willdenow

Mújica *et al.*, 2001

#### 1.1.2.2 Morfología

La planta de quinua puede alcanzar una altura que varía entre 1 a 2,30 m (Álvarez *et al.*, 2002). Los colores básicos de la planta son el rojo, púrpura y verde. (Gandarillas, 1982). Botánicamente no pertenece al grupo de los cereales como lo son: el arroz, trigo, cebada o maíz; pero por su elevado contenido de almidón es

considerada como un pseudo cereal (CORPEI-CBI, 2005). La Figura 1 muestra la morfología de la planta de quinua.



**Figura 1:** Morfología de la planta de quinua (Álvarez *et al.*, 2002)

La raíz es fibrosa, pivotante, con muchas ramificaciones y alcanza hasta 0,6 m. de profundidad. Mientras más alta sea la planta más largo será su sistema radicular (Álvarez *et al.*, 2002; GTZ *et al.*, 2001).

El tallo es de forma cilíndrica a la altura del cuello y angular a partir de las ramificaciones. Según su tipo de ramificaciones pueden presentarse con un tallo principal y varias ramas laterales cortas (GTZ *et al.*, 2001; CORPEI-CBI, 2005).

Las hojas son polimorfas (diferentes formas), cubiertas de un polvo fino farináceo, el color de las hojas puede ser verde, rojo o púrpura según su estado de



maduración (GTZ *et al.*, 2001). Las hojas inferiores son grandes y lanceoladas y las hojas superiores son pequeñas y romboidales. Las hojas son dentadas, el número de dientes es una característica importante para su clasificación. En la región centro-norte de Perú y en Ecuador se encuentran plantas con hojas dentadas, mientras que en Bolivia tienen pocos dientes y en algunos casos carecen de ellos (Yugcha, 1988; Álvarez *et al.*, 2002).

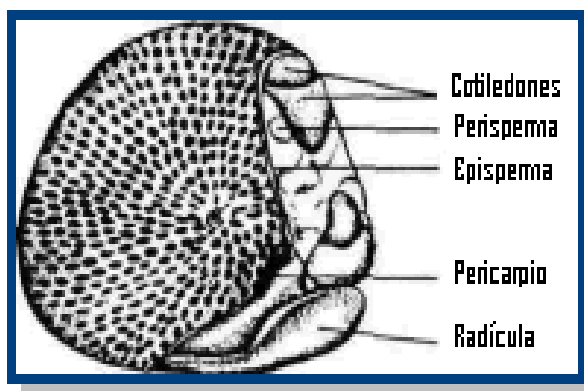
Las flores son pequeñas y carecen de pétalos, se encuentran agrupadas a lo largo del eje principal en número de 20 o más. Pueden ser hermafroditas o pistiladas (Yugcha, 1988; Álvarez *et al.*, 2002).

La inflorescencia es una panoja típica, constituida por un eje central, ejes secundarios y terciarios, que sostienen a los glomérulos (grupos de flores); el largo de la panoja puede variar entre 15 - 17 cm. La inflorescencia puede ser de dos tipos: glomerulada, cuando los glomérulos nacen directamente del eje secundario y amarantiforme, cuando los glomérulos nacen de ejes terciarios (Yugcha, 1988; Álvarez, *et al.*, 2002).

El fruto es un aquenio (fruto seco con una sola semilla, en el cual la cubierta de la semilla está unida al pericarpio solamente en un punto). Las partes principales del fruto son: la cubierta externa (perianto y capa de células), el episperma y el embrión; cuando la quinua es cosechada, el fruto cae de la planta encerrado en el perianto. Las células débiles adheridas al perianto son fácilmente removidas por lavado y restregado hasta exponer el pericarpio de color amarillo pálido (Mújica *et al.*, 2006; Yugcha, 1988).

La semilla constituye el fruto maduro sin el perigonio, es pequeña, aproximadamente mide 2 mm de ancho y 1 mm de espesor, está cubierta por el pericarpio (pared externa del fruto), que es donde se encuentra la saponina que confiere el sabor amargo a la quinua. La semilla presenta tres partes bien definidas que son: episperma, embrión y perisperma. En la Figura 2 se presenta un esquema de la anatomía del grano de quinua, debajo del pericarpio se encuentra el episperma, una membrana delgada que cubre al embrión. El embrión

que está formado por los dos cotiledones y la radícula envuelve al perisperma en forma de anillo. El perisperma de color blanco, constituye la sustancia de reserva y contiene pequeños granos de almidón, además representa el 60% de la superficie de la semilla (Mújica *et al.*, 2001).



**Figura 2:** Esquema del grano de quinua (Mújica *et al.*, 2006)

Las semillas están dispuestas en panojas, miden entre 15 a 70 cm y su rendimiento puede llegar a 220 g/panoja. El tamaño varía y se clasifican en grandes (2 – 2,6mm), medianas (1,8 – 2,1 mm) y pequeñas (menores de 1,8 mm). El color varía según la variedad y el estado fisiológico de la planta, puede ser púrpura, rosado, amarillo, verde (Mújica *et al.*, 2006; GTZ *et a*; 2001).

### 1.1.3 CONDICIONES AGROECOLÓGICAS

#### 1.1.3.1 Clima

En el Ecuador, el cultivo de Quinua está ubicado en la franja altitudinal que va desde los 2 400 a 3 200 msnm. Las precipitaciones anuales de 600 a 2 600 mm, son las más apropiadas y la mínima para lograr un buen rendimiento no debe ser menor a 400 mm, el cultivo puede soportar la sequía pero no en exceso. La temperatura óptima es de 9 a 16°C y puede soportar heladas de - 5°C. Los sectores excesivamente ventosos no son apropiados ya que pueden producir una rápida desecación y posteriormente el acame o volcamiento de las plantas. Los sectores de más alta iluminación solar son los más favorables para el cultivo de la

quinua, pues contribuye en el proceso fotosintético (Mazón *et al.*, 2005; GTZ *et al.*, 2001).

### **1.1.3.2 Suelo**

Este cultivo se adapta bien a diferentes tipos de suelo; sin embargo, los más adecuados son aquellos de textura franco, franco – arenoso – limosos con arena muy fina y areno – arcillosos con arena fina a media; ricos en materia orgánica y nutrientes, con buen drenaje, profundidad promedia, pendientes moderadas y pH de 6,3 – 7,3, aunque se conoce que también se cultiva quinua bajo condiciones extremas de pH (4,5 y 9,5) pero con menor rendimiento (Yugcha, 1988; GTZ *et al.*, 2001).

### **1.1.4 VARIEDADES**

En 1986, el PRONALEG – GA (Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos), del INIAP entregó las primeras variedades mejoradas de quinua: INIAP-Imbaya e INIAP-Cochasqui, consideradas amargas por su alto contenido de saponina (superior a 0,1%), éstas variedades constituyeron una alternativa para los agricultores de la sierra pues se adaptan a sus sistemas de producción y autoconsumo. El posterior interés en obtener variedades con menor contenido de saponina hizo que luego de 8 años de investigación el PRONALEG – GA del INIAP desarrolle dos variedades dulces (contenido de saponina inferior a 0,1%): INIAP-Ingapirca e INIAP-Tunkahuan (Nieto *et al.*, 1992). Posteriormente se desarrolló la variedad INIAP-Pata de Venado, precoz y dulce. Actualmente Tunkahuan y Pata de venado son las variedades de mayor vigencia actual en el mercado.

#### **1.1.4.1 Variedad INIAP-Tunkahuan**

Esta variedad se originó de una población de germoplasma recolectada de la provincia del Carchi en 1985, seleccionada como material promisorio en 1986 e

introducida en el Banco de Germoplasma del INIAP como ECU-0621. En la Figura 3 se puede apreciar una plantación de quinua variedad Tunkahuan.



**Figura 3:** Foto del cultivo de quinua variedad INIAP Tunkahuan

Presenta hojas triangulares, grandes, con borde dentado y ondulado, características típicas de la raza Imbabura del norte de la Zona Andina. En la Tabla 2, se muestran las principales características morfológicas de la variedad INIAP-Tunkahuan (Nieto *et al.*, 1992).

**Tabla 2:** Características morfológicas de la variedad INIAP-Tunkahuan

Carácter	INIAP-Tunkahuan
Hábito de crecimiento	Erecto
Tipo de raíz	Pivotante-desarrollada
Forma del tallo	Redondo con aristas
Tipo de ramificación	Sencilla a semi ramificado
Color del tallo	Verde claro
Estrías en el tallo	De color verde oscuro
Pigmentación del tallo	Sin pigmentos
Forma de hojas	Triangulares
Tamaño de hojas, cm <sup>2</sup>	De 24 a 50
Borde de hojas	Ondulado y dentado
Axilas de hojas	No pigmentadas
Color de planta	Púrpura
Color panoja inmadura	Rosado a púrpura
Color panoja madura	Amarillo anaranjado
Tipo de panoja	Glomerulada
Pedícelos	Largos
Perigonios*	Abiertos
Latencia de semilla	Ausente

\*A la madurez  
Nieto *et al.*, 1992.

En la Tabla 3 se muestra los rangos y promedios de las principales características agronómicas de la variedad INIAP-Tunkahuan.

**Tabla 3:** Características agronómicas de la variedad INIAP-Tunkahuan

Característica	INIAP-Tunkahuan	
	Rango	Promedio
Días a la floración	82 a 128	109
Días a la cosecha	150 a 210	180
Altura de la planta (cm)	90 a 185	144
Largo de la panoja (cm)	20 a 48	37
Reacción a mildiú*	1 a 5	2,8
Rendimiento de grano, Kg/ha	859 a 3782	2244

\* Escala: 0 a 9 (0 resistente, 9 susceptible)  
Nieto *et al.*, 1992.

#### 1.1.4.2 Variedad INIAP-Pata de Venado

La variedad INIAP-Pata de Venado proviene del intercambio de germoplasma con Bolivia. Dicho material está registrado en el Departamento Nacional de Recursos Fitogenéticos del INIAP con el código ECU-572 y en el 2001 fue seleccionada como línea promisoría.

Para el año 2005, luego de realizar una investigación participativa con las comunidades de Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Chimborazo, Bolívar y Cañar, la variedad fue entregada a los agricultores, quienes seleccionaron la variedad por los siguientes criterios: altura mediana de la planta, poco follaje, panoja grande y compacta, tallo fuerte, buena producción, grano dulce entre otros (Mazón, N., 2008).

En la Tabla 4, se muestran las principales características de ésta variedad.

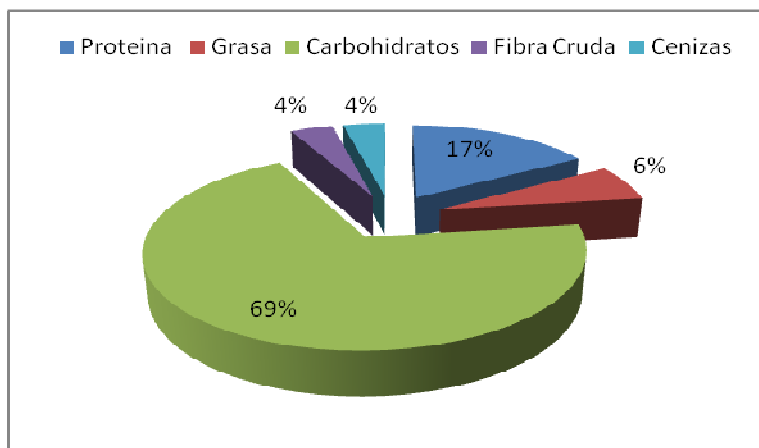
**Tabla 4:** Características importantes de la variedad INIAP-Pata de Venado

Característica	INIAP-Pata de Venado
Hábito de crecimiento	Erecto
Ramificación	Ausente
Color de panoja	Rosada
Tipo de panoja	Terminal
Tamaño de la panoja (promedio)	29,0
Altura de la planta (promedio)	68,6
Acame a la cosecha	Bajo
Color del grano	Blanco
Peso de 100 semillas (promedio)	0,36
Contenido de saponina	0,00%
Días a la floración (promedio)	70
Días a la cosecha (promedio)	151
Rendimiento por planta (promedio)	7,6
Rendimiento por ha (promedio)	1200 kg
Adaptación (altitud)	2800 a 3800 msnm

Mazón, 2008

### 1.1.5 VALOR NUTRICIONAL DE LA QUINUA

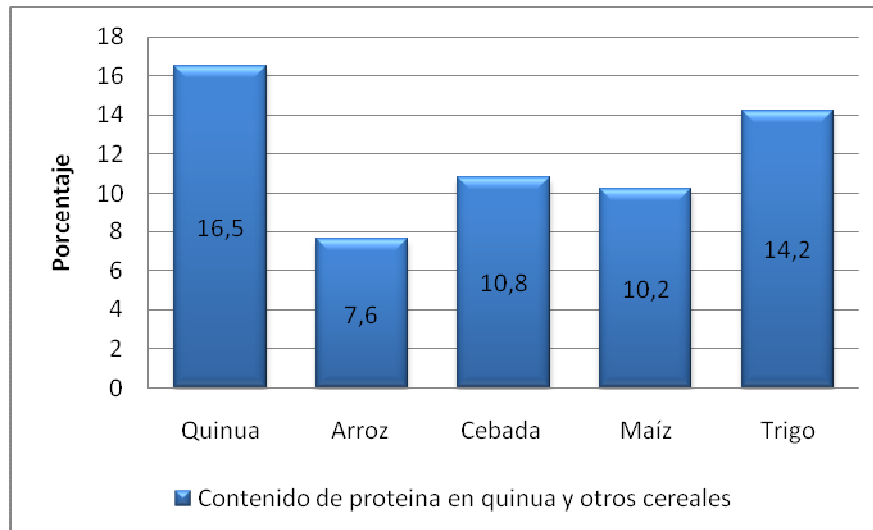
La quinua es considerada por la FAO y la OMS como un alimento único debido a su valor nutricional (Ecovisiones, 2007). El grano de quinua está conformado mayoritariamente por carbohidratos, seguido de proteína y grasa (GTZ *et al.*, 2001). En la Figura 4, se indica el contenido de los diferentes componentes nutricionales de la quinua.

**Figura 4:** Composición química del grano de quinua en base seca (GTZ *et al.*, 2001)

### 1.1.5.1 Proteína

Lo que destaca a éste pseudo cereal de los demás alimentos de origen vegetal es su alto contenido de proteína (14 y 20%), casi el doble del contenido de proteína de cereales como el arroz y el trigo, es comparable al de algunos alimentos de origen animal como: carne, leche, huevo y pescado (Andaluz, 2006; Peralta, 1985). En las Figuras 5, se puede apreciar el contenido de proteína en quinua frente a otros cereales.

El valor proteico de un alimento se mide con base en dos factores: el balance de los aminoácidos y el contenido de los llamados aminoácidos esenciales. La quinua sobresale en estos dos factores, pues contiene 16 de los 24 aminoácidos existentes. Este grano se caracteriza por su contenido superior de aminoácidos esenciales como: lisina, metionina y triptófano especialmente (MotherGrain, 2005; Peralta, 1985).



**Figura 5:** Contenido de proteína en quinua y otros cereales (GTZ *et al.*, 2001)

### 1.1.5.2 Carbohidratos

La fracción de carbohidratos está constituida principalmente por almidón (50 – 60%). El almidón se encuentra en el perisperma en forma de gránulos y está

conformado de dos glucanos: amilosa (20 %) y amilopectina (80%). Los gránulos de almidón de la quinua tienen un diámetro de 2  $\mu\text{m}$ , es más pequeños que los de otros cereales (Carrasco *et al.*, 2001). Los azúcares libres llegan a 6,2%, la fibra insoluble 5,31%, la soluble en 2,49% y la fibra total en 7,80% (GTZ, *et al.*, 2001).

### 1.1.5.3 Lípidos

El contenido de lípidos en el grano de quinua es de 6,1% (Peralta, 1985) y la mayor parte se hallan en el embrión. La composición del aceite de la quinua es parecida a la del aceite de soya, los principales ácidos grasos que conforma la grasa de la quinua son el linoléico (C18:2) y linolénico (C18:3), que constituyen entre el 55-63% de la grasa de la quinua (Koziot, M., 2002). Cabe mencionar que la grasa de quinua es baja en colesterol (GTZ *et al.*, 2001).

### 1.1.5.4 Minerales

El grano de quinua tiene un nivel superior en comparación con los demás cereales. Tiene excelentes cantidades de: calcio y fósforo. El hierro posee una alta disponibilidad biológica para los seres humanos (GTZ *et al.*, 2001). El contenido de minerales en el grado de quinua se muestra en la Tabla 5.

**Tabla 5:** Contenido de minerales en el grano de quinua \*

Elemento	Rango
Calcio	46 a 340
Fósforo	145 a 540
Potasio	840 a 1145
Magnesio	170 a 230
Cobre	0,6 a 1,2
Manganeso	1,2 a 5,1
Zinc	2,1 a 6,1

Ruales, J., y Nair, B., 1992 citado en Ayala *et al.*, 2001

\*(mg/100g de materia seca)



### 1.1.5.5 Vitaminas

La quinua supera a los cereales en el contenido de vitaminas B<sub>2</sub>, E y A, mientras que el contenido de B<sub>3</sub> es menor. Falta un estudio completo sobre el contenido de las vitaminas en la quinua y no solo de los granos sino también de las hojas, las cuales son comestibles y tienen sabor a espinaca y podrían ser fuente de vitamina A (Koziot, 2002). En la Tabla 6, se muestran algunas vitaminas que se hallan en el grano de quinua.

**Tabla 6:** Contenido de algunas vitaminas del grano de quinua (ppm bs)

Vitamina	Quinua
Niacina	10,7
Tiamina (B1)	3,1
Riboflavina (B2)	3,9
Ácido Ascórbico (C)	49
Alfa-Tocoferol (E)	52,3
Carotenos	5,3

Koziot, 2002

## 1.1.6 FACTORES ANTINUTRICIONALES

### 1.1.6.1 Saponinas

Las saponinas son compuestos del tipo esterol o triterpenoide (Koziot, 2002), se encuentran en el pericarpio del grano y representan el principal factor antinutricional de la quinua, que le confiere un sabor amargo característico (CORPEI – CBI, 2005).

Las principales propiedades de las saponinas son la abundante producción de espuma cuando son disueltas en agua y agitadas, y también la solubilidad en alcohol absoluto y otros solventes orgánicos, las soluciones adquieren una coloración que va desde blanca a ligeramente parda (Fontúrbel, 2004). Para el consumo del grano es recomendable someterlo a lavado con frotación para eliminar la mayor cantidad de saponina.

De acuerdo al contenido de saponina, la quinua se puede considerar amarga cuando sobrepasa el 0,11% y dulce cuando su contenido es inferior a 0,11% con base al peso en fresco (CORPEI – CBI, 2005).

En el ser humano el principal efecto de la saponina en concentraciones altas es la hemólisis de los glóbulos rojos, así como irritaciones de las mucosas intestinales. Normalmente las saponinas se descomponen en el intestino antes de ser absorbidas y las concentraciones en el grano son bajas. La quinua no causa intoxicación vía oral a través del consumo de quinua amarga (GTZ *et al.*, 2001), aunque se sabe que la saponina es altamente tóxica para el ser humano cuando se administra por vía endovenosa (CORPEI – CBI, 2005).

La característica espumante de la saponina se aprovecha para la fabricación de cerveza, para la preparación de compuestos para extinguidores de incendios y en la industria fotográfica, cosmética y farmacéutica. En esta última tiene utilidad para la elaboración sintética de hormonas. Igualmente es aprovechada por los campesinos andinos, especialmente las mujeres, quienes enjuagan sus cabellos con el agua resultante del lavado de quinua o la utilizan para lavar tejidos (CORPEI – CBI, 2005).

### **1.1.7 TRANSFORMACIÓN DE LA QUINUA**

La quinua al ser un grano altamente nutritivo tiene un gran potencial agroindustrial (Flores, 2001). En Ecuador la producción de elaborados a partir de quinua es muy limitada, se orienta principalmente a la producción de harinas, harinas lacteadas, sémolas, productos intermedios como base para la preparación de alimentos infantiles y en menor escala productos elaborados como: pan, fideos, papilla, bebidas, hojuelas. La agroindustria de la quinua en el Ecuador es poco desarrollada si se la compara con la de Perú y Bolivia (FAO, 2006).

La quinua es un producto típicamente agroindustrial. El primer proceso al que debe ser sometido este grano andino previo al consumo es la eliminación de la

saponina. De la quinua se puede obtener una serie de subproductos de uso alimenticio, cosmético, farmacéutico y otros (Nieto y Valdivia, 2001).

Algunos de los productos alimenticios que se obtienen a partir del grano de quinua se detallan a continuación:

#### **1.1.7.1 Quinua Perlada**

Consiste en el grano de quinua seleccionado y desaponificado por medios mecánicos, libre de saponina y apta para el consumo humano. El desaponificado mecánico también se denomina escarificado (Mújica *et al.*, 2006).

#### **1.1.7.2 Harina cruda de quinua**

Es el producto resultante de la molienda de la quinua perlada, su finura dependerá del número de zaranda o malla que se usa en la molienda. Diferentes pruebas en la zona Andina, y fuera de ella, han mostrado la factibilidad de adicionar 10, 15, 20 y hasta un 40% de harina de quinua en pan, 40% en pasta (fideos), 60% en bizcochos y hasta 70% en galletas (Marca, 2001).

#### **1.1.7.3 Harina tostada de quinua**

Este producto se obtiene a partir de la quinua perlada y tostada, la cual es sometida a una molienda. Esta harina es usada particularmente en repostería (Romo *et al.*, 2006).

#### **1.1.7.4 Harina precocida de quinua**

Consiste en precocer el grano de quinua, para luego secarlo y reducirlo a polvo, con lo que se logra la rápida dispersión en líquidos. Esta harina se puede usar directamente, para la preparación de bebidas instantáneas como: leches, batidos, sorbetes, etc., y en la elaboración de postres (CRS *et al.*, 2003).

#### **1.1.7.5 Hojuelas de quinua**

Se asigna el nombre de hojuela al grano de quinua perlado que ha sido laminado a presión mediante la utilización de rodillos. El producto obtenido es similar a las hojuelas de avena y es consumido previa cocción y mezclado con leche bajo la forma de cereal instantáneo (Mújica *et al.*, 2006).

#### **1.1.7.6 Quinua expandida o insuflada**

El expandido o insuflado de quinua resulta de una cocción hidromecánica en un expansor de granos, lo que representa que el grano perlado previo al ingreso al expansor es acondicionado y por diferencia de presión el almidón contenido dentro del grano sufre una modificación y forma una red interior que da la apariencia de que el grano se ha expandido (CRS *et al.*, 2003).

#### **1.1.7.7 Leche de quinua**

Se obtiene luego de la cocción del grano de quinua desaponificado y posterior filtración para la eliminación de sólidos. Posteriormente puede ser saborizada, edulcorada y pasteurizada (CRS *et al.*, 2003).

### **1.1.8 PRODUCCIÓN DE QUINUA EN ECUADOR**

Según el III Censo Nacional Agropecuario, en Ecuador la producción de quinua está concentrada en las provincias de Chimborazo, Cotopaxi, Carchi, Imbabura, Pichincha y Tungurahua (Junovich, 2003). En las demás provincias serranas del país este cultivo prácticamente se ha extinguido o si existe su presencia es poco frecuente (GTZ *et al.*, 2001).

La superficie cultivada de quinua no se encuentra clara, las apreciaciones varían (de 2 000 Ha., 500 son destinadas para cubrir a la exportación, como quinua orgánica certificada). Ecuador tiene una superficie media de 1 000 Ha., con una

producción media de 500 kg. /Ha. generada por pequeños productores (Jaramillo, 2004).



**Figura 6:** Principales zonas productoras de quinua en Ecuador (Junovich, 2003)

La demanda anual de quinua se encuentra en el orden de las 855 TM, a la cual se debe añadir los requerimientos del Programa Mundial de Alimentos y las panificadoras nacionales (unas 150 TM) La producción de quinua a nivel nacional se encuentra en el orden de entre las 300 y 800 TM/año. Si se descarta la producción de quinua que se destina para la exportación (entre 100 y 200 TM/año), el resto de la demanda es satisfecha por quinua procedente desde Perú y Bolivia (entre 400 y 600 TM/año), sin contar en su mayoría con registros de importación y con un obvio perjuicio para los productores nacionales (Jaramillo, 2004).

En Estados Unidos y Europa se encuentra quinua y productos elaborados en supermercados, restaurantes y bio-tiendas. En 2004 la demanda en Europa de quinua fue de 1.300 TM/año, en Estados Unidos llegó a 1.500 TM/año en 2007; consiguientemente se aumentó la producción, el uso y la exportación de la quinua.

En el Ecuador se incrementó la superficie de producción de 27 Ha. en el año 1.982, a 2.098 Ha. en el año 2007. El país comenzó a exportar desde el año 1.987 a Estados Unidos, Europa y Japón (Jaramillo, 2004).

## **1.2 EL MAÍZ**

### **1.2.1 ORIGEN**

Existen dos teorías que explican el origen del maíz (*Zea mays*) que se conoce, la primera dice que éste evolucionó a partir del teosinte, cultivo anual que posiblemente sea el más cercano al maíz. La segunda teoría cree que se desarrolló a partir de un maíz silvestre hoy desaparecido (Goycoolea, 2007).

El cultivo del maíz tuvo su origen, en América Central, específicamente en México, de donde se difundió hacia el norte hasta el Canadá y hacia el sur hasta la Argentina (Garduño, 2000) y se cultiva desde hace unos diez mil años. A finales del siglo XV, después del descubrimiento al continente americano, el grano fue introducido a Europa. Hoy en día se encuentra cultivado prácticamente en todas las zonas del mundo (FAO, 1993).

La evidencia más antigua acerca del origen del maíz es el hallazgo de mazorcas en yacimientos arqueológicos del Valle de Tehuacán en México hace 7000 años. Dichas mazorcas medían entre 3 y 4 cm. de longitud y tenían pocos granos; con el paso del tiempo el maíz evolucionó hasta llegar al que se conoce (Goycoolea, 2007).

También existe la posibilidad de centros secundarios de origen y adaptación del maíz en Sur América, existen escasas evidencias arqueológicas sobre su domesticación en Perú, donde los materiales más antiguos datan de hace 1000 años atrás (Ibarra, 1999).

## 1.2.2 TAXONOMÍA Y MORFOLOGÍA

### 1.2.2.1 Taxonomía

El maíz es un cereal que pertenece a la familia de las gramíneas. Su clasificación taxonómica se muestra en la Tabla 7:

**Tabla 7:** Clasificación taxonómica del maíz

<b>Reino:</b>	Vegetal
<b>Clase:</b>	Angiospermae
<b>Subclase:</b>	Monocotyledoneae
<b>Orden:</b>	Poales
<b>Familia:</b>	Gramíneas
<b>Género:</b>	Zea
<b>Especie:</b>	Zea mays L.

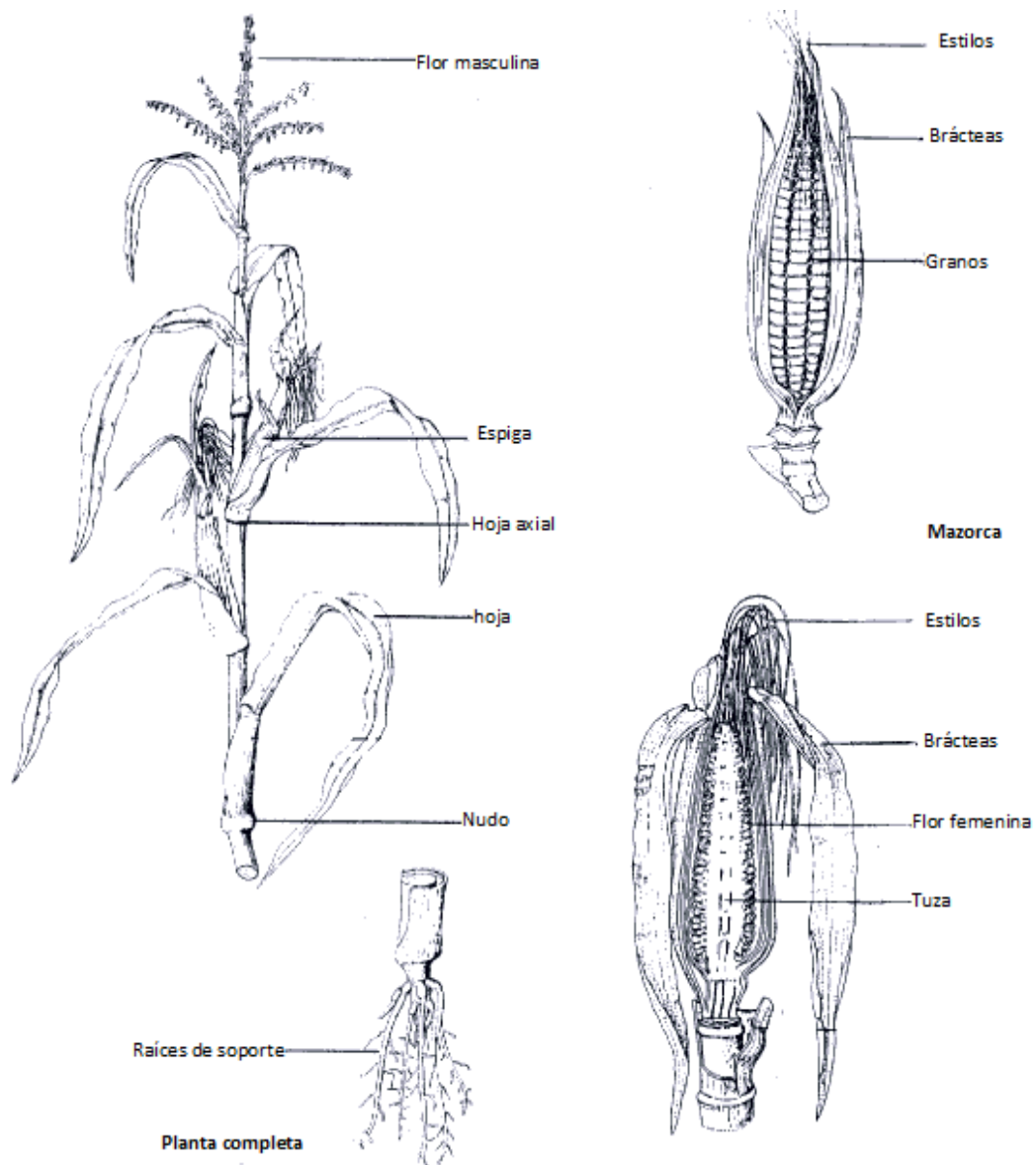
Parsons, 1987; infoagro.com

### 1.2.2.2 Morfología

La planta de maíz es de porte robusto, de fácil desarrollo y régimen anual. Su ciclo vegetativo fluctúa entre 80 y 20 días desde la siembra hasta la cosecha. Existen variedades enanas de 4 a 60 cm de altura, hasta las gigantes de 2 a 4 m (Parsons, 1987). La Figura 7 muestra la morfología de la planta de maíz.

El sistema radicular está conformado por la raíz primaria, que se origina en el embrión y tiene corta duración. Cuando la planta es adulta el sistema radicular es casi totalmente adventicio. También posee raíces de sostén o soporte, éstas se originan a partir de los nudos, las cuales proporcionan estabilidad a la planta (Parsons, 1987).

El tallo central del maíz es siempre erecto, leñoso y cilíndrico, formado por nudos, cuyo número y longitud varían considerablemente (SICA, 2000). El tallo puede elevarse a alturas de hasta 4 m, e incluso más en algunas variedades (Garduño, 2000).



**Figura 7:** Morfología de la planta de maíz (Garduño, 2000)

Las hojas de maíz son largas, de gran tamaño, lanceoladas, alternas, paralelinervias. La vaina de la hoja forma un cilindro alrededor del entrenudo, pero con los extremos desunidos. El haz de las hojas presenta vellosidades y los extremos de las hojas son muy afilados y cortantes. El color de las hojas es usualmente verde, pero se puede encontrar hojas rayadas de blanco y verde o blanco y púrpura (Parsons, 1987)

La inflorescencia del maíz es monoica, es decir, tiene flores masculinas (estaminadas) y femeninas (pistiladas) en la misma planta, pero separadas. La



inflorescencia masculina aparece en la extremidad del tallo en forma de panícula, de coloración amarilla, posee una cantidad muy elevada de polen en el orden de 20 a 25 millones de granos de polen. La inflorescencia femenina se dispone de forma lateral, con menor contenido en granos de polen, alrededor de los 800 o 1000 granos y se forman en unas estructuras vegetativas denominadas espádices (SICA, 2000).

La semilla madura se compone esencialmente de dos partes: endosperma, que ocupa la mayor parte (85% del peso seco del grano), y el embrión. Los tejidos externos forman el pericarpio, compuesto por varias capas celulares coloreadas y blancas. Debajo del pericarpio está la capa de aleurona, rica en proteína (SICA, 2000).

### 1.2.3 CONDICIONES AGROECOLÓGICAS

#### 1.2.3.1 Clima

El cultivo de maíz se desarrolla en climas relativamente cálidos, para una buena producción la temperatura debe oscilar entre los 20 °C y 30 °C. La temperatura óptima depende del estado del desarrollo en que se encuentre el cultivo (Parsons, 1987), dichas temperaturas se muestran en la Tabla 8.

**Tabla 8:** Temperatura óptima en diferentes estados de desarrollo del cultivo de maíz

Estado de desarrollo	Temperatura		
	Mínima	Óptima	Máxima
Germinación	10° C	20 a 25 ° C	40° C
Crecimiento vegetativo	15° C	20 a 30 ° C	40° C
Floración	20° C	21 a 30 ° C	30° C

Parsons, 1987

La cantidad de agua durante la temporada de crecimiento no debe ser menor de 300 mm y la cantidad óptima de lluvia es de 550 mm, y la máxima de 1 000 mm. Los vientos fuertes pueden ocasionar volcamiento de las plantas, por lo que es necesario construir rompevientos. Los vientos calientes y secos pueden provocar la desecación de los cabellos de la mazorca de maíz (Parsons, 1987).

### **1.2.3.2 Suelo**

El maíz se adapta bien a diferentes tipos de suelo, sin embargo, el mejor es el suelo franco, por ser el que tiene una equilibrada proporción de partículas finas, medianas y gruesas; éste tipo de suelo permite un buen desarrollo del sistema radicular, con una mayor eficiencia de absorción de la humedad y de los nutrientes del suelo, también ayuda a prevenir el acame de las plantas (Parsons, 1987).

Esta gramínea se adapta bien en suelos con pH 6 a 7. Requiere suelos profundos, ricos en materia orgánica, con buena circulación del drenaje para no producir encharques que originen asfixia radicular (SICA, 2000).

### **1.2.4 RAZAS**

Las razas se definen como variedades taxonómicas no tan concretas como lo son los géneros o especies, pero debido a su diversidad en características ambientales, han propiciado el desarrollo de poblaciones genéticas que se distinguen entre sí (SICA, 2000).

En el Ecuador, el INIAP, a través de su programa de maíz ha obtenido las variedades que se muestran en la Tabla 9.

**Tabla 9:** Variedades de maíz liberadas por el INIAP

Carácter	VS-2	Pichilingue 513	Pichilingue 504	INIAP-515
Floración	64-71 días	54-62 días	55-60 días	58-64 días
Tipo de mazorca	Grande y ligeramente cónica	Media, cilíndrica y cerrada en su punta		Larga , cilíndrica cerrada
Tipo de grano	Semiduro, amarillo con visible capa harinosa	Grandes semicristal, blanco uniforme, profundo con ligera capa harinosa	Mediano, cristalino, amarillo intenso, medianamente profundo	Mediano, semicristalino, amarillo uniforme, capa harinosa
Ciclo vegetativo	120 días	120 días	110 días	120 días
Tolerancia a enfermedades	Buena	Buena	Buena	Buena
Producción comercial	60-100 qq/ha	90 qq/ha	90 qq/ha	80 qq/ha

#### 1.2.4.1 Variedad INIAP H-551

Esta variedad de maíz es un híbrido triple que se origina a partir de tres líneas endogámicas, mismas que provienen de diferentes maíces básicos de amplia base genética y buen potencial de rendimiento (Crespo *et al.*, 1990).

En la Tabla 10, se detallan las principales características de la variedad INIAP H-551.

**Tabla 10:** Principales características de la variedad INIAP H-551

Característica	INIAP H-551
Hábito de crecimiento	Erecto
Altura de aparición de mazorca (cm)	114 a 120
Número de hojas/nudos	14 o 15
Altura de la planta (promedio) (cm)	216 a 230
Forma de mazorca	Cónica
Número de hileras por mazorca	12 a 16
Tamaño de mazorca (cm)	15,5 a 19,5
Color de grano	Amarillo
Textura de grano	Cristalina
Días a la floración (promedio)	50 a 62
Días a la cosecha (promedio)	120
Rendimiento por ha (promedio)	6959 kg
Tolerancia a enfermedades foliares	Buena

Crespo *et al.*, 1990

### 1.2.5 VALOR NUTRICIONAL DEL MAÍZ

La información de que se dispone sobre la composición química general del maíz es abundante y permite conocer que la variabilidad de cada uno de sus principales nutrientes es muy amplia y depende de la variedad de maíz (FAO, 1993). El maíz tiene un menor valor nutritivo en comparación con el trigo, es deficiente particularmente en niacina y tiene un bajo contenido de proteína (Kent, 1982). La composición química del grano de maíz se puede apreciar en la Tabla 11.

**Tabla 11:** Composición química del grano entero de maíz

Composición química del grano entero de maíz (base seca)	
Almidón	79%
Proteína	12%
Extracto etéreo	5%
Azúcar	2%
Cenizas	2%

Primo, 1987

#### 1.2.5.1 Almidón

El almidón es el más importante carbohidrato de los cereales y constituye el principal componente del grano de maíz, puede llegar hasta el 79%. El almidón está formado por dos polímeros de glucosa: amilosa y amilopectina. La amilosa constituye el 25-30% del almidón de maíz, mientras que la amilopectina está alrededor del 70-75% (FAO, 1993).

Los gránulos de almidón son insolubles en agua fría. Cuando éstos están en agua caliente, la absorben, se hinchan y explotan; este fenómeno es conocido como gelatinización. Los gránulos de almidón son susceptibles a los daños mecánicos durante la molienda, el daño resultante en el almidón juega un rol importante en el proceso de cocción (Kent, 1982).

### **1.2.5.2 Proteína**

La proteína constituye el segundo componente químico en orden de importancia, luego del almidón. En general el contenido de proteína en el maíz puede oscilar entre el 8 y 12% del peso del grano (FAO, 1993). En el endospermo se halla la mayor parte de la proteína, la misma que es deficiente en los siguientes aminoácidos esenciales: lisina y triptófano (Kent, 1982).

El germen aporta un porcentaje considerable del contenido de proteína (20%), por ende de aminoácidos esenciales. Aquellos productos alimenticios a los que se haya eliminado el germen, incluido el endospermo, tienen una calidad proteínica inferior a la del grano entero (FAO, 1993).

### **1.2.5.3 Lípidos**

El aceite del grano de maíz se halla en el germen principalmente, con valores que van del 3 al 18%. El aceite de maíz tiene un bajo nivel de ácidos grasos saturados: ácido palmítico y esteárico, con valores medios del 11% y 2%, respectivamente. En contraste, contiene niveles relativamente elevados de ácidos grasos poliinsaturados, fundamentalmente ácido linoléico (24%). Sólo se han encontrado cantidades mínimas de ácidos linolénico y araquidónico. Además, el aceite de maíz es relativamente estable, por contener únicamente pequeñas cantidades de ácido linolénico (0,7%) y niveles elevados de antioxidantes naturales (FAO, 1993).

### **1.2.5.4 Minerales**

La concentración de cenizas en el grano de maíz es aproximadamente del 2%. El germen proporciona cerca del 78% de todos los minerales del grano. El mineral que más abunda es el fósforo, en forma de fitato de potasio y magnesio, se

encuentra en su totalidad en el embrión con valores de aproximadamente 0,90% en el maíz común. Como sucede con la mayoría de los granos de cereal, el maíz tiene un bajo contenido de calcio y de oligoelementos (FAO, 1993).

#### **1.2.5.5 Vitaminas**

En cuanto a vitaminas liposolubles, el maíz tiene provitamina A o carotenoide y vitamina E. La mayoría de los carotenoides se encuentran en el endospermo duro del grano y únicamente pequeñas cantidades en el germen. La vitamina E se halla principalmente en el germen.

Las vitaminas solubles en agua se hallan principalmente en la capa de aleurona del grano de maíz y en menor medida en el germen y el endospermo. La niacina constituye la vitamina hidrosoluble de mayor importancia, puesto que su deficiencia es responsable de la pelagra; el contenido de dicha vitamina está en función de la variedad de maíz, pero el valor medio es de 20 µg/g (FAO, 1993).

#### **1.2.6 Principales formas de uso del grano de maíz**

El maíz para consumo humano se usa principalmente para obtención de harina, aceite del germen, productos para desayuno y conservas de maíz dulce, entre otros. Los productos de la molienda son muy diversos, incluyen germen, salvado (destinado a piensos) y una variedad de sémolas y harinas de distinta granulometría, que pueden combinarse de forma distinta o volverse a triturar, según el uso que se vaya a dar (Primo, 1987).

El maíz duro en el Ecuador, satisface principalmente la industria procesadora de alimentos balanceados para la alimentación animal (aves, ganadería, camarones). Se estima que esta industria absorbe la casi totalidad de la producción comercializada; una pequeña cantidad sirve para el autoconsumo (SICA, s.f.).

Además existen empresas dedicadas a la producción de conservas como: baby corn, chulpi tostado, refrescos (Yáñez, 2007).

### **1.2.7 PRODUCCIÓN DE MAÍZ EN EL ECUADOR**

El cultivo del maíz duro en Ecuador ha registrado un significativo crecimiento, debido principalmente a la ampliación del área cultivada, pues la productividad se ha mantenido en niveles bajos. Este desarrollo ha sido paralelo al crecimiento alcanzado por la agroindustria de alimentos balanceados y de la avicultura en los últimos veinte años (MAG - IICA, 2002).

Según datos reportados por el SICA, la superficie cosechada de maíz en el año 2006 a nivel nacional fue de alrededor 231636 ha, de las cuales: 145865 ha corresponden a maíz suave seco, 40825 ha pertenecen a maíz suave choclo, 43853 ha a maíz duro seco y 1093 ha corresponde a maíz duro choclo. En ese mismo año la producción de maíz a nivel nacional alcanzó 288031 t, de las cuales: 105218 t corresponden a maíz suave seco, 96567 t pertenecen a maíz suave choclo, 83651 t a maíz duro seco y 2685 t a maíz duro choclo, con un rendimiento a nivel nacional de 1,24 t/ha (SICA, 2006).

La producción de maíz duro está destinada en su mayoría (70%) a la industria de alimentos de uso animal; el segundo destino lo representan las exportaciones (22%) y la diferencia la comparten el consumo humano y la producción de semillas (MAG - IICA, 2002).

La producción de alimento balanceado es destinada en un 80% para la industria avícola, el 15% para el camarón, mientras que el restante 5% se destina para ganadería bovina, ovina y otros animales (SICA, 2000).

### **1.3 TECNOLOGÍAS PARA LA OBTENCIÓN DE SNACKS**

Los aperitivos o “snacks” son alimentos ingeridos como entremés, han sido ideados para ser consumidos por placer o como complemento energético o nutritivo, pero no constituyen por sí mismos ninguna de las principales comidas del día. Una gran variedad de alimentos como: cereales, tubérculos, carne, pescado, etc. pueden ser industrialmente transformados en snacks (García, 2008).

Los snacks se clasifican de acuerdo al tipo de técnicas que han sido usadas, así, se encuentran los snacks obtenidos mediante un proceso de fritura (chips de frutas y tubérculos) y los que pasan por un proceso de extrusión o expansión (hojuelas de maíz, cebada, chitos, etc). Además existen las confituras obtenidas mediante deshidratación osmótica (Roberson, 1993).

#### **1.3.1 EXTRUSIÓN**

La tecnología de la extrusión se aplicó por primera vez a los alimentos a mediados del siglo XIX, cuando la carne picada empezó a embutirse en tripas mediante un extrusor de pistón (Brennan, 2008). El extrusor de tornillo simple se introdujo en la industria de pastas o fideos en los Estados Unidos a mediados de la década de los 30; entre 1950 y 1960 se desarrollan las primeras instalaciones de comida extruida para animales; a partir de 1970 empieza la nueva generación de extrusores, es decir, extrusores de doble tornillo (García, 2004).

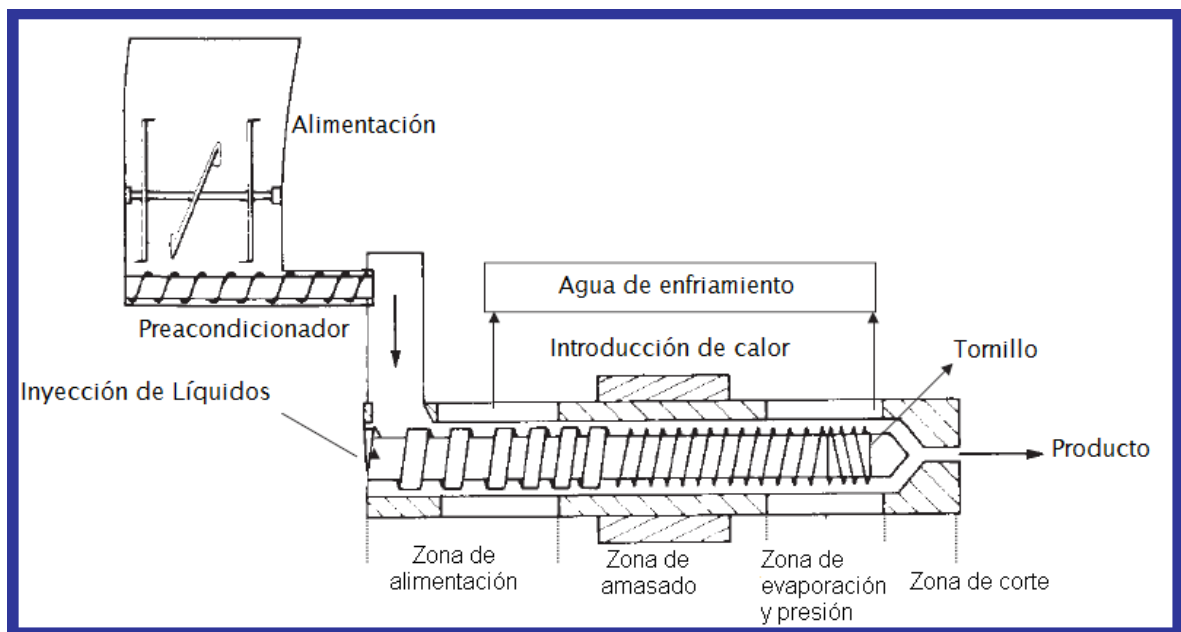
La extrusión es un proceso que combina diversas operaciones unitarias: mezcla, cocción, compresión, amasado y moldeo (Harper, 1992). Según Callejo 2002, la extrusión se define como “el moldeado o conformación de una sustancia blanda o plástica mediante tratamiento por calor y fuerzas de corte y fricción mecánicas, hasta hacerla pasar por un orificio con forma especial para conseguir una estructura y características del producto terminado”.



El principal objetivo de la extrusión consiste en ampliar la gama de alimentos que componen la dieta, a partir de ingredientes básicos, alimentos de distinta forma, textura, color y bouquet (Fellows, 1993).

### 1.3.1.1 Extrusor

El extrusor es una máquina para moldear materiales por el proceso de cambio de presión y calor, un extrusor consta principalmente de un tornillo de Arquímedes con las aletas helicoidales adheridas a su alrededor, con rotación corta, en una estrecha armadura cilíndrica (Mújica *et al.*, 2006). En la Figura 8 se aprecia de forma esquemática las principales partes de un extrusor.



**Figura 8:** Principales partes de un extrusor (Apró *et al.*, 2000)

El preacondicionador está en la mayor parte de extrusores y sirve para mezclar los ingredientes con el agua y el vapor previo a la cocción. Provee una dispersión homogénea de todos los microingredientes a través de una matriz conformada por almidones o proteínas. Una función adicional es el calentamiento con vapor que se combina con la humedad anterior, para poder alcanzar la humedad prevista

para el proceso (Harper, 1992). Durante el preacondicionamiento la humedad alcanzada está en el rango de 18-25% de humedad y alcanza una temperatura de 80-95°C en un lapso de 2,5 minutos (Rokey, 1995).

El cilindro mezclador consiste en un compartimento en donde se homogeniza la mezcla de la materia prima e insumos, asegura un mezclado continuo y completo de todas las sustancias el momento que ingresan al barril extrusor.

El extrusor en sí, puede ser de tornillo simple o de doble tornillo co-rotante con inter-engranado (Guy, 2002). En el tornillo de extrusión la materia prima es comprimida y arrastrada con el objeto de transformar su estructura granular en una masa semisólida plástica. Dicha masa es posteriormente extruida a través de una boquilla y cortada a su salida por una cuchilla rotatoria o guillotina, que da lugar a diversas formas: tubos, cintas, barritas, etc. (Callejo, 2002).

El tornillo de extrusión consta de tres secciones: la alimentación donde entra el producto, la de transición y en la parte final donde se produce la presión. En la parte de alimentación las aletas son altas y ayudan a transportar la masa. A medida que la masa avanza, la presión aumenta de forma gradual hasta llegar a la sección donde hay más presión. En la sección final se logra una alta homogenización del producto, lo que permite que se eleve la presión previa a la salida por el dado final (Harper, 1992).

La forma particular del tornillo hace que cumpla doble función: transportar el producto y aplicar sobre el mismo una presión creciente. La relación de presión en el tornillo es la relación de presión existente entre los volúmenes de masa en la parte izquierda y derecha (Harper, 1992).

El dado constituye el dispositivo en el cual el efecto de flujo continuo es el máximo, obliga al material a tener un alineamiento que posteriormente constituirá la textura del producto final (Harper, 1992).

### 1.3.1.2 Proceso tecnológico de extrusión

El procedimiento se puede hacer bien en frío o en caliente. Mediante la extrusión en frío, la temperatura del alimento no aumenta y se obtienen productos de elevada densidad y elevada humedad, como galletas, panecillos o golosinas (Gimferrer, 2009).

En la extrusión en caliente se utiliza un sistema de calefacción que aumenta la temperatura y que permite obtener los productos con poca densidad y baja humedad, como aperitivos o snacks y también productos más densos que posteriormente pasan por un secado como el pienso para animales (Gimferrer, 2009)

La extrusión de alimentos es un sistema de cocción de alta temperatura en corto tiempo (HTST, por sus siglas en inglés), utilizado para reestructurar material alimenticio con contenido de almidón y proteínas y de esta forma elaborar diferentes tipos de alimentos texturizados (Mújica *et al.*, 2006).

Las características de cocción de la tecnología de extrusión permiten procesar cualquier tipo de cereales y productos basados en almidón, con una alta productividad y diversidad de productos en comparación con la cocción convencional discontinua hidrotérmica (Guy, 2002).

El agua necesaria para la cocción de la mezcla proviene de la materia prima y de los ajustes de humedad que se realizan mediante una bomba volumétrica dentro de la sección de alimentación; el contenido total de humedad dentro del extrusor está en un intervalo de 16% - 20%, la velocidad de tornillo usualmente se halla entre 200 a 450 rpm (Guy, 2002).

Durante la extrusión, los alimentos ricos en almidón incrementan su humedad debido a la adición de agua, también se somete a elevadas temperaturas y a intensas fuerzas de cizalla. Como consecuencia de ello los gránulos de almidón

se hinchan, absorben agua y se gelatinizan, y su estructura macromolecular se abre y da paso a una masa viscosa y plástica (Fellows, 1993).

Las elevadas temperaturas a las que se lleva a cabo el proceso, así como el incremento de humedad hace que la estructura cuaternaria de las proteínas durante la extrusión se abra y se genere una masa húmeda y viscosa. Las moléculas de proteína se polimerizan, se establecen enlaces intermoleculares y se reorientan, que permiten obtener una textura fibrosa, clásica de las proteínas vegetales texturizadas (Fellows, 1993).

La tensión que sufre el producto al salir del extrusor (40 – 100 bar), hace que tenga lugar una evaporación del 10% en el mismo, y a la vez, la expansión (Callejo, 2002). La evaporación del agua genera una caída rápida de la temperatura de la mezcla fundida, que se vuelve más y más viscosa. Una vez afuera del extrusor, el producto se endurece rápidamente en una estructura altamente aireada que da al producto final una textura crujiente (Guy, 2002).

Desde que el producto entra en el extrusor hasta que sale por las boquillas transcurren 30 segundos. Este corto tiempo permite mantener mejor los valores nutritivos y se produce la gelatinización del almidón. Cada producto y cada proceso requieren parámetros diferentes (Callejo, 2002).

En resumen, durante la extrusión el alimento se somete a altas temperaturas, elevada compresión e intenso esfuerzo cortante, en períodos cortos, las cuales producen entre otros, los siguientes fenómenos:

- Modificación de las características físicas, químicas y físico-químicas de las macromoléculas; ocurren fenómenos como la gelatinización y dextrinización del almidón, desnaturalización y/o texturización de las proteínas y la desnaturalización de partes de las vitaminas presentes. Además se reduce la contaminación microbiana con pérdidas mínimas en el valor nutritivo del alimento. Por su baja actividad de agua, estos alimentos se pueden conservar por mucho tiempo.

- Fusión y plastificación de la materia prima, en este sentido las partículas cambian de granular a amorfo, luego a masa plástica viscosa y uniforme.
- Tendencia a la orientación de las moléculas en dirección del flujo de masa.
- Expansión de la materia prima por evaporación instantánea de la humedad (Fellows, 1993).

Normalmente un proceso de extrusión tiene las características que se presentan en la Tabla 12:

**Tabla 12:** Condiciones normales en el proceso de extrusión

Variable	Condiciones
Temperatura	150 – 220° C
Tiempo de residencia	10 – 200 seg
Presión	100 – 200 bar
Velocidad de corte	>100/seg
Giro del tornillo	50 – 1000 rpm
Humedad	10 – 30%
Energía dada al producto	0,3 – 2,0 MJ/Kg (70 – 480 kcal/kg)

Pólit, 1996

La tecnología de extrusión es una de las utilizadas para fabricar los cereales y snacks listos para el consumo. Acepta tanto cereales como almidones aislados, crea productos expandidos con gran variedad de formas y texturas, coce y forma en un solo paso, además de procesar con humedades relativamente bajas (Harper, 1992).

### 1.3.1.3 Factores que influyen en la extrusión

Existen dos factores que influyen principalmente sobre la naturaleza del producto extruido, estos son: las condiciones durante la extrusión y las propiedades reológicas del alimento en cuestión.

Dentro de los parámetros durante la extrusión están: temperatura, presión, diámetro de los orificios de la boquilla y la velocidad de cizalla (depende de la forma del tornillo así como del diseño interno del cilindro del extrusor).

Las características del material a extruir influyen sobre la textura y el color del producto, las más importantes son: el contenido de agua, el estado físico de los componentes y la composición química, es decir, el contenido de almidón, proteína y grasa (Fellows, 1993).

Es importante que el funcionamiento del extrusor sea estable, esto permite la obtención de un producto uniforme con las características deseadas. Variaciones pequeñas en algunas de las variables pueden generar grandes cambios en el producto terminado. Entre las variables a controlar están: humedad, contenido de grasa, flujo de alimentación, aditivos adicionados a la mezcla, modificador de pH o emulsificantes en la formulación (Pólit, 1996).

#### **1.3.1.4 Ventajas de la extrusión**

La extrusión posee ventajas que han hecho que gane popularidad, entre ellas están:

- Versatilidad: permite combinar una diversa proporción de ingredientes a partir de los cuales se puede obtener una gran variedad de productos. Los productos extruidos difícilmente se pueden obtener por otros métodos.
- Menores gastos: Es un proceso económico, pues combina varias operaciones en un solo equipo.
- Mínimo deterioro de nutrientes de los alimentos en el proceso.
- Ausencia de efluentes.
- Inactivación de enzimas y factores antinutricionales.
- Producción de alimentos inocuos.
- Proceso automático con gran capacidad de producción (Callejo, 2002; Apró *et al.*, 2000).

### 1.3.1.5 Aplicaciones de la extrusión

Las aplicaciones de la extrusión son muy variadas, en todas se aprovecha en distinto grado las funciones de mezclado, cocción y formado. El efecto de mezclado se aprovecha en la producción de confites, piensos, para la elaboración de productos complejos con cereales, productos cárnicos. Las aplicaciones en las que predomina la cocción permiten la transformación de alimentos amiláceos para mejorar sus aptitudes tecnológicas y nutricionales. Entre las aplicaciones en las que predomina la formación de productos se puede mencionar a los snacks y a los cereales para desayuno (Casp y Abril, 2003). En la Tabla 13, se muestran varias de las aplicaciones de la extrusión y en la Figura 9 se pueden apreciar varios de los productos obtenidos mediante extrusión.

**Tabla 13:** Aplicaciones industriales de la extrusión

<b>Aplicación Industrial</b>	<b>Ejemplo</b>	
<b>Procesado de cereales</b>	Alimentación humana	Cereales para desayuno, aperitivos, alimentos infantiles
	Alimentación animal	Fish foods, Pet foods
<b>Elaboración de dulces</b>	Chicles, masapan, caramelos, barritas de frutas y chocolates	
<b>Industria Cárnica</b>	Proteínas vegetales texturizadas	
<b>Industria Láctea</b>	Proteínas texturizadas, procesado de queso, helados	
<b>Ingredientes</b>	Sabores Maillard, Almidones modificados, Nutraceuticos	

García, 2004.



**Figura 9:** Productos obtenidos mediante extrusión (INTI, 2000)

### 1.3.2 FRITURA CONVENCIONAL

Se denomina fritura al proceso culinario mediante el cual el alimento es sumergido en aceite caliente a una temperatura superior al punto de ebullición del agua, normalmente entre 150 a 200°C, a presión atmosférica, donde se lo mantiene por un determinado período de tiempo (Madrid y Madrid, 2001; Bravo *et al.*, 2006).

Esta operación unitaria es ampliamente aplicada en la industria debido principalmente a que confiere a los alimentos características únicas de sabor y textura que no es posible conseguir con otros métodos (Saguy, 2003).

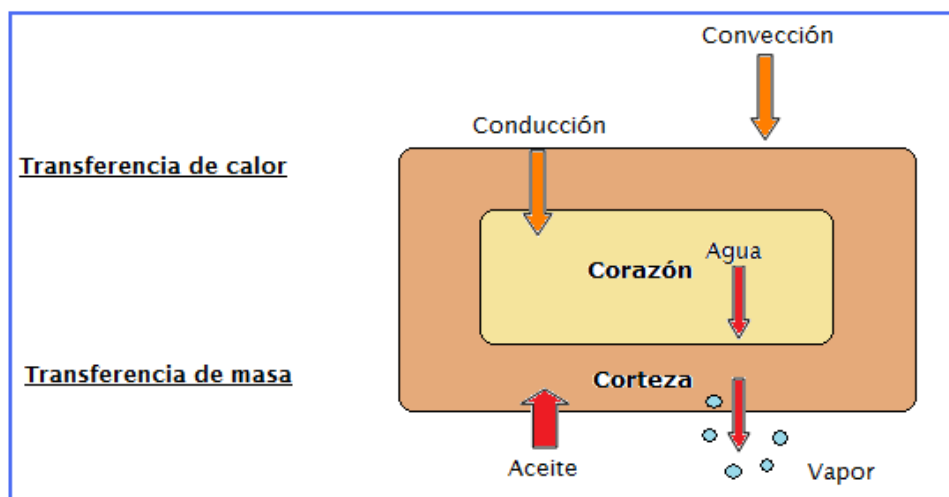
#### 1.3.2.1 Proceso de Fritura

La fritura es un proceso físico-químico complejo, en el cual el producto a freír se introduce crudo o cocido en el aceite durante determinado tiempo a temperaturas



altas (150 a 200° C) para favorecer una rápida coagulación de las proteínas de la superficie del producto y provocar una casi impermeabilización del mismo, la que controla la pérdida de agua desde su interior, al convertirse en vapor (Navas, 2005).

La fritura es un proceso complejo que implica simultáneamente una transferencia de masa y calor (Brennan, 2008). En la Figura 10 se muestra un diagrama esquemático del proceso, donde se observa cómo se transfiere calor por convección desde el medio de fritura a la superficie del producto y como, posteriormente, la transferencia del calor por conducción tiene lugar dentro del alimento. La transferencia de masa se caracteriza por la pérdida de agua del alimento en forma de vapor de agua y por el paso del aceite al interior del alimento.



**Figura 10:** Diagrama esquemático de la transferencia simultánea de calor y masa durante la fritura (Brennan, 2008)

Muchas de las características deseables de los alimentos fritos se derivan de la formación de una estructura amalgamada: una corteza porosa, crujiente y grasienta con el interior húmedo y cocinado. La capa externa es el resultado de varias alteraciones que principalmente ocurren a nivel celular y subcelular y se localizan en las capas más externas del producto. Estos cambios físicos y químicos incluyen: el daño físico producido cuando el producto se corta y se

forma una superficie rugosa con salida de material intracelular, la gelatinización del almidón y la consecuente deshidratación, desnaturalización proteica, pérdida de la adhesión celular, evaporación del agua y deshidratación rápida del tejido, con lo que el contenido de humedad se reduzca hasta 3% o menos y finalmente, la absorción del aceite (Brennan, 2008).

El producto frito logra un color entre dorado a pardo que lo hace atractivo a la vista, éste color se debe a las reacciones de las proteínas y los azúcares por acción del calor, el pardeamiento no enzimático (Reacción de Maillard) y de los azúcares al sufrir la caramelización. El grado de oscurecimiento del alimento frito depende más del tiempo y la temperatura de freído en combinación con la composición química del producto, que de la composición del aceite utilizado en la fritura (Navas, 2005).

La deshidratación del producto, producida por las altas temperaturas y absorción de aceite distinguen a la fritura de la cocción, ya que esta última ocurre en un ambiente en el que la temperatura en la superficie no excede a la del punto de ebullición del agua (Aguilera, 2002).

#### **1.3.2.2 Equipos para freír**

Según Brennan (2008), los equipos para freír pueden dividirse en dos grupos:

- a) **Equipos de fritura por módulos**, que se usan en pequeñas plantas y restaurantes. Consisten en una o más cámaras de acero inoxidable con capacidades entre 5-25 litros de aceite, provistos de resistencias eléctricas para calentar el aceite. Normalmente, los operarios pueden introducir y retirar manualmente las cestas del aceite.
- b) **Equipos para freír en continuo**, que se usan a escala industrial para procesar grandes cantidades de producto con incorporación continua de materia prima. Este equipo consiste de un recipiente donde el aceite se

mantiene a la temperatura deseada, una cinta transportadora que desplaza el producto a través de la unidad y un sistema de extracción que elimina los humos. El aceite puede calentarse tanto directamente, mediante un calentador eléctrico o por una batería de quemadores de gas, como indirectamente, mediante el bombeo de un fluido térmico previamente calentado por las tuberías inmersas en el baño de aceite.

### **1.3.2.3 Beneficios de la Fritura**

Altas temperaturas en el aceite producen la formación rápida de una costra y cierran la superficie del alimento. Esto reduce los cambios para la masa del alimento, en consecuencia retienen una alta proporción de los nutrientes (Egan *et al*, 2002).

Hay muchos beneficios que se derivan de la fritura de alimentos:

- El sabor de los alimentos mejora.
- Se logra una excelente sensación de palatabilidad en la boca y una textura apetecible.
- La fritura permite crear una corteza crocante en alimentos, así como un color exterior dorado o tostado agradable.
- Las temperaturas superficiales que se alcanzan (superiores a 150° C) permiten escaldar los alimentos con lo que se consigue inactivar enzimas, reducir el aire intercelular y destruir ciertos organismo patógenos (Aguilera, 2002).

### **1.3.2.4 Obtención de snack a partir de fritura**

#### *1.3.2.4.1 Laminado*

El laminado es una operación unitaria que permite formar láminas a partir de una masa homogénea. El laminador forma la pasta en láminas o cintas, que se cortan

en formas geométricas simples tales como triángulos, rectángulos o círculos. Los trozos de pasta húmeda se fríen posteriormente a temperaturas de 180-190°C en aceite vegetal para formar un aperitivo crujiente y quebradizo con una pequeña cantidad de expansión en la estructura similar a la papa frita (Guy, 2002).

El laminador está compuesto básicamente de dos rodillos, requiere una alimentación continua de la masa, la cual debe ser completamente homogénea. Para optimizar su funcionamiento, el laminador lleva como regulador un canal vibrante que distribuye el producto en el alimentador (Callejo, 2002).

## 2 MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 MATERIALES

#### **Materia prima e ingredientes**

Para la elaboración del snack tipo laminado de quinua se trabajó con la variedad INIAP-Tunkahuan, adquirida en la empresa Cereales Andinos. El grano de quinua desaponificado utilizado para esta investigación, fue de primera categoría con un tamaño superior a 1,5 mm, ausencia de impurezas e indicios de contaminación por hongos e insectos.

Para el proceso de laminado, se probaron diferentes niveles de sustitución de maíz duro por quinua. El grano de maíz fue proporcionado por la empresa PRODEMSA de la ciudad de Quito.

Para la fritura del snack tipo laminado, se utilizó aceite proveniente de la empresa DANEC S.A., bajo el nombre de Danolin Fri 3317, las especificaciones técnicas del aceite se muestran en el Anexo A.2.4.

El saborizante queso 1696726 fue adquirido en la empresa Aditmaq, la sal “Crisal” y la cebolla en polvo “El Rey” fueron adquiridas en un supermercado de la ciudad de Quito. Para facilitar la adherencia de la mezcla saborizante a los snacks extruidos, se utilizó aceite “La Favorita”.

#### **Preparación del saborizante**

Con base en ensayos preliminares, se establecieron las siguientes proporciones de ingredientes para la obtención del saborizante incorporado en los productos finales: 83% de saborizante queso 1696726, 12,5% de sal CRISAL y 4,5% de cebolla en polvo marca “El Rey”; estos ingredientes se mezclaron hasta obtener

un polvo homogéneo, el cual fue incorporado en los extruidos y laminados a razón de 7 g por cada 100 g de producto. Para facilitar la adherencia de la mezcla saborizante (saborizante queso – sal) en los snacks extruidos, se utilizó aceite “La Favorita”.

## 2.2 DETERMINACIÓN DE LAS CONDICIONES DE PROCESO TECNOLÓGICO PARA LA OBTENCIÓN DE UN SNACK TIPO LAMINADO

Para la determinación de las condiciones de proceso tanto en el laminador de masas como en el extrusor se probó con diferentes niveles de sustitución de maíz (gritz o masa) por quinua (gritz o harina), determinados con base en el peso seco del grano, según se describe en la Tabla N° 14.

**Tabla 14:** Nivel de sustitución del maíz

Nivel (%)	gritz/harina/ masa
0	Maíz (100 %)
50-50	Maíz - Quinoa
25-75	Maíz - Quinoa
100	Quinoa

Para facilitar los procesos de laminado y la extrusión, los granos fueron pretratados como se describe a continuación.

### Pre tratamientos

- **Grano de Quinoa**

El grano comercial fue pre-tostado por 10 minutos a 110°C, en un tostador giratorio de fabricación nacional con calentamiento a gas, para mejorar el sabor del grano e inactivar las lipasas. Posteriormente, se realizó la molienda en un

molino de martillo marca Retsch KG 5657 HAAN, provisto de un tamiz de 20 mesh, apropiados para el proceso de extrusión. Para el proceso de laminado, la molienda del grano pretostado se realizó en un molino de martillo de la empresa PRODEMSA, se obtuvo harina con un tamaño de partícula 60 mesh.

- **Grano de Maíz**

Para el proceso de laminado, el cereal fue sometido a un proceso de nixtamalización, el cual consiste en la cocción del grano con 2 % de óxido de calcio (cal), durante 30 minutos, seguido de reposo durante una noche, tiempo suficiente para lograr el descascarado del grano. Posteriormente, se lavó con abundante agua para eliminar cualquier residuo de cal. El grano nixtamalizado con 52% % de humedad, se molió en un molino de piedra de fabricación nacional. Para el proceso de extrusión, el cereal se molió en un molino de martillo marca Retsch KG 5657 HAAN, provisto de un tamiz de 20 mesh.

### **Obtención de las mezclas maíz – quinua**

La mezcla para el proceso de laminado se realizó con la ayuda de una mezcladora industrial, con capacidad de 20 kg, se incorporó la harina de quinua pretostada a la masa de maíz nixtamalizado, en las proporciones establecidas en la Tabla 16. Se añadió agua hasta alcanzar un nivel de humedad entre 44-46 %, para el proceso de laminado.

#### **2.2.1 PROCESO DE LAMINADO**

Las masas homogéneas se alimentaron a los rodillos con una abertura 0,5 mm, provistos con molde triangular, para facilitar el corte de la masa. En una banda transportadora las láminas fueron dirigidas a un horno marca *Ecuamex*, donde

fueron horneadas a 100° C por 3 minutos. Después de este proceso las láminas se transfirieron a la freidora industrial marca *Ecuamex*, donde se ensayaron diferentes temperaturas de fritura.

- **Factores en estudio**

Factor A: Nivel de sustitución

- a<sub>1</sub> 100% maíz (0 % sustitución)
- a<sub>2</sub> 50% maíz - 50% quinua
- a<sub>3</sub> 25% maíz - 75% quinua
- a<sub>4</sub> 100% quinua (sustitución total )

Factor B: Contenido de humedad de la masa

- b<sub>1</sub> 44 %
- b<sub>2</sub> 46 %

Factor C: Temperatura de fritura

- c<sub>1</sub> 130°C
- c<sub>2</sub> 135°C

- **Diseño experimental**

Se aplicó un diseño completamente al azar en arreglo factorial 4 x 2 x 2, con tres observaciones por tratamiento. Se evaluaron 16 tratamientos, los mismos que se describen en la Tabla 15.



**Tabla 15:** Tratamientos para determinar las condiciones apropiadas, para la obtención de un snack tipo laminado a partir de quinua

Tratamientos		Descripción
a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub>	T <sub>1</sub>	100% maíz, 44 % Humedad, 130°C
a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	100% maíz, 46 % Humedad, 130°C
a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	100% maíz, 44 % Humedad, 135°C
a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub>	T <sub>4</sub>	100% maíz, 46 % Humedad, 135°C
a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub>	T <sub>5</sub>	50% maíz - 50% quinua, 44 % Humedad, 130°C
a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub>	T <sub>6</sub>	50% maíz - 50% quinua, 46 % Humedad, 130°C
a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub>	T <sub>7</sub>	50% maíz - 50% quinua, 44 % Humedad, 135°C
a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub>	T <sub>8</sub>	50% maíz - 50% quinua, 46 % Humedad, 135°C
a <sub>3</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub>	T <sub>9</sub>	25% maíz - 75% quinua, 44% Humedad, 130°C
a <sub>3</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub>	T <sub>10</sub>	25% maíz - 75% quinua, 46 % Humedad, 130°C
a <sub>3</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub>	T <sub>11</sub>	25% maíz - 75% quinua, 44 % Humedad, 135°C
a <sub>3</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub>	T <sub>12</sub>	25% maíz - 75% quinua, 46 % Humedad, 135°C
a <sub>4</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub>	T <sub>13</sub>	100% quinua, 44 % Humedad, 130°C
a <sub>4</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub>	T <sub>14</sub>	100% quinua, 46 % Humedad, 130°C
a <sub>4</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub>	T <sub>15</sub>	100% quinua, 44% Humedad, 135°C
a <sub>4</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub>	T <sub>16</sub>	100% quinua, 46 % Humedad, 135°C

Para el análisis estadístico se utilizó el programa MSTAT-C con el que se determinó el coeficiente de variación (%) del experimento, además se obtuvo el análisis de varianza (ADEVA) y se aplicó la prueba de comparación múltiple de Tukey al 5% para determinar diferencia significativa entre los diferentes factores e interacciones en estudio.

- **Variables y métodos de evaluación**

- **Color, Textura, Fracturabilidad y Adhesividad:** Para evaluar estos parámetros se realizó un análisis sensorial descriptivo (Anexo A 1.16.) con 20 panelistas entrenados. Mediante una escala de intervalo lineal de 10 cm, se evaluaron color externo, crocancia, fracturabilidad y adhesividad de los snacks laminados. Se asignaron valores numéricos para su tabulación, el valor más alto (10) a las características deseables y el menor valor (1) a las características no deseadas. Las pruebas se realizaron en cabinas

temporales de degustación e independientes para evitar la influencia de respuesta entre los panelistas.

- **Nivel de preferencia:** El nivel de preferencia del snack obtenido por fritura se evaluó mediante pruebas orientadas al consumidor (Anexo A 1.16), con 20 catadores no entrenados. Para evaluar cada uno de los atributos (color, aroma, textura y sabor) del producto se tuvieron 7 niveles y a cada uno se le asignó un valor numérico para su tabulación; que van desde “me gusta muchísimo” con un valor de 7, “no me disgusta ni me gusta” con un valor de 4, hasta “me disgusta muchísimo” con un valor de 1. Dadas estas consideraciones se establece que los productos con los mayores valores fueron los más aceptados por los catadores. Las pruebas fueron realizadas en cabinas temporales de degustación e independientes.
- **Actividad de agua:** Se determinó mediante el equipo Aqua Lab Modelo PAW KIT, cuya metodología detallada consta en el Anexo 1.12.
- **Grado o radio de expansión:** Se determinó la relación entre el espesor del snack laminado luego del moldeado y la separación entre rodillos. Se trabajó con un calibrador digital MITUTOYO, modelo CD8”C-B.

$$\text{Grado de expansión (laminado)} = \frac{\text{espesor del producto (mm)}}{\text{separación entre rodillos (mm)}}$$

- **Densidad aparente (g/ml):** Para determinar la densidad aparente se siguió el Método de Couto (1985) citada por Alvarado, 1996. La metodología detallada se encuentra en el Anexo A 1.9.
- **Índice de absorción de agua e índice de solubilidad de agua:** Para determinar el índice de absorción en agua e índice de solubilidad en agua de los snacks laminados, se siguió la metodología de Anderson y col (1969), la cual se detalla en el Anexo 1.14.

- **Tasa de digestibilidad del almidón in vitro:** La tasa de digestión del almidón de los snacks laminados, se determinó según la metodología de Holm y col (1985), la misma que se encuentra detallada en el Anexo 1.13.

### 2.2.2 EXTRUSIÓN

Para el caso de la extrusión, del mismo modo que en el proceso de laminado, se evaluó el efecto del nivel de sustitución de los gritzs de maíz, la humedad de la mezcla (20% y 22%) y el perfil de temperatura (150 – 150 – 150 °C ; 130 – 130 - 180°C).

La mezcla acondicionada se alimentó a una tolva pequeña en un extrusor Brabender 813452 DCE330, N° de serie 180507, Made in Western, Germany. Las condiciones operativas fueron: Tornillo 3:1, con una velocidad de 150 rpm, flujo de alimentación necesario para llenar el tornillo y una boquilla plana (0,5 mm de espesor y largo 2,6 cm), para lograr el snack. A la salida de la boquilla se cortaron las láminas extruídas a una longitud de 4 a 5 cm, para obtener el snack, con una humedad del 7,5%.

El producto extruido se llevó a un secador marca SELECTA, se dispuso en bandejas metálicas por 10 minutos a 100° C, hasta 4% de humedad. Posteriormente fue sumergido en aceite “La Favorita” a 70°C por 5 segundos, para favorecer la adherencia del saborizante preparado con la misma formulación que para el producto laminado. El snack saborizado se llevó a una estufa de aire forzado por 5 minutos a 90°C, para eliminar el aceite superficial.

En este proceso se consideró el estudio de los siguientes factores:

- **Factores en estudio**

Factor A: Nivel de sustitución

a<sub>1</sub> 0% (100 % gritz maíz)

- a<sub>2</sub> 50% maíz - 50% quinua
- a<sub>3</sub> 25% maíz - 75% quinua
- a<sub>4</sub> 100% quinua (sustitución total)

Factor B: Contenido de humedad

- b<sub>1</sub> 20%
- b<sub>2</sub> 22%

Factor C: Perfil de temperatura

- c<sub>1</sub> 150 – 150 – 150 °C
- c<sub>2</sub> 130 – 130 -180°C

- **Diseño experimental**

Se aplicó un diseño completamente al azar en arreglo factorial 4 x 2 x 2, con tres observaciones por tratamiento. Se evaluaron 16 tratamientos que se describen en la Tabla 16.

**Tabla 16:** Tratamientos para determinar las condiciones de extrusión para la obtención de un snack tipo laminado, a partir de quinua

Tratamientos		Descripción
a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub>	T <sub>1</sub>	100% maíz, 20% Humedad, 150 – 150 – 150 °C
a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	100% maíz, 22% Humedad, 150 – 150 – 150 °C
a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	100% maíz, 20% Humedad, 130 – 130 – 180 °C
a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub>	T <sub>4</sub>	100% maíz, 22% Humedad, 130 – 130 – 180 °C
a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub>	T <sub>5</sub>	50% maíz - 50% quinua, 20% Humedad, 150 – 150 – 150 °C
a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub>	T <sub>6</sub>	50% maíz - 50% quinua, 22% Humedad, 150 – 150 – 150 °C
a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub>	T <sub>7</sub>	50% maíz - 50% quinua, 20% Humedad, 130 – 130 – 180 °C
a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub>	T <sub>8</sub>	50% maíz - 50% quinua, 22% Humedad, 130 – 130 – 180 °C
a <sub>3</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub>	T <sub>9</sub>	25% maíz - 75% quinua, 20% Humedad, 150 – 150 – 150 °C
a <sub>3</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub>	T <sub>10</sub>	25% maíz - 75% quinua, 22% Humedad, 150 – 150 – 150 °C
a <sub>3</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub>	T <sub>11</sub>	25% maíz - 75% quinua, 20% Humedad, 130 – 130 – 180 °C

Continuación...

Tratamientos		Descripción
a <sub>3</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub>	T <sub>12</sub>	25% maíz - 75% quinua, 22% Humedad, 130 – 130 – 180 °C
a <sub>4</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub>	T <sub>13</sub>	100% quinua, 20% Humedad, 150 – 150 – 150 °C
a <sub>4</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub>	T <sub>14</sub>	100% quinua, 22% Humedad, 150 – 150 – 150 °C
a <sub>4</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub>	T <sub>15</sub>	100% quinua, 20% Humedad, 130 – 130 – 180 °C
a <sub>4</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub>	T <sub>16</sub>	100% quinua, 22% Humedad, 130 – 130 – 180 °C

Para el análisis estadístico se utilizó el programa MSTAT-C con el que se determinó el coeficiente de variación (%) de experimento, además se obtuvo el análisis de varianza (ADEVA) y se aplicó la prueba de comparación múltiple de Tukey al 5% para determinar diferencia significativa entre los diferentes factores e interacciones en estudio.

- **Variables y métodos de evaluación**

- **Color, Textura, Fracturabilidad y Adhesividad:** Para evaluar estos parámetros se realizó un análisis sensorial descriptivo (Anexo A 1.16.) con 20 panelistas entrenados, según la metodología descrita por Watts *et al.*, (1992).

Mediante una escala de intervalo lineal de 10 cm, se evaluaron color externo, crocancia, fracturabilidad y adhesividad de los snacks extruidos. Se asignaron valores numéricos para su tabulación, el valor más alto (10) a las características deseables y el menor valor (1) a las características no deseadas. Las pruebas se realizaron en cabinas temporales de degustación e independientes para evitar la influencia de respuesta entre los panelistas.

- **Nivel de preferencia:** El nivel de preferencia del snack obtenido por extrusión se evaluó mediante pruebas orientadas al consumidor (Anexo A 1.16), con 20 catadores no entrenados. Para evaluar cada uno de los atributos (color, aroma, textura y sabor) del producto se tuvieron 7 niveles y a cada uno se le asignó un valor numérico para su tabulación; que van desde “me gusta muchísimo” con un valor de 7, “no me disgusta ni me gusta” con un valor de 4, hasta “me disgusta muchísimo” con un valor de 1. Dadas estas consideraciones se establece que los productos con los mayores valores

fueron los más aceptados por los catadores. Las pruebas fueron realizadas en cabinas temporales de degustación e independientes. Las pruebas fueron realizadas en cabinas temporales de degustación e independientes.

- **Actividad de agua:** Se determinó en el equipo de Aqua Lab *Modelo PAW KIT*, cuya metodología detallada consta en el Anexo 1.12.
- **Grado o radio de expansión:** Se determinó con base en la siguiente relación:

$$\text{Grado de expansión (extruído)} = \frac{\text{espesor del producto (mm)}}{\text{abertura de la boquilla (mm)}}$$

Los parámetros de la fórmula se midieron con el calibrador digital *MITUTOYO, modelo CD8”C-B*.

- **Densidad aparente (g/ml):** Para determinar la densidad aparente se siguió el Método de Couto (1985) citado por Alvarado, 1996. La metodología detallada se encuentra en el Anexo A. 1.9.
- **Índice de absorción de agua e Índice de solubilidad de agua:** Para determinar el índice de absorción en agua e índice de solubilidad en agua de los snacks laminados, se siguió la metodología de Anderson y col (1969) la cual se detalla en el Anexo A.1.14.
- **Tasa de digestibilidad del almidón in vitro:** La tasa de digestión del almidón de los snack laminados fue evaluada según la metodología de Holm y col (1985), la misma que se encuentra detallada en el Anexo 1.13.

## 2.3 CARACTERIZACIÓN QUÍMICA Y NUTRICIONAL DEL PRODUCTO FINAL

Una vez obtenido los snacks listo para el consumo, se realizó la caracterización química y nutricional los productos procesados

- **Factores en estudio**

Snacks laminados de quinua obtenidos por dos procesos diferentes.

- **Variables y métodos de evaluación**

- **Composición Proximal:** Según los métodos de la A.O.A.C., (2001). Adaptados en el Dpto. de Nutrición y Calidad (Anexo A.1.1, A.1.3, A.1.4).
- **Minerales:** Por Espectrofotometría de absorción atómica método A.O.A.C. (2001). Adaptado por el Departamento de Nutrición y Calidad (Anexo A.1.2).
- **Fibra Dietética soluble:** De acuerdo a la metodología planteada por Asp *et al.*, J (1984), la cual se encuentra detallada en el Anexo 1.5.
- **Carbohidratos:** Obtenidos por diferencia a partir de la composición Proximal.
- **Vitaminas:** Mediante la metodología detallada en los Anexos A 1.6 – 1.8

## 2.4 ESTABLECIMIENTO DEL EMPAQUE Y LAS CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO PARA LA CONSERVACIÓN DE LOS PRODUCTOS

Los snacks tipo laminados obtenidos en laminador de masas y extrusión se empacaron en fundas aluminizadas y de polipropileno biorientado (BOPP). Posteriormente se sometieron a dos condiciones de almacenamiento: Condiciones ambientales (17°C, 50%HR) y aceleradas (35°C, 90%HR), con el fin de evaluar su durabilidad en percha.

- **Factores en estudio a condición ambiental**

Factor A: Tipo de empaque

- a<sub>1</sub> Funda aluminizada.
- a<sub>2</sub> Funda de polipropileno biorientado (BOPP)

Factor B: Tiempos de almacenamiento

- b<sub>1</sub> 15 días
- b<sub>2</sub> 30 días
- b<sub>3</sub> 45 días
- b<sub>4</sub> 60 días
- b<sub>5</sub> 75 días
- b<sub>6</sub> 90 días

Factor C: Producto

- c<sub>1</sub> Snack extruido
- c<sub>2</sub> Snack obtenido en laminador de masas

- **Factores en estudio a condición acelerada**

Factor A: Tipo de empaque

- a<sub>1</sub> Funda aluminizada.
- a<sub>2</sub> Funda de polipropileno biorientado (BOPP)

Factor B: Tiempos de almacenamiento

- b<sub>1</sub> 5 días
- b<sub>2</sub> 10 días
- b<sub>3</sub> 15 días



- b<sub>4</sub> 20 días
- b<sub>5</sub> 25 días
- b<sub>6</sub> 30 días

Factor C: Producto

- c<sub>1</sub> Snack extruído
- c<sub>2</sub> Snack obtenido en laminador de masas y frito

- **Diseño experimental**

Se aplicó un diseño completamente al azar en arreglo factorial 2 x 6 x 2, con tres observaciones por tratamiento. Se evaluaron 24 tratamientos, que se describen en la Tabla 17 y 18.

**Tabla 17:** Tratamientos para determinar la durabilidad de los snacks, almacenados en condiciones ambientales (17°C, 50%HR)

Tratamientos	Descripción
a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub>	Funda aluminizada, 15 días, Snack extruido
a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub>	Funda aluminizada, 30 días, Snack extruido
a <sub>1</sub> b <sub>3</sub> c <sub>1</sub>	Funda aluminizada, 45 días, Snack extruido
a <sub>1</sub> b <sub>4</sub> c <sub>1</sub>	Funda aluminizada, 60 días, Snack extruido
a <sub>1</sub> b <sub>5</sub> c <sub>1</sub>	Funda aluminizada, 75 días, Snack extruido
a <sub>1</sub> b <sub>6</sub> c <sub>1</sub>	Funda aluminizada, 90 días, Snack extruido
a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub>	Funda aluminizada, 15 días, Snack laminado
a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub>	Funda aluminizada, 30 días, Snack laminado
a <sub>1</sub> b <sub>3</sub> c <sub>2</sub>	Funda aluminizada, 45 días, Snack laminado
a <sub>1</sub> b <sub>4</sub> c <sub>2</sub>	Funda aluminizada, 60 días, Snack laminado
a <sub>1</sub> b <sub>5</sub> c <sub>2</sub>	Funda aluminizada, 75 días, Snack laminado
a <sub>1</sub> b <sub>6</sub> c <sub>2</sub>	Funda aluminizada, 90 días, Snack laminado
a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub>	Funda de BOPP, 15 días, Snack extruido
a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub>	Funda de BOPP, 30 días, Snack extruido
a <sub>2</sub> b <sub>3</sub> c <sub>1</sub>	Funda de BOPP, 45 días, Snack extruido
a <sub>2</sub> b <sub>4</sub> c <sub>1</sub>	Funda de BOPP, 60 días, Snack extruido
a <sub>2</sub> b <sub>5</sub> c <sub>1</sub>	Funda de BOPP, 75 días, Snack extruido

Continuación...

Tratamientos	Descripción
a <sub>2</sub> b <sub>6</sub> c <sub>1</sub>	Funda de BOPP, 90 días, Snack extruido
a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub>	Funda de BOPP, 15 días, Snack laminado
a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub>	Funda de BOPP, 30 días, Snack laminado
a <sub>2</sub> b <sub>3</sub> c <sub>2</sub>	Funda de BOPP, 45 días, Snack laminado
a <sub>2</sub> b <sub>4</sub> c <sub>2</sub>	Funda de BOPP, 60 días, Snack laminado
a <sub>2</sub> b <sub>5</sub> c <sub>2</sub>	Funda de BOPP, 75 días, Snack laminado
a <sub>2</sub> b <sub>6</sub> c <sub>2</sub>	Funda de BOPP, 90 días, Snack laminado

**Tabla 18:** Tratamientos para determinar la durabilidad de los snacks, almacenados en condiciones aceleradas (35°C, 90%HR).

Tratamientos	Descripción
a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub>	Funda aluminizada, 5 días, Snack extruido
a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub>	Funda aluminizada, 10 días, Snack extruido
a <sub>1</sub> b <sub>3</sub> c <sub>1</sub>	Funda aluminizada, 15 días, Snack extruido
a <sub>1</sub> b <sub>4</sub> c <sub>1</sub>	Funda aluminizada, 20 días, Snack extruido
a <sub>1</sub> b <sub>5</sub> c <sub>1</sub>	Funda aluminizada, 25 días, Snack extruido
a <sub>1</sub> b <sub>6</sub> c <sub>1</sub>	Funda aluminizada, 30 días, Snack extruido
a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub>	Funda aluminizada, 5 días, Snack laminado
a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub>	Funda aluminizada, 10 días, Snack laminado
a <sub>1</sub> b <sub>3</sub> c <sub>2</sub>	Funda aluminizada, 15 días, Snack laminado
a <sub>1</sub> b <sub>4</sub> c <sub>2</sub>	Funda aluminizada, 20 días, Snack laminado
a <sub>1</sub> b <sub>5</sub> c <sub>2</sub>	Funda aluminizada, 25 días, Snack laminado
a <sub>1</sub> b <sub>6</sub> c <sub>2</sub>	Funda aluminizada, 30 días, Snack laminado
a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub>	Funda de BOPP, 5 días, Snack extruido
a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub>	Funda de BOPP, 10 días, Snack extruido
a <sub>2</sub> b <sub>3</sub> c <sub>1</sub>	Funda de BOPP, 15 días, Snack extruido
a <sub>2</sub> b <sub>4</sub> c <sub>1</sub>	Funda de BOPP, 20 días, Snack extruido
a <sub>2</sub> b <sub>5</sub> c <sub>1</sub>	Funda de BOPP, 25 días, Snack extruido
a <sub>2</sub> b <sub>6</sub> c <sub>1</sub>	Funda de BOPP, 30 días, Snack extruido
a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub>	Funda de BOPP, 5 días, Snack laminado
a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub>	Funda de BOPP, 10 días, Snack laminado
a <sub>2</sub> b <sub>3</sub> c <sub>2</sub>	Funda de BOPP, 15 días, Snack laminado
a <sub>2</sub> b <sub>4</sub> c <sub>2</sub>	Funda de BOPP, 20 días, Snack laminado
a <sub>2</sub> b <sub>5</sub> c <sub>2</sub>	Funda de BOPP, 25 días, Snack laminado
a <sub>2</sub> b <sub>6</sub> c <sub>2</sub>	Funda de BOPP, 30 días, Snack laminado

Para el análisis estadístico se utilizó el programa MSTAT-C con el que se determinó el coeficiente de variación (%) del experimento, además se obtuvo el análisis de varianza (ADEVA) y se aplicó la prueba de comparación múltiple de Tukey al 5% para determinar diferencia significativa entre los diferentes factores e interacciones en estudio.

- **Variables y métodos de evaluación**

- **Actividad de agua ( $a_w$ ):** Se determinó con el equipo *PAwKIT*, que mide la actividad de agua de la muestra. La metodología detallada consta en el Anexo A 1.12.
- **Recuento de microorganismos aerobios totales, hongos y levaduras:** Según la metodología de 3M, Center, Building 275-5w-05 St Paul, MN 55144-1000, detallada en los Anexos A 1.10 - 1.11.
- **Índice de Peróxidos:** Se utilizó el método descrito por Madrid *et al.*, (1997) en el Manual de Aceites y Grasas Comestibles (Anexo A.1.15).
- **Sabor y textura:** Para la evaluación de este atributo se aplicó una prueba discriminadora, según la metodología descrita en el Anexo A 1.16.

## **2.5 ANÁLISIS FINANCIERO PARA DETERMINAR LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DEL SNACK TIPO LAMINADO**

Para el caso de los snacks obtenidos en el laminador de masas y por extrusión, se realizó un análisis financiero a nivel de pequeña industria, para lo cual se tomaron en cuenta los costos directos e indirectos que intervienen en la elaboración de producto final.

El análisis de costos, considera el costo real de los equipos necesarios para el proceso, derivado de proformas obtenidas y la vida útil de cada uno de ellos. El

costo de mano de obra directa, se calculó con base al sueldo básico y todos los beneficios de ley (décimo tercero, décimo cuarto, IESS 12.15%, fondos de reserva y vacaciones). El uso de suministros, se determinó de acuerdo a los requerimientos energéticos de electricidad, agua y gas, en las diferentes etapas del proceso productivo.

Se considera una jornada laboral de 8 horas diarias, 5 días a la semana, y 240 días al año.

La determinación del tamaño de la planta procesadora se la hizo e base al consumo estimado de productos tipo snacks en la ciudad de Quito. Dicho consumo, aproximadamente es de 93268 kg al año o 3,69 g por semana y por individuo ubicado entre la población correspondiente al quintil 4 y 5 de la población (ENIGHU, 2004). Se consideró, que los productos tipo snacks ocupan el 10% de la categoría "Otros Productos".

Los productos cubrirán el 6% de la demanda anual de productos tipo snack en supermercados y comisariatos de la ciudad de Quito. Por lo que la producción de la planta procesadora será de 23 Kg/día.

### 3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 DETERMINACIÓN DE LAS CONDICIONES DE PROCESO TECNOLÓGICO, PARA LA OBTENCIÓN DE UN SNACK LAMINADO A PARTIR DE QUINUA

##### 3.1.1 PRODUCTO OBTENIDO EN EL LAMINADOR DE MASAS

###### 3.1.1.1 Nivel de aceptabilidad

En la Tabla 19, se presenta la calificación promedio en la evaluación sensorial de aceptabilidad para cada tratamiento, se indica además el rango estadístico al que corresponde.

**Tabla 19:** Calificación promedio en la evaluación de aceptabilidad, para los snacks laminados

ANÁLISIS SENSORIAL AFECTIVO				
TRATAMIENTOS	Color	Aroma	Textura	Sabor
T1	6,15 <sup>a</sup>	5,45 <sup>a</sup>	6,45 <sup>a</sup>	6,05 <sup>a</sup>
T2	6,35 <sup>a</sup>	5,65 <sup>a</sup>	6,16 <sup>a</sup>	6,70 <sup>a</sup>
T3	5,05 <sup>b</sup>	4,80 <sup>ab</sup>	5,50 <sup>b</sup>	5,50 <sup>b</sup>
T4	6,15 <sup>a</sup>	5,70 <sup>a</sup>	6,40 <sup>a</sup>	6,45 <sup>a</sup>
T5	5,25 <sup>b</sup>	5,20 <sup>a</sup>	5,70 <sup>ab</sup>	5,65 <sup>ab</sup>
T6	5,15 <sup>b</sup>	4,70 <sup>ab</sup>	5,40 <sup>b</sup>	5,25 <sup>b</sup>
T7	6,35 <sup>a</sup>	5,40 <sup>a</sup>	6,30 <sup>a</sup>	6,25 <sup>a</sup>
T8	4,60 <sup>c</sup>	4,25 <sup>b</sup>	5,35 <sup>b</sup>	5,05 <sup>b</sup>
T9	4,85 <sup>b</sup>	4,35 <sup>b</sup>	4,95 <sup>b</sup>	4,75 <sup>b</sup>
T10	5,20 <sup>b</sup>	4,65 <sup>b</sup>	5,15 <sup>b</sup>	4,75 <sup>b</sup>
T11	5,05 <sup>b</sup>	4,55 <sup>b</sup>	5,40 <sup>b</sup>	5,25 <sup>b</sup>

Continuación...

TRATAMIENTOS	Color	Aroma	Textura	Sabor
T12	5,40 <sup>b</sup>	4,70 <sup>b</sup>	5,35 <sup>b</sup>	5,20 <sup>b</sup>
T13	2,75 <sup>c</sup>	3,95 <sup>b</sup>	3,00 <sup>c</sup>	2,60 <sup>c</sup>
T14	3,90 <sup>c</sup>	4,20 <sup>b</sup>	3,30 <sup>c</sup>	3,15 <sup>c</sup>
T15	3,80 <sup>c</sup>	4,70 <sup>ab</sup>	3,35 <sup>c</sup>	3,50 <sup>c</sup>
T16	3,45 <sup>d</sup>	4,10 <sup>b</sup>	2,75 <sup>c</sup>	3,15 <sup>c</sup>

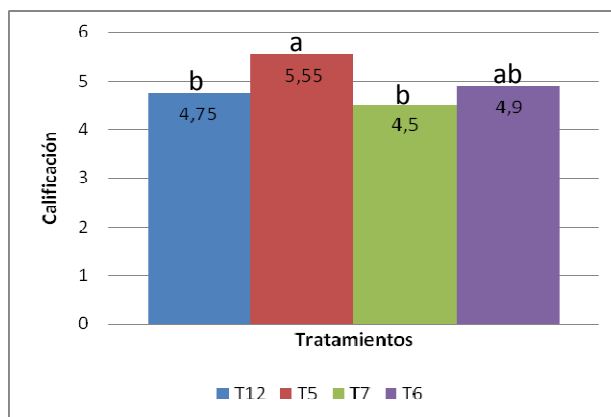
A partir de las calificaciones otorgadas por los catadores, se escogieron los tratamientos con niveles de sustitución de quinua, con mayor calificación. Por lo tanto los tratamientos correspondientes a 100% maíz no fueron tomados en cuenta para el estudio. La Tabla 20 muestra que los tratamientos de mayor agrado fueron: T<sub>5</sub>, T<sub>6</sub>, T<sub>7</sub> y T<sub>12</sub>, de éstos tratamientos seleccionados se procedió a escoger el mejor a través de una nueva evaluación de aceptabilidad.

**Tabla 20:** Tratamientos escogidos del proceso de laminado para las evaluaciones afectivas

TRATAMIENTOS ESCOGIDOS	
T <sub>12</sub>	25% maíz - 75% quinua, 46 % Humedad, 135°C
T <sub>5</sub>	50% maíz - 50% quinua, 44 % Humedad, 130°C
T <sub>7</sub>	50% maíz - 50% quinua, 44 % Humedad, 135°C
T <sub>6</sub>	50% maíz - 50% quinua, 46 % Humedad, 130°C

En el Anexo A.3.1 se muestra el análisis de varianza para las características: color, aroma, textura y sabor de los tratamientos seleccionados. Se determinó que existe diferencia significativa en el color y textura de los laminados obtenidos bajo diferentes condiciones experimentales.

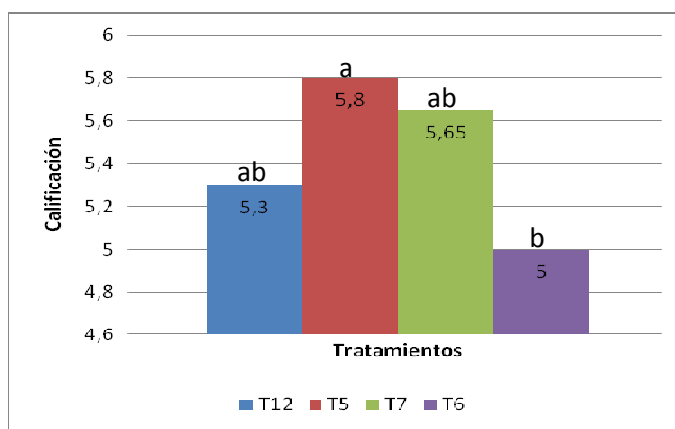
En la Figura 11, se presenta la calificación promedio en la evaluación sensorial de aceptabilidad de color para los tratamientos escogidos, y se indica además el rango estadístico al que corresponde.



**Figura 11:** Calificación promedio en la evaluación afectiva de color, para los tratamientos escogidos de snacks laminados

Con la prueba de comparación múltiple de Tukey al 5% se determinó que la mayor calificación promedio referente al color (5,55/7) alcanzó el tratamiento T<sub>5</sub> (50% maíz - 50% quinua, 44 % Humedad, 130°C) el cual se ubicó en el primer rango estadístico (a). Mientras que el tratamiento T<sub>6</sub> (50% maíz - 50% quinua, 46 % Humedad, 130°C) se situó en el rango ab, y el tratamiento T<sub>12</sub> (25% maíz - 75% quinua, 46 % Humedad, 135°C) se ubicó en el rango b, se determinó que el tratamiento T<sub>5</sub> gustó mucho a los panelistas.

En la Figura 12 se presenta la calificación promedio en la evaluación sensorial de aceptabilidad de textura para los tratamientos escogidos, y se indica además el rango estadístico al que corresponde.



**Figura 12:** Calificación promedio en la evaluación afectiva de textura, para los tratamientos escogidos de snacks laminados

### 3.1.1.2 Prueba descriptiva de la intensidad de Color, textura, fracturabilidad y adhesividad

En la Tabla 21, se presenta la calificación promedio en la evaluación sensorial de aceptabilidad para cada tratamiento, se indica además el rango estadístico al que corresponde.

**Tabla 21:** Calificación promedio en la evaluación descriptiva para los snacks laminados

ANÁLISIS SENSORIAL DESCRIPTIVO				
TRATAMIENTOS	Color	Textura	Frac.	Adhe.
T <sub>1</sub>	9,4 <sup>a</sup>	8,45 <sup>a</sup>	7,6 <sup>ab</sup>	8,4 <sup>a</sup>
T <sub>2</sub>	9,05 <sup>a</sup>	8,05 <sup>n.s</sup>	9,3 <sup>a</sup>	8,65 <sup>n.s.</sup>
T <sub>3</sub>	6,5 <sup>b</sup>	8,45 <sup>a</sup>	7,85 <sup>n.s.</sup>	8,45 <sup>n.s.</sup>
T <sub>4</sub>	9,25 <sup>a</sup>	8,4 <sup>a</sup>	8,05 <sup>n.s.</sup>	8,4 <sup>a</sup>
T <sub>5</sub>	7,85 <sup>b</sup>	8,4 <sup>a</sup>	8,25 <sup>a</sup>	8,15 <sup>a</sup>
T <sub>6</sub>	7,35 <sup>b</sup>	7,45 <sup>n.s.</sup>	7,1 <sup>b</sup>	8,9 <sup>n.s.</sup>
T <sub>7</sub>	9 <sup>a</sup>	9,25 <sup>a</sup>	7,3 <sup>n.s.</sup>	7,9 <sup>n.s.</sup>
T <sub>8</sub>	5,2 <sup>c</sup>	7,2 <sup>a</sup>	6,75 <sup>n.s.</sup>	7,2 <sup>ab</sup>
T <sub>9</sub>	6,55 <sup>c</sup>	7,7 <sup>a</sup>	7,95 <sup>ab</sup>	7,1 <sup>ab</sup>
T <sub>10</sub>	6,7 <sup>b</sup>	7,7 <sup>n.s.</sup>	6,7 <sup>b</sup>	8,7 <sup>n.s.</sup>
T <sub>11</sub>	7,4 <sup>b</sup>	8,2 <sup>a</sup>	7,85 <sup>n.s.</sup>	8,2 <sup>n.s.</sup>
T <sub>12</sub>	7,2 <sup>b</sup>	7,75 <sup>a</sup>	7,35 <sup>n.s.</sup>	7,85 <sup>ab</sup>
T <sub>13</sub>	2,85 <sup>d</sup>	5,35 <sup>b</sup>	6,35 <sup>b</sup>	6,4 <sup>b</sup>
T <sub>14</sub>	2,3 <sup>c</sup>	6,45 <sup>n.s.</sup>	4,15 <sup>c</sup>	8,5 <sup>n.s.</sup>
T <sub>15</sub>	3,5 <sup>c</sup>	5,5 <sup>b</sup>	7,35 <sup>n.s.</sup>	7,65 <sup>n.s.</sup>
T <sub>16</sub>	3,2 <sup>d</sup>	4,95 <sup>b</sup>	6,75 <sup>n.s.</sup>	6,6 <sup>b</sup>

n.s.= No existe diferencia significativa

A partir de las calificaciones otorgadas por los catadores, se escogieron los tratamientos con niveles de sustitución de quinua, con mayor calificación. Por lo tanto los tratamientos correspondientes a 100% maíz no fueron tomados en cuenta. La Tabla 22, muestra que los tratamientos con mayores calificaciones



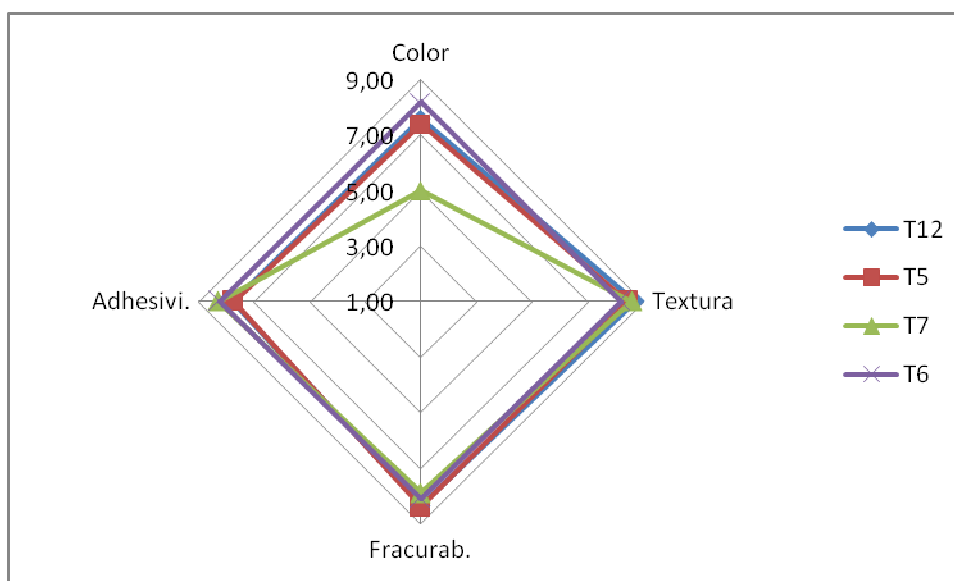
fueron: T<sub>5</sub>, T<sub>6</sub>, T<sub>7</sub> y T<sub>12</sub>, de éstos tratamientos seleccionados se procedió a escoger el mejor a través de una nueva evaluación descriptiva.

**Tabla 22:** Tratamientos escogidos del proceso de laminado para las evaluaciones descriptivas

TRATAMIENTOS ESCOGIDOS	
T <sub>12</sub>	25% maíz - 75% quinua, 46 % Humedad, 135°C
T <sub>5</sub>	50% maíz - 50% quinua, 44 % Humedad, 130°C
T <sub>7</sub>	50% maíz - 50% quinua, 44 % Humedad, 135°C
T <sub>6</sub>	50% maíz - 50% quinua, 46 % Humedad, 130°C

El análisis estadístico de las variables respuesta: color, textura, fracturabilidad y adhesividad (Anexo 3.2.), muestra que no existen diferencias significativas en las características sensoriales mencionadas, a excepción del color de los laminados procesados en el laminador, por efecto del nivel de sustitución de la masa de maíz, el contenido de humedad y la temperatura de fritura.

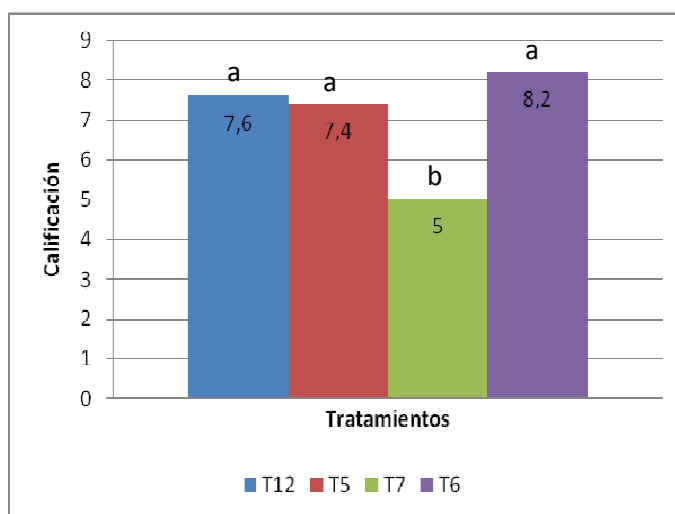
En la Figura 13, se aprecia el perfil descriptivo para los atributos de color, textura, fracturabilidad y adhesividad de los tratamientos escogidos.



**Figura 13:** Perfil descriptivo de los tratamientos escogidos para snacks laminados

A partir del perfil descriptivo resalta el tratamiento T<sub>7</sub> que obtuvo menor calificación en el atributo color, mientras que en los demás atributos, las calificaciones son similares para los cuatro tratamientos.

En la Figura 14, se presenta la calificación promedio en la evaluación sensorial de descriptiva de color para los tratamientos escogidos, y se indica además el rango estadístico al que corresponde.



**Figura 14:** Calificación promedio en la evaluación descriptiva de color, para los tratamientos escogidos de snacks laminados

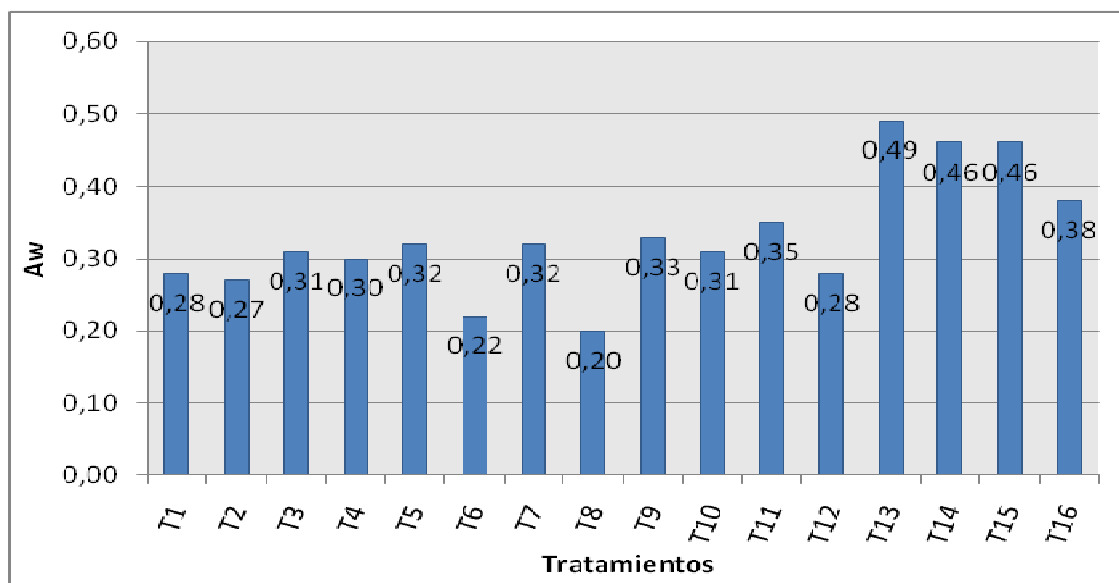
A través de la prueba de comparación múltiple de Tukey al 5%, se determinó que el color ligeramente claro de los tratamientos T<sub>6</sub> (50% maíz - 50% quinua, 46 % Humedad, 130°C), T<sub>12</sub> (25% maíz - 75% quinua, 46 % Humedad, 135°C) y T<sub>5</sub> (50% maíz - 50% quinua, 44 % Humedad, 130°C) alcanzó el mayor puntaje de los panelistas, por lo que estos tratamientos se ubicaron en el primer rango estadístico (a). El tratamiento T<sub>6</sub> presentó una calificación promedio de 8,20 en una escala lineal de 10 cm, seguido por el tratamiento T<sub>12</sub> con 7,6 puntos, el tratamiento T<sub>5</sub> con 7,4 puntos. El producto obtenido con el tratamiento T<sub>7</sub> (50% maíz - 50% quinua, 44 % Humedad, 135°C), presentó una tonalidad de color más oscuro, posiblemente debido a la mayor temperatura de fritura y se ubicó en el segundo rango estadístico (b) con una calificación de 5/7. En orden cronológico de percepción, 70% de panelistas describen al producto obtenido con el tratamiento T<sub>6</sub> (50% maíz - 50% quinua, 46 % Humedad, 130°C), de color

ligeramente claro, 75% de los panelistas calificaron al tratamiento T6 de textura crocante, fácilmente fracturable y con baja adhesividad entre los molares.

### 3.1.1.3 Actividad de agua

El análisis de varianza para la actividad de agua se muestra en el Anexo A.3.3, el cual revela la influencia de los factores: nivel de sustitución, humedad de la masa, temperatura de fritura y sus interacciones, sobre la actividad de agua del producto laminado.

En la Figura 15 se aprecia el contenido de actividad de agua para cada uno de los tratamientos en estudio.



**Figura 15:** Contenido de actividad de agua en diferentes tratamientos de snacks laminados

Los snacks se caracterizan por su actividad de agua inferior a 0,5. En estas condiciones, son improbables las alteraciones microbianas (Roberson, 1993), todos los tratamientos cumplen con dicha característica.

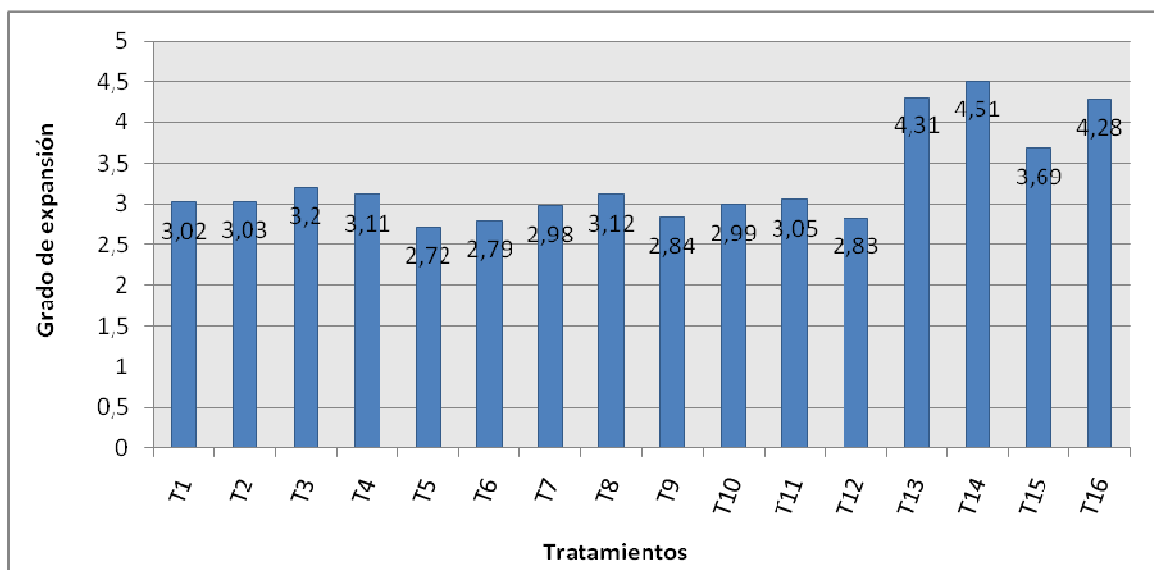
Con la prueba de Tukey al 5 % se determinó que los tratamientos que permiten obtener laminados con una menor actividad de agua son el T<sub>8</sub> (50% maíz - 50% quinua, 46 % Humedad, 135°C) con 0,20, T<sub>6</sub> (50% maíz - 50% quinua, 46 % Humedad, 130°C) con 0,22 y T<sub>2</sub> (100% maíz, 46 % Humedad, 130°C) con 0,28. De estos resultados se deduce que el nivel de humedad de la masa no influye en la actividad de agua, ya que los tratamientos con 46 % de humedad permiten obtener laminados con menor actividad de agua que los tratamientos con 44 % de humedad. Se adjudicó la reducción de la humedad a la temperatura de horneado (100°C) y fritura (130-135°C) a la que son sometidas las laminas obtenidas de los rodillos.

Con base en los valores de actividad de agua, se puede prever que los laminados obtenidos con los tratamientos T<sub>2</sub>, T<sub>6</sub> y T<sub>8</sub> exhibirán una mayor durabilidad, ya que la reducción de la disponibilidad de agua, reduce la posibilidad de alteración biológica y las velocidades de otros mecanismos de deterioro.

En contraste, los laminados obtenidos con el tratamiento T<sub>13</sub> (100% quinua, 44 % Humedad, 130°C), presentaron un valor de 0,49 de actividad de agua; igualmente con los tratamientos T<sub>14</sub> (100% quinua, 46 % Humedad, 130°C) y T<sub>15</sub> (100% quinua, 44% Humedad, 135°C) se obtuvo un valor de 0,46 para la actividad de agua. Resultados que parecen estar influenciados por el nivel de sustitución de las harinas, antes que por los otros factores en estudio, ya que los tratamientos mencionados contemplan la preparación de las masas solo con harina de quinua, cuya composición química es diferente a la del maíz.

#### **3.1.1.4 Grado de Expansión**

En la Figura 16 se presenta el grado de expansión para los diferentes tratamientos en estudio.



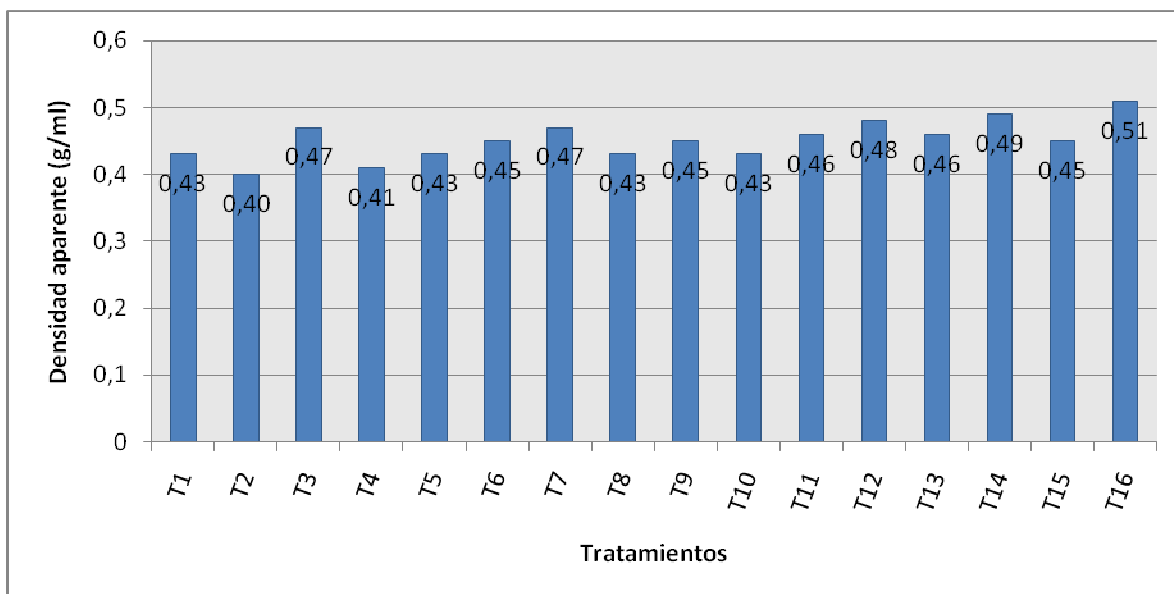
**Figura 16:** Grado de expansión en diferentes tratamientos de snacks laminados

El análisis de varianza (Anexo 3.4.) para el grado de expansión del producto laminado, revela que existe influencia significativa del nivel de sustitución del maíz, el nivel de humedad de la masa y la temperatura de fritura. En el desarrollo de las pruebas experimentales se determinó que el grado de expansión del producto, depende de la carga de alimentación de la masa en los rodillos, ya que el espesor de las láminas disminuye hasta llegar a fracturarse cuando el flujo de alimentación no es constante.

Se considera que la expansión se produce cuando el valor del grado de expansión es por lo menos 1,5 (Mercier, *et al.*, 1989). En los tratamientos T<sub>5</sub>, T<sub>6</sub>, T<sub>12</sub>, T<sub>9</sub>, T<sub>7</sub>, T<sub>10</sub>, el grado de expansión varió entre 2,72 y 2,99 valores indicativos de la uniformidad del producto, con ausencia de burbujas de aire. El tratamiento T<sub>14</sub> (100% quinua, 48 % Humedad, 130°C), presentó el mayor grado de expansión (4,5), valor que se relaciona con una mayor desuniformidad del producto, característica indeseable no sólo desde el punto de vista sensorial sino de manejo, ya que las irregularidades presentes en la superficie del laminado dificultará su manipulación en el proceso de empaclado.

### 3.1.1.5 Densidad Aparente

En la Figura 17 se muestra la densidad aparente para cada uno de los tratamientos.



**Figura 17:** Densidad aparente para los tratamientos en estudio para snacks laminados

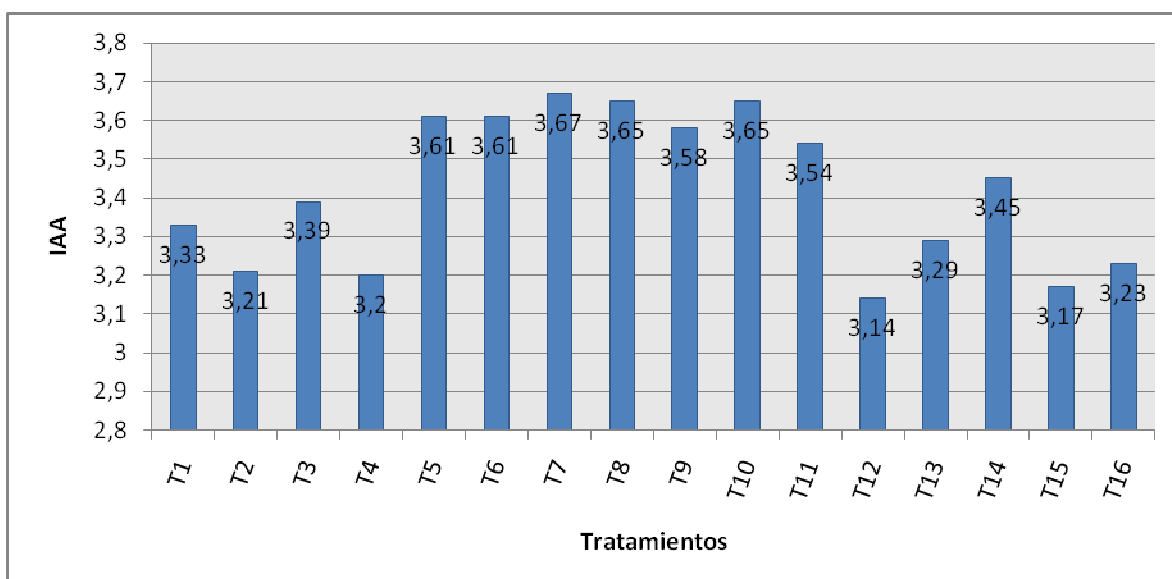
El análisis de varianza (Anexo 3.5) muestra un efecto significativo de los factores nivel de sustitución, humedad de la masa y su interacción sobre la densidad aparente de los laminados.

El parámetro de densidad aparente refleja la calidad del producto en cuanto a textura, apariencia y homogeneidad; mientras más bajo es el valor, el producto poseerá mejores características. Con la prueba de comparación múltiple (Tukey 5%), se determinó que el tratamiento T<sub>2</sub> (100% maíz, 46 % Humedad, 130°C), presenta el menor valor de densidad aparente (0,40 g/ml), condición deseable para facilitar el empaqueo y transporte del producto. Igualmente, un menor valor de densidad aparente, muestra que la forma del producto es regular, homogénea y con adecuada crocancia.

### 3.1.1.6 Índice de Absorción de Agua e Índice de Solubilidad en Agua

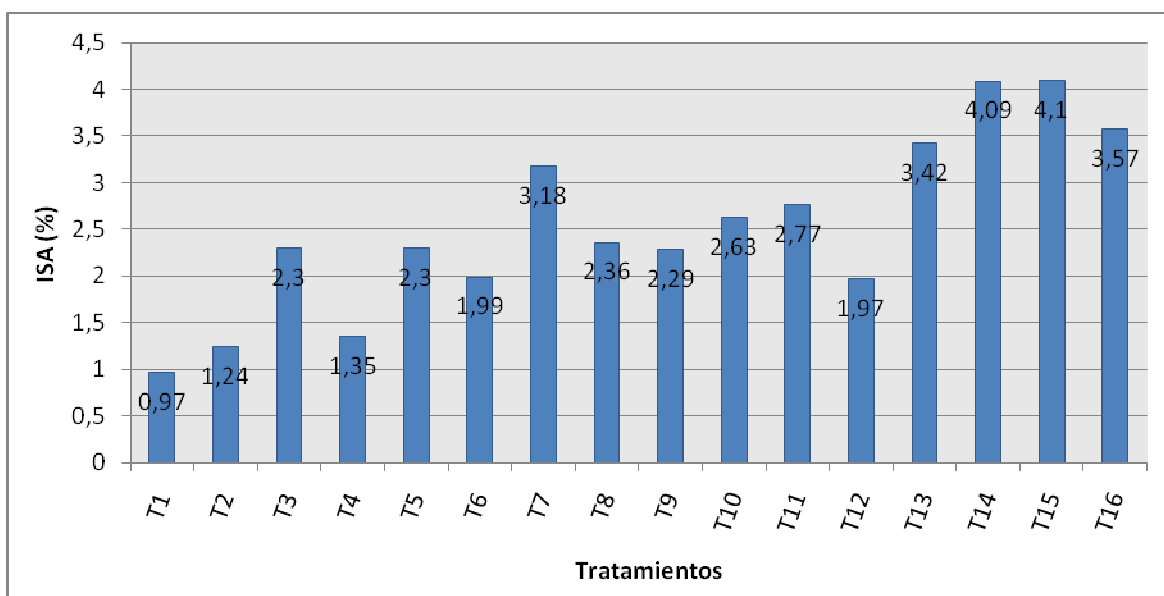
El comportamiento específico de un alimento sometido a una suspensión acuosa se denomina propiedad funcional. Esta influye sobre las características sensoriales de los alimentos, particularmente sobre la textura y juega un papel importante en el comportamiento de un alimento en su fase de almacenamiento.

Según el análisis de varianza (Anexo A.3.6), se establece que el índice de absorción de agua es influenciado por el nivel de sustitución o composición de la masa, pero no por la humedad y la temperatura de fritura. Se obtuvieron valores similares a los reportados por Salinas *et al.* (2003), cuyos valores de IAA fluctuaron entre 3,3 a 4 g gel/g muestra. El tratamiento T<sub>12</sub> (25% maíz - 75% quinua, 46 % Humedad, 135°C) presentó el menor índice de absorción de agua (3,14), debido a un mayor nivel de incorporación de harina de quinua en la masa, ya que el almidón de este seudocereal presenta diferentes propiedades que el de maíz, como son: un menor tamaño de gránulo (0,65 µm) y mayor contenido de amilosa (21 %). En la Figura 18 se presentan los valores de índice de absorción de agua en cada uno de los tratamientos en estudio.



**Figura 18:** Índice de absorción de agua de los tratamientos en estudio para snacks laminados

En cuanto al índice de solubilidad en agua, el análisis de varianza (Anexo A.3.7), muestra que en este parámetro influye el nivel de sustitución de la harina de maíz, más no la humedad de la masa y la temperatura de fritura. Los valores reportados en la bibliografía indican valores de 4 a 5,2% para harinas nixtamalizadas (Yanez, 2005). El mayor índice de solubilidad en agua se obtuvo con los tratamientos T<sub>14</sub> (100% quinua, 46 % Humedad, 130°C), T<sub>15</sub> (100% quinua, 44% Humedad, 135°C), T<sub>16</sub> (100% quinua, 46 % Humedad, 135°C), en los cuales el nivel de sustitución es total, es decir la masa se prepara solo con harina de quinua. Igual que en el índice de absorción de agua, el mayor índice de solubilidad de esta harina con respecto a la de maíz puede estar relacionado con las características particulares del almidón. De los resultados obtenidos se deduce que el índice de solubilidad se correlaciona inversamente con el índice de absorción de agua, ya que los tratamientos mencionados presentaron un menor índice de absorción de agua (3,14-3,45). En la Figura 19 se presentan los resultados de índice de solubilidad en agua.



**Figura 19:** Índice de solubilidad en agua de los tratamientos en estudio para snacks laminados



### 3.1.1.7 Tasa de Digestión del Almidón

La digestibilidad del almidón en los cereales, determina el contenido energético disponible del grano, lo que depende de su hidrólisis por las enzimas pancreáticas. Las enzimas que rompen las uniones  $\alpha$ -(1-4) y  $\alpha$ -(1-6) del almidón reciben el nombre genérico de amilasas.

El análisis de varianza (Anexo A 3.7.), muestra que en la digestibilidad del almidón del producto laminado influye el nivel de sustitución de la harina de maíz, la humedad de la masa y la temperatura de fritura. El porcentaje de hidrólisis del almidón para los diferentes tratamientos en estudio se muestran en la Tabla 23.

**Tabla 23:** Porcentaje de hidrólisis de los tratamientos en estudio para el snack obtenido mediante laminador de masas

% Hidrólisis					
Tratamiento	0'	5'	15'	30'	60'
T <sub>1</sub>	2,483	11,935	23,108	36,058	79,226
T <sub>2</sub>	3,229	11,681	31,995	47,739	98,778
T <sub>3</sub>	3,974	12,443	15,490	51,548	92,684
T <sub>4</sub>	2,483	12,696	59,419	73,385	81,257
T <sub>5</sub>	3,477	17,013	25,393	33,773	71,862
T <sub>6</sub>	3,229	9,395	25,647	42,406	91,160
T <sub>7</sub>	2,235	12,950	33,519	49,516	93,700
T <sub>8</sub>	2,732	16,251	31,487	70,338	79,480
T <sub>9</sub>	2,483	13,458	27,170	41,898	80,495
T <sub>10</sub>	3,229	12,189	22,600	38,597	72,116
T <sub>11</sub>	2,483	12,443	22,092	43,930	82,781
T <sub>12</sub>	3,725	16,759	33,519	63,228	76,179
T <sub>13</sub>	2,980	10,411	25,139	38,089	83,035
T <sub>14</sub>	3,477	13,966	24,631	48,246	88,621
T <sub>15</sub>	2,732	10,157	29,202	42,914	84,050
T <sub>16</sub>	3,477	13,966	32,249	46,723	78,718

Con la prueba de comparación múltiple (Tukey 5%) se determinó que con el tratamiento T<sub>2</sub> (100% maíz, 44 % Humedad, 135°C) se alcanza la mayor tasa de

digestión del almidón (98,77%) a los 60 minutos de reacción con  $\alpha$ -amilasa. Los almidones de las dos especies exhiben un comportamiento diferente durante el proceso de laminación, horneado, fritura, y requieren un proceso de gelatinización antes de alcanzar la digestibilidad total.

Dado los factores de estudio anteriormente analizados, se determinó que el análisis sensorial afectivo fue la variable en estudio determinante para la elección del mejor tratamiento. Las condiciones tecnológicas apropiadas para la obtención de productos laminados corresponde a 50 % de maíz, 50 % quinua, 44 % de humedad de las masas y 130°C para la temperatura de fritura, condiciones correspondientes al tratamiento T<sub>5</sub>, el cual fue seleccionado para las siguientes fases de la investigación.

### 3.1.2 PRODUCTO OBTENIDO POR EXTRUSIÓN

#### 3.1.2.1 Nivel de aceptabilidad

En la Tabla 24, se presenta la calificación promedio en la evaluación sensorial de aceptabilidad para cada tratamiento, se indica además el rango estadístico al que corresponde.

**Tabla 24:** Calificación promedio en la evaluación afectiva para los snacks extruidos

ANÁLISIS SENSORIAL AFECTIVO				
TRATAMIENTOS	Color	Aroma	Textura	Sabor
T <sub>1</sub>	6 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>	4,9 <sup>ab</sup>	5,1 <sup>a</sup>
T <sub>2</sub>	5,8 <sup>a</sup>	4,7 <sup>n.s.</sup>	4,85 <sup>n.s.</sup>	5 <sup>a</sup>
T <sub>3</sub>	6,05 <sup>a</sup>	4,9 <sup>a</sup>	5,8 <sup>a</sup>	5,6 <sup>a</sup>
T <sub>4</sub>	5,7 <sup>a</sup>	5,35 <sup>a</sup>	5,75 <sup>a</sup>	5,35 <sup>a</sup>
T <sub>5</sub>	5,05 <sup>b</sup>	4,55 <sup>ab</sup>	5,5 <sup>a</sup>	4,9 <sup>ab</sup>
T <sub>6</sub>	5 <sup>b</sup>	4,5 <sup>n.s.</sup>	5,35 <sup>n.s.</sup>	4,95 <sup>a</sup>
T <sub>7</sub>	5,4 <sup>ab</sup>	4,65 <sup>a</sup>	5,3 <sup>a</sup>	5,1 <sup>ab</sup>
T <sub>8</sub>	4,65 <sup>b</sup>	4,55 <sup>ab</sup>	4,7 <sup>ab</sup>	4,8 <sup>a</sup>

Continuación...

TRATAMIENTOS	Color	Aroma	Textura	Sabor
T <sub>9</sub>	3,95 <sup>c</sup>	4,25 <sup>ab</sup>	4,8 <sup>ab</sup>	4,15 <sup>bc</sup>
T <sub>10</sub>	4 <sup>c</sup>	4,35 <sup>n.s.</sup>	5,3 <sup>n.s.</sup>	4,2 <sup>ab</sup>
T <sub>11</sub>	5,05 <sup>b</sup>	4,3 <sup>ab</sup>	4,85 <sup>a</sup>	4,45 <sup>b</sup>
T <sub>12</sub>	4,85 <sup>b</sup>	4,8 <sup>a</sup>	4,95 <sup>ab</sup>	4,9 <sup>a</sup>
T <sub>13</sub>	3,45 <sup>c</sup>	3,9 <sup>b</sup>	4,6 <sup>b</sup>	3,6 <sup>c</sup>
T <sub>14</sub>	3,5 <sup>c</sup>	4 <sup>n.s.</sup>	5 <sup>n.s.</sup>	3,7 <sup>b</sup>
T <sub>15</sub>	3,4 <sup>c</sup>	3,75 <sup>b</sup>	3,15 <sup>b</sup>	2,9 <sup>c</sup>
T <sub>16</sub>	3,4 <sup>c</sup>	3,75 <sup>b</sup>	4,2 <sup>b</sup>	3,65 <sup>b</sup>

n.s.= No existe diferencia significativa

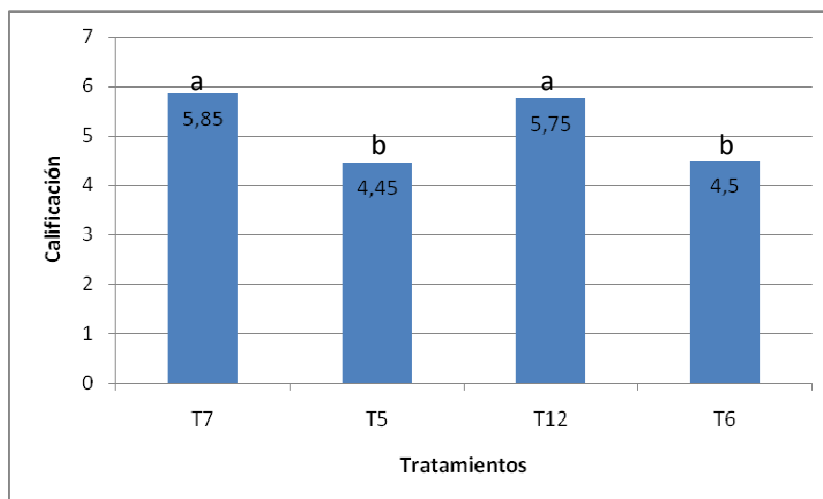
Con base en las calificaciones concedidas por los panelistas, se escogieron los tratamientos con niveles de sustitución de quinua, con mayor calificación. Por lo tanto los tratamientos correspondientes a 100% maíz no fueron tomados en cuenta. La Tabla 25, muestra que los tratamientos de mayor agrado fueron: T<sub>5</sub>, T<sub>6</sub>, T<sub>7</sub> y T<sub>12</sub>, de éstos tratamientos seleccionados se procedió a escoger el mejor a través de una nueva evaluación de aceptabilidad.

**Tabla 25:** Tratamientos escogidos del proceso de extrusión para las evaluaciones sensoriales afectivas

TRATAMIENTOS ESCOGIDOS	
<b>T<sub>7</sub></b>	50% maíz - 50% quinua, 20% Humedad, 130 – 130 – 180 °C
<b>T<sub>5</sub></b>	50% maíz - 50% quinua, 20% Humedad, 150 – 150 – 150 °C
<b>T<sub>12</sub></b>	25% maíz - 75% quinua, 22% Humedad, 130 – 130 – 180 °C
<b>T<sub>6</sub></b>	50% maíz - 50% quinua, 22% Humedad, 150 – 150 – 150 °C

El análisis varianza (Anexo A.3.8.) muestra que los catadores no establecen diferencias en el aroma, textura y sabor de los extruídos procesados con diferentes niveles de sustitución o mezcla de griz, diferentes niveles de humedad (20 y 22 %) y perfiles de temperatura aplicados. El único atributo afectado por las materias primas y las condiciones de proceso fue el color.

En la Figura 20, se presenta la calificación promedio en la evaluación sensorial de aceptabilidad de color para los tratamientos escogidos, y se indica además el rango estadístico al que corresponde.



**Figura 20:** Calificación promedio en la evaluación afectiva de color, para los tratamientos escogidos de snacks extruidos

Con la prueba de comparación múltiple, Tukey al 5%, se determinó que los panelistas otorgaron mayor calificación al color de los tratamientos T<sub>7</sub> (50% maíz - 50% quinua, 20% Humedad, 130 – 130 – 180 °C) y T<sub>12</sub> (25% maíz - 75% quinua, 22% Humedad, 130 – 130 – 180 °C), por lo que estos se ubicaron en el primer rango estadístico (a), con calificaciones promedio de 5,85/7 y 5,75/7, respectivamente, correspondiente a la categoría gusta mucho. Lo que significa que el color de los productos extruidos es el atributo más influenciado por efecto de los tratamientos ensayados, dichos tratamientos presentaron una tonalidad crema claro.

### 3.1.2.2 Prueba descriptiva de la intensidad de color, textura, fracturabilidad y adhesividad

En la Tabla 26, se presenta la calificación promedio en la evaluación sensorial de aceptabilidad para cada tratamiento, se indica además el rango estadístico al que corresponde.

**Tabla 26:** Calificación promedio en la evaluación descriptiva para los snacks extruidos

ANÁLISIS SENSORIAL DESCRIPTIVO				
TRATAMIENTOS	Color	Textura	Frac.	Adhe.
T1	8,50 <sup>a</sup>	7,90 <sup>n.s.</sup>	7,40 <sup>n.s.</sup>	7,35 <sup>n.s.</sup>
T2	9,00 <sup>a</sup>	8,40 <sup>n.s.</sup>	8,90 <sup>n.s.</sup>	6,80 <sup>n.s.</sup>
T3	9,35 <sup>a</sup>	8,45 <sup>n.s.</sup>	7,20 <sup>n.s.</sup>	7,70 <sup>n.s.</sup>
T4	9,15 <sup>a</sup>	7,75 <sup>n.s.</sup>	6,70 <sup>n.s.</sup>	7,65 <sup>n.s.</sup>
T5	6,95 <sup>b</sup>	8,05 <sup>n.s.</sup>	7,25 <sup>n.s.</sup>	6,95 <sup>n.s.</sup>
T6	7,60 <sup>b</sup>	8,90 <sup>n.s.</sup>	8,65 <sup>n.s.</sup>	7,65 <sup>n.s.</sup>
T7	8,25 <sup>ab</sup>	8,20 <sup>n.s.</sup>	7,65 <sup>n.s.</sup>	8,70 <sup>n.s.</sup>
T8	6,20 <sup>bc</sup>	7,30 <sup>n.s.</sup>	7,95 <sup>n.s.</sup>	7,40 <sup>n.s.</sup>
T9	4,65 <sup>c</sup>	7,65 <sup>n.s.</sup>	7,45 <sup>n.s.</sup>	6,80 <sup>n.s.</sup>
T10	5,05 <sup>c</sup>	8,35 <sup>n.s.</sup>	8,90 <sup>n.s.</sup>	7,70 <sup>n.s.</sup>
T11	7,70 <sup>b</sup>	7,20 <sup>n.s.</sup>	7,35 <sup>n.s.</sup>	8,10 <sup>n.s.</sup>
T12	7,30 <sup>b</sup>	7,15 <sup>n.s.</sup>	7,00 <sup>n.s.</sup>	7,30 <sup>n.s.</sup>
T13	3,95 <sup>c</sup>	7,10 <sup>n.s.</sup>	7,40 <sup>n.s.</sup>	7,55 <sup>n.s.</sup>
T14	3,90 <sup>c</sup>	8,10 <sup>n.s.</sup>	8,10 <sup>n.s.</sup>	7,60 <sup>n.s.</sup>
T15	3,75 <sup>c</sup>	7,50 <sup>n.s.</sup>	7,15 <sup>n.s.</sup>	7,25 <sup>n.s.</sup>
T16	4,85 <sup>c</sup>	7,00 <sup>n.s.</sup>	7,30 <sup>n.s.</sup>	7,65 <sup>n.s.</sup>

n.s.= No existe diferencia significativa

Se tomó en cuenta la misma consideración que para el nivel de aceptabilidad de los snacks extruidos y con base en las calificaciones concedidas por los panelistas se escogieron los mejores tratamientos que se presentan en la Tabla 27, a partir de los cuales se realizó un nuevo análisis sensorial descriptivo.

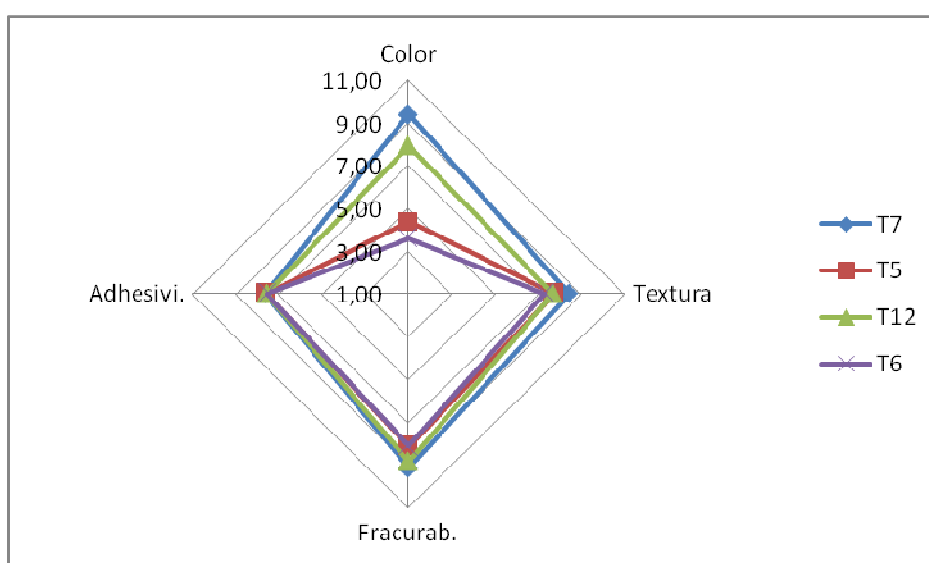
**Tabla 27:** Tratamientos escogidos del proceso de extrusión para las evaluaciones sensoriales descriptivas

TRATAMIENTOS ESCOGIDOS	
<b>T<sub>7</sub></b>	50% maíz - 50% quinua, 20% Humedad, 130 – 130 – 180 °C
<b>T<sub>5</sub></b>	50% maíz - 50% quinua, 20% Humedad, 150 – 150 – 150 °C
<b>T<sub>12</sub></b>	25% maíz - 75% quinua, 22% Humedad, 130 – 130 – 180 °C
<b>T<sub>6</sub></b>	50% maíz - 50% quinua, 22% Humedad, 150 – 150 – 150 °C

Mediante análisis de varianza de bloques completos al azar (Anexo A.3.9.), se determinó un efecto significativo de los tratamientos aplicados en el color de los extruidos, no así en la textura, fracturabilidad y adhesividad. Lo cual significa que

los diferentes niveles de sustitución de los gritz de maíz por quinua, humedad y los perfiles de temperatura aplicados no modifican sustancialmente las características organolépticas de los productos y los panelistas no encuentran diferencias estadísticamente significativas o sensorialmente perceptibles entre los 4 tratamientos evaluados, a excepción del color.

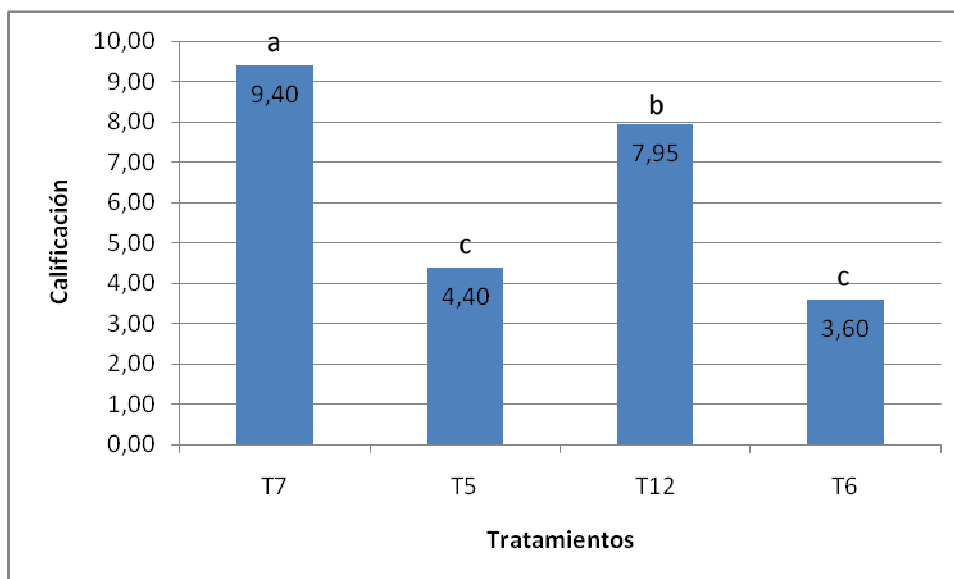
En la Figura 21, se muestra el perfil descriptivo de los atributos evaluados (color, textura, fracturabilidad, adhesividad) de los tratamientos escogidos.



**Figura 21:** Perfil descriptivo de los tratamientos escogidos para snacks extruidos

A partir del perfil descriptivo se evidenció que los tratamientos con menor calificación en el atributo color fueron el tratamiento T<sub>6</sub> y el tratamiento T<sub>5</sub>, en lo referente a textura, fracturabilidad y adhesividad no hay diferencia marcada entre los tratamientos.

En la Figura 22, se presenta la calificación promedio en la evaluación sensorial descriptiva de color para los tratamientos escogidos, y se indica además el rango estadístico al que corresponde.



**Figura 22:** Calificación promedio en la evaluación descriptiva de color, para los tratamientos escogidos de snacks extruidos

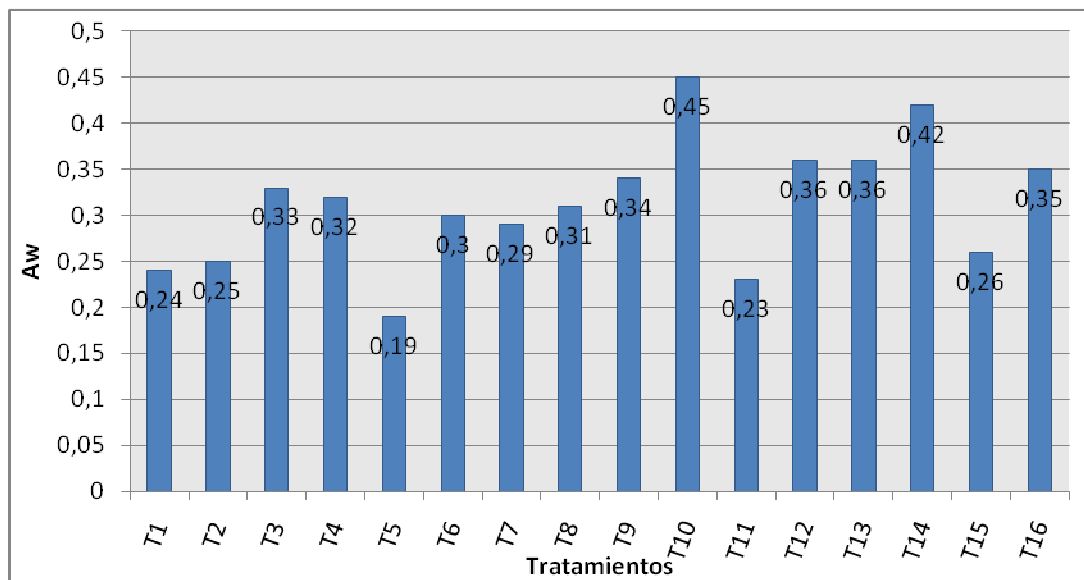
El tratamiento T<sub>7</sub> alcanzó la mayor calificación (9,4/10) entre los panelistas, quienes describieron a los snacks de color claro, por lo que se ubicó en el primer rango estadístico (a). En orden cronológico de percepción, 90 % de panelistas describen al producto obtenido con el tratamiento T<sub>7</sub> de color claro, 85% de los panelistas describen al tratamiento T<sub>7</sub> de textura crocante, 90% de ellos lo describió como fácilmente fracturable y 70% lo describió con baja adhesividad entre los molares.

### 3.1.2.3 Actividad de Agua

Este parámetro determina el grado de interacción del agua con los demás constituyentes del alimento y es una medida indirecta del agua disponible para llevar a cabo las diferentes reacciones a las que está sujeto el alimento.

El análisis de varianza (Anexo 3.10.), muestra un efecto significativo del nivel de sustitución o composición de los griz, su contenido de humedad, el perfil de temperatura y sus interacciones sobre la actividad de agua de los productos extruidos.

En la Figura 23, se muestran los valores de actividad de agua para cada uno de los tratamientos estudiados para snacks extruidos.



**Figura 23:** Contenido de actividad de agua en diferentes tratamientos de snacks extruidos

Al igual que para los snacks laminados, los snacks obtenidos mediante extrusión cumplen con una actividad de agua inferior a 0,5. Con la prueba de Tukey al 5 %, se determinó que el tratamiento T<sub>5</sub> (50% maíz - 50% quinua, 20% Humedad, 150 – 150 – 150 °C,) permite alcanzar una menor actividad de agua (0,19). Nivel deseable para la estabilidad de los productos obtenidos, aunque otro factor que hay que controlar en los productos fritos con baja actividad de agua, es el deterioro de las grasas. En general, se registraron menores valores de actividad de agua para los productos extruidos en relación a los laminados, posiblemente debido a la temperatura de proceso (hasta 180°C) alcanzada en la extrusión.

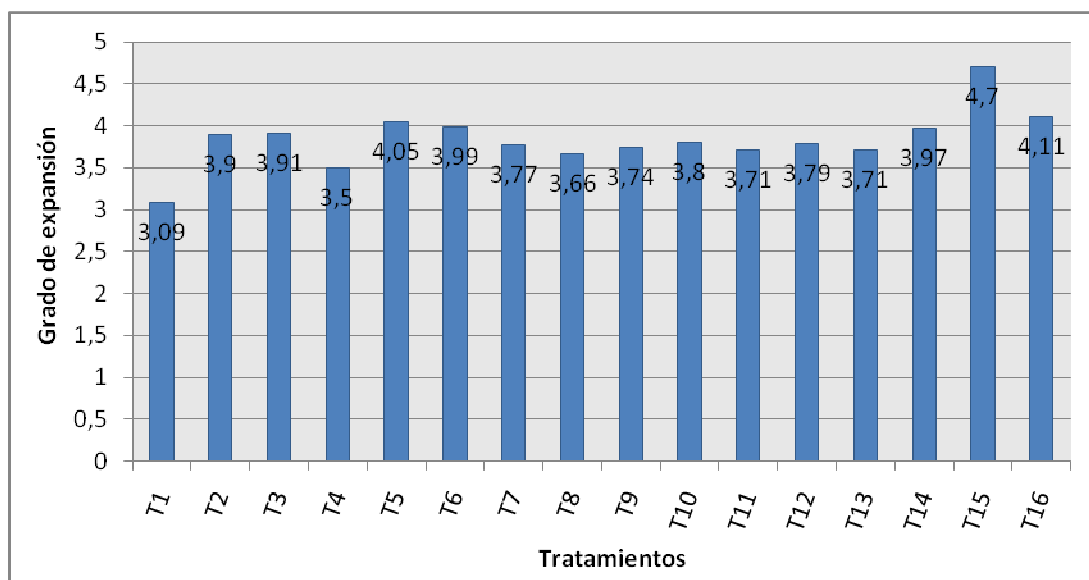
En contraste, con el tratamiento T<sub>10</sub> (25% maíz - 75% quinua, 22% Humedad, 150 – 150 – 150 °C) se obtuvo el mayor valor de actividad de agua (0,45), lo que hace suponer que el límite máximo de incorporación de griz de quinua es 50 %, niveles superiores tienden a modificar las características de los productos, a este efecto pudo también contribuir la mayor humedad de acondicionamiento de los griz (22 %), con lo que la susceptibilidad de los productos al deterioro es superior.



### 3.1.2.4 Grado de Expansión

El grado de expansión es un factor que está relacionado con la densidad aparente del producto extruido y es determinado como la relación entre el área de la barra de producto, al área del dado o como la relación entre los diámetros del producto y del dado (Pólit, 1992). Se considera que la expansión se produce cuando el valor del grado de expansión es por lo menos 1,5 (Mercier, *et al.*, 1989).

El análisis de varianza (Anexo A.3.11.), revela que el grado de expansión es influenciado por el nivel de sustitución de los griz de maíz y por la interacción de este factor con la humedad de acondicionamiento. El mayor grado de expansión (4,7) se obtuvo con el nivel de sustitución 100 % griz de quinua, correspondiente al tratamiento T<sub>15</sub>. Para el caso de los snacks extruidos, a diferencia de los laminados procesados en rodillos, es deseable el mayor grado de expansión de los productos, ya que esto permite ocupar un mayor volumen en los empaques con un menor peso de producto. En contraste, el tratamiento con menor grado de expansión fue el T<sub>4</sub> (100% maíz, 22% Humedad, 130 – 130 – 180 °C) con 3.49. En la Figura 24 se aprecia el grado de expansión para los diferentes tratamientos estudiados.



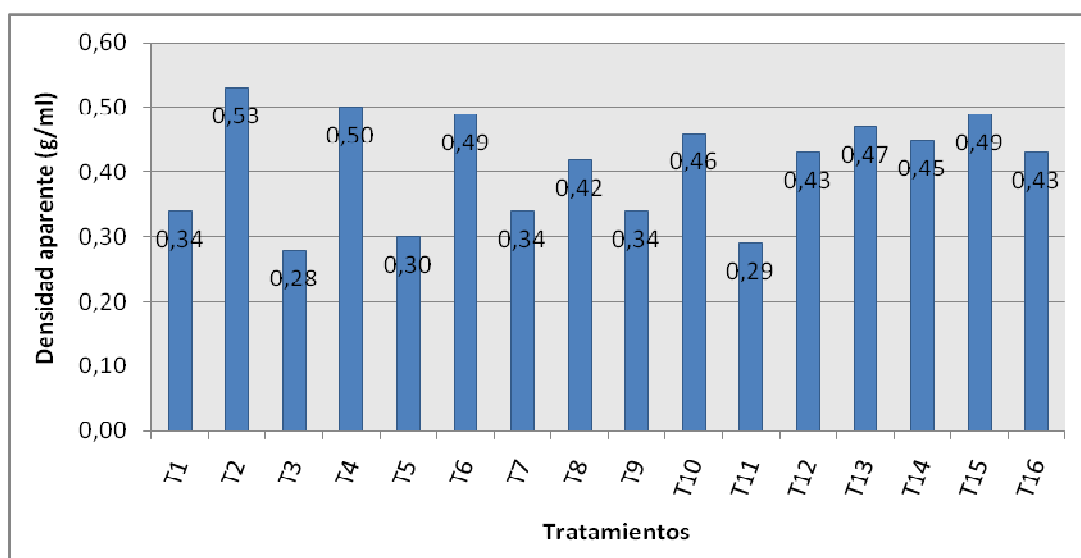
**Figura 24:** Grado de expansión en diferentes tratamientos de snacks extruidos

Brennan, 2008 sugiere que las características texturales, en éste caso, el grado de expansión pueden o no ser afectadas por la velocidad de avance del tornillo, según del material empleado y de la geometría y el diseño del tornillo empleado.

### 3.1.2.5 Densidad Aparente

La densidad aparente es un parámetro importante en los del productos extruidos, en forma indirecta se correlaciona con otras características estructurales (forma y tamaño de las células de aire, estructura fibrosa) y sensoriales (crocancia). Además refleja el comportamiento del equipo y las condiciones de trabajo como presión, temperatura y humedad. Es indicativo del volumen del producto final y está relacionado con el costo del empaque y de transporte (Pólit, 1992).

El parámetro de densidad aparente refleja la calidad del producto en cuanto a textura, apariencia y homogeneidad; mientras más bajo es el valor, el producto poseerá mejores características. El análisis de varianza (Anexo A.3.12.) muestra influencia significativa de todos los factores en estudio (nivel de sustitución, humedad y perfil de temperatura) y sus interacciones, sobre la densidad aparente. En la Figura 25 se presentan los valores de densidad aparente para los tratamientos estudiados.



**Figura 25:** Densidad aparente para los tratamientos en estudio para snacks extruidos

Con la prueba de comparación múltiple, Tukey al 5% se determinó que el tratamiento T<sub>3</sub> (100% maíz, 20% Humedad, 130 – 130 – 180 °C), permite obtener un snack extruido con el menor valor de densidad aparente (0,28 g/ml), condición deseable e indicativa de la homogeneidad y adecuada crocancia del producto, mientras que con el tratamiento T<sub>2</sub> (100% maíz, 22% Humedad, 150 – 150 – 150 °C) se obtuvo el mayor valor (0,53 g/ml) de densidad aparente. De estos resultados se concluye que es posible obtener productos con alta o baja densidad aparente, mediante la variación de las condiciones de humedad y el perfil de temperatura, sobre una misma matriz de alimento, en este caso, gritz de maíz.

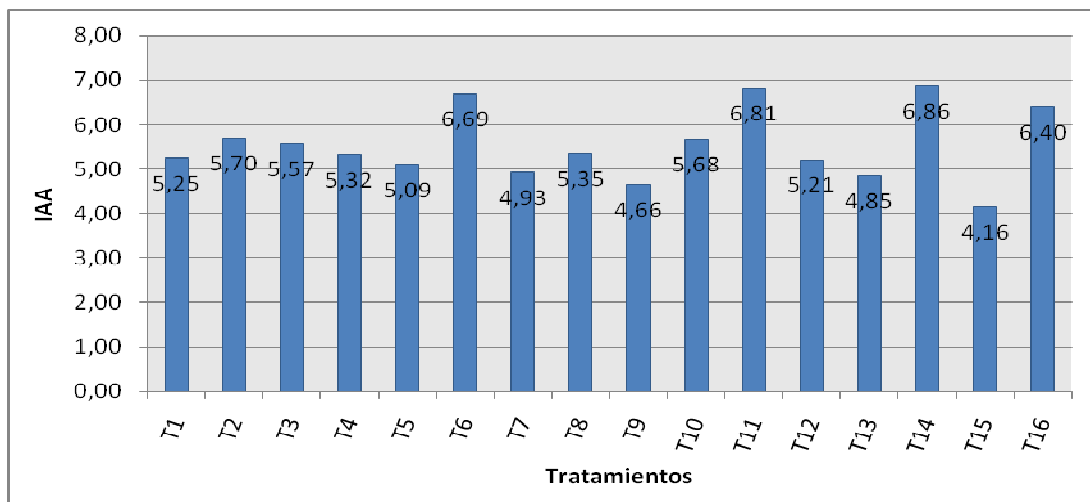
### **3.1.2.6 Índice de Absorción de Agua e Índice de Solubilidad en Agua**

El análisis de varianza (Anexo A.3.13), muestra que sobre el índice de absorción de agua (IAA) influyen la interacción del nivel de sustitución con la humedad de los gritz, el perfil de temperatura y la interacción de este factor con los demás factores en estudio (nivel de sustitución y humedad de los gritz).

Según datos bibliográficos, para productos extruidos de maíz, el valor de IAA fluctúa entre 4,8 y 7,6 g gel/g muestra (Mercier *et al.*, 1989). La condición deseable (menor índice de absorción de agua), se obtuvo con los tratamientos T<sub>15</sub> (100% quinua, 20% Humedad, 150 – 175 – 180 °C y T<sub>9</sub> (25% maíz - 75% quinua, 20% Humedad, 150 – 150 – 150 °C), con los que se alcanzó valores de 4,16 y 4,66, respectivamente; los valores de IAA para todos los tratamientos estudiados se presentan en la Figura 26.

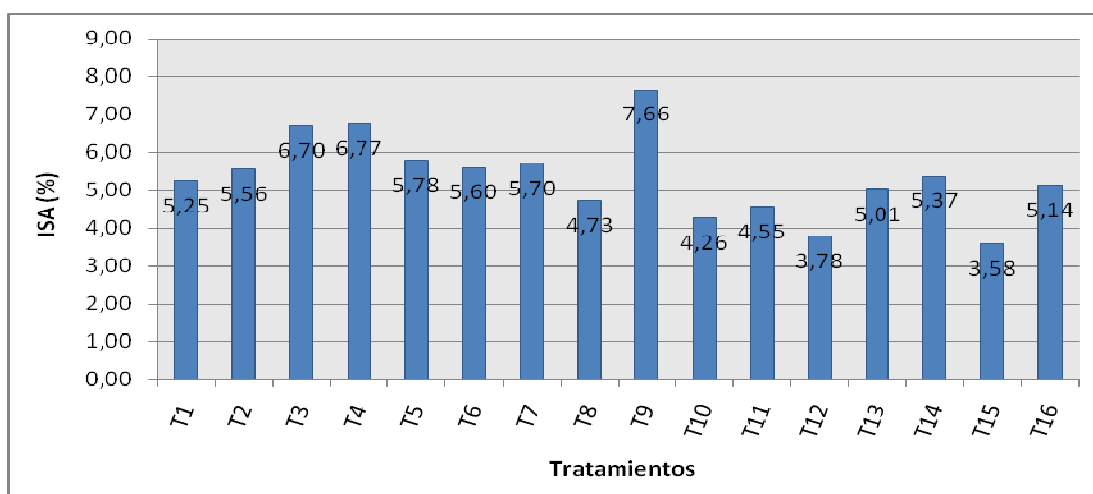
Las características intrínsecas de los gránulos de almidón de cada materia prima los hacen más o menos susceptibles a la degradación durante el tratamiento térmico. En los tratamientos T<sub>15</sub> y T<sub>9</sub>, resalta el menor nivel de incorporación de gritz de quinua, seudocereal que contribuye a obtener un menor índice de absorción de agua, sustentado en las propiedades particulares de su almidón, como son su pequeño tamaño de gránulo (0,65 a 0,91 μm) contenido de amilosa

(21 %), grado de cristalización, etc., así como las interacciones físico-químicas entre las proteínas de la quinua y el almidón de los dos granos.



**Figura 26:** Índice de absorción de agua de los tratamientos en estudio para snacks extruidos

El análisis de varianza (Anexo A.3.15) revela que en el índice de solubilidad en agua (ISA), influyen todos los factores en estudio (nivel de sustitución, perfil de temperatura) y sus interacciones, excepto el nivel de humedad de los griz. El valor del ISA reflejará la severidad del proceso, mismo que aumenta por modificaciones en el almidón ocasionadas por molienda y por condiciones térmicas (Contreras, 2009).



**Figura 27:** Índice de solubilidad en agua de los tratamientos en estudio para snacks extruidos

En la Figura 27 se aprecian los valores de ISA para cada los tratamientos en estudio. Con el tratamiento T<sub>9</sub> (25% maíz - 75% quinua, 20% Humedad, 150 – 150 – 150 °C), se obtuvo un extruido con el mayor índice de solubilidad en agua (7,66 %), mientras que el producto obtenido con el tratamiento T<sub>15</sub> (100% quinua, 20% Humedad, 150 – 175 – 180 °C ) mostró el menor valor (3,58%), se observó en el primer tratamiento, una relación inversa entre el índice de absorción de agua (IAA) y el índice de solubilidad en agua (ISA), ya que a medida que se incrementa el agua absorbida, parte de las moléculas amilosa de bajo peso molecular se disuelven y difunden fuera del gránulo, mientras que las cadenas de mayor tamaño permanecen en él con lo que impiden que exista más solubilización de las de bajo peso molecular.

### 3.1.2.7 Tasa de Digestión del Almidón

La digestibilidad mide la velocidad con que las enzimas amiláceas del sistema digestivo hidrolizan los almidones. Los almidones crudos son poco digeribles, aunque la amilasa pancreática los puede hidrolizar. Su digestibilidad resulta aumentada por la cocción, que origina una gelatinización, lo que facilita la posterior degradación enzimática en el intestino. El porcentaje de hidrólisis del almidón para los diferentes tratamientos en estudio se muestran en la Tabla 28.

**Tabla 28:** Porcentaje de hidrólisis de los tratamientos en estudio para el snack obtenido mediante extrusión

% Hidrólisis					
Tratamiento	0´	5´	15´	30´	60´
T <sub>1</sub>	2,98	5,333	18,283	26,663	76,94
T <sub>2</sub>	0,745	1,016	8,888	35,55	92,176
T <sub>3</sub>	4,222	15,744	16,759	20,06	78,718
T <sub>4</sub>	2,732	6,094	16,251	38,089	74,909
T <sub>5</sub>	2,235	2,793	14,982	35,804	73,893
T <sub>6</sub>	0,497	1,016	2,793	26,155	82,527
T <sub>7</sub>	1,49	9,395	11,427	25,901	82,273
T <sub>8</sub>	2,483	3,555	7,872	26,916	75,163

Continuación...

Tratamiento	0'	5'	15'	30'	60'
T <sub>9</sub>	1,738	2,285	18,791	40,121	85,828
T <sub>10</sub>	1,242	3,047	21,838	42,152	78,464
T <sub>11</sub>	3,229	3,809	22,092	47,739	89,637
T <sub>12</sub>	2,732	3,301	7,364	35,296	75,925
T <sub>13</sub>	1,242	1,778	11,681	36,566	68,815
T <sub>14</sub>	1,49	1,778	11,935	39,105	88,367
T <sub>15</sub>	2,235	8,888	16,251	45,199	98,524
T <sub>16</sub>	3,477	13,204	19,806	51,04	80,242

Según el análisis de varianza (Anexo A.3.14) todos los factores en estudio (nivel de sustitución, nivel de humedad de los griz y perfil de temperatura) influyen en la tasa de digestión del almidón. El tratamiento con mayor tasa de digestión (98,52 %) a los 60 minutos de reacción con  $\alpha$ -amilasa fue el T<sub>15</sub> (100% quinua, 20% Humedad, 130 – 130 – 180 °C), lo cual concuerda con lo expresado por Ruales, J., *et al.* (2000), quienes señalan que varias técnicas de procesamiento como la cocción, expansión, etc., aumentan la digestibilidad del almidón, debido entre otras causas, a la liberación de los gránulos de almidón de la matriz proteica, lo que los hace más susceptibles a la digestión enzimática.

Con base en las variables de estudio anteriormente analizadas, se determinó que el análisis sensorial afectivo fue la variable determinante para la elección del mejor tratamiento. Las condiciones tecnológicas apropiadas para la obtención de productos extruidos corresponde a el tratamiento T<sub>7</sub> (50% maíz-50% quinua, 20% Humedad, 130 – 130 -180°C), tratamiento escogido para continuar con la siguiente fase de la investigación.

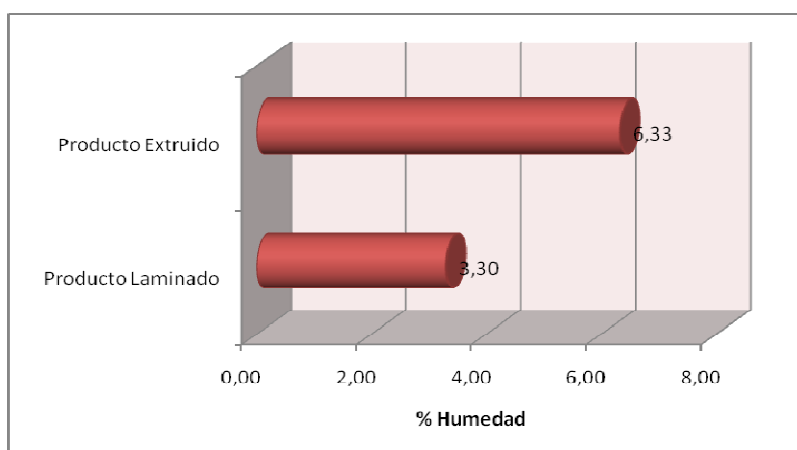
### **3.2 CARACTERIZACIÓN QUÍMICA Y NUTRICIONAL DEL PRODUCTO FINAL**

En los productos procesados con las condiciones seleccionadas tanto en el laminador de rodillos como en el extrusor, se procedió a realizar la

caracterización química y nutricional de los mismos, la misma incluyó: análisis proximal, vitaminas (A, E, B) y minerales.

### 3.2.1 CONTENIDO DE HUMEDAD

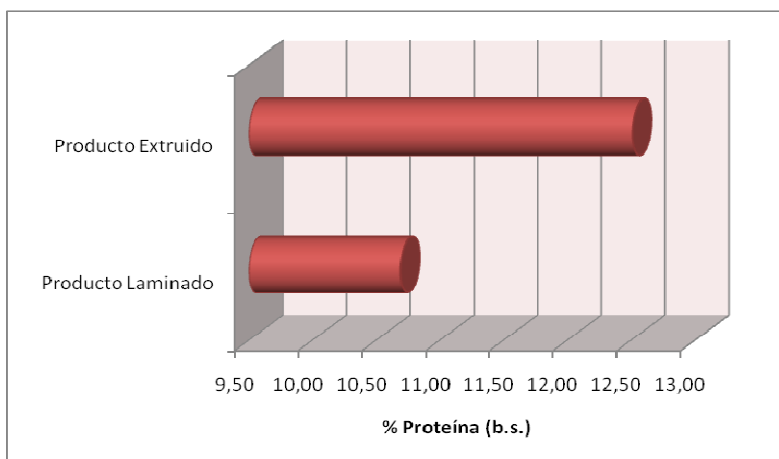
La Figura 28, revela que el producto laminado obtuvo menor contenido de humedad con 3,3% que está dentro de la Norma Técnica Colombiana NTC 3659 (Anexo A 2.5.), no así, el producto extruido presentó un contenido de humedad de 6,33%, superior a lo establecido por la norma. Este último puede propiciar diversas reacciones enzimáticas hidrolíticas, y favorecer el crecimiento de bacterias, hongos y levaduras.



**Figura 28:** Contenido de humedad de los productos experimentales

### 3.2.2 CONTENIDO DE PROTEÍNA

En la Figura 29, se aprecia el contenido de proteína (base seca) de los productos obtenidos mediante las dos tecnologías. Los snacks experimentales, presentaron valores de 12,51% y 10,69% para los snacks extruidos y laminados, respectivamente. Estos resultados concuerdan con las afirmaciones de Dávila (1992), quien señala que el contenido proteico de los productos procesados por extrusión, se preserva mejor que por métodos alternos, tales como: secado en tambores, autoclavado, tostado, calentamiento con microondas y horneado.



**Figura 29:** Contenido de proteína de los productos experimentales

Además se determinó el contenido de aminoácidos para cada uno de los productos procesados, como se muestra en la Tabla 29.

**Tabla 29:** Contenido de aminoácidos en los productos estudiados

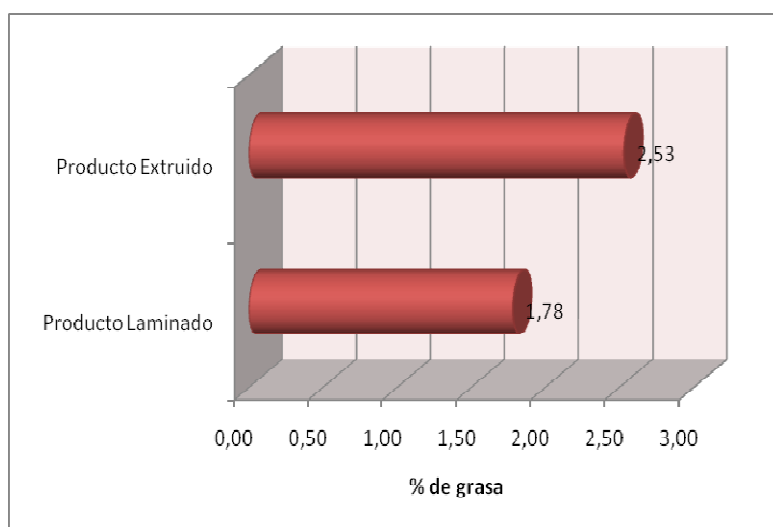
Aminoácidos	%	
	Extruido	Laminado
Ácido aspártico	0,86	0,99
Treonina	0,36	0,41
Serina	0,48	0,54
Ácido glutámico	2,16	2,33
Prolina	0,56	0,57
Glicina	0,57	0,71
Alanina	0,55	0,55
Cistina	0,09	0,08
Valina	0,53	0,57
Metionina	0,13	0,05
Isoleucina	0,40	0,44
Leucina	0,93	0,96
Tirosina	0,26	0,25
Fenilalanina	0,48	0,51
Histidina	0,31	0,34
Lisina	0,41	0,37
Arginina	0,61	0,68

El contenido de aminoácidos es superior en el snack laminado a excepción de pocos aminoácidos como cistina, metionina, tirosina y linina que presentan menor contenido que para los snacks extruidos.



### 3.2.3 CONTENIDO DE GRASA

En la Figura 30, se presentan los valores para contenido de grasa de los tratamientos en estudio. Se resalta el menor contenido de grasa del producto procesado en el laminador de masas, con 1,78 %, a diferencia del extruido con un contenido de grasa de 2,53 %, debido al uso de aceite en éste último, para favorecer la adherencia del saborizante.



**Figura 30:** Contenido de grasa de los productos experimentales

### 3.2.4 CONTENIDO DE FIBRA DIETÉTICA SOLUBLE (FDS)

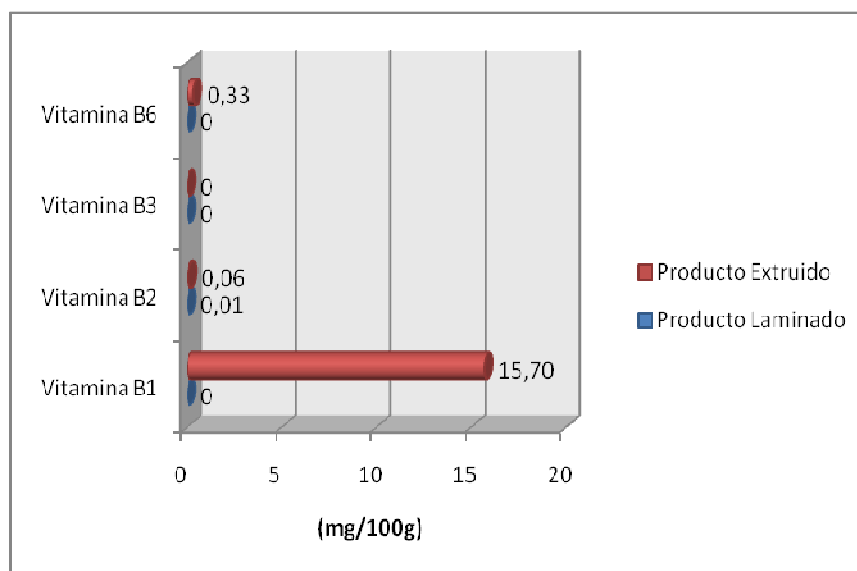
La FDS, incluye pectinas, gomas, mucílago y ciertos tipos de hemicelulosa solubles y polisacáridos de reserva de la planta. Se caracteriza porque puede ser fermentada por bacterias en el colon, y al suceder esto se genera hidrógeno, dióxido de carbono y ácidos grasos de cadena corta, que son absorbidos y metabolizados. Las principales fuentes de FDS son las frutas, los frijoles, la avena y la cebada (Hernández y Gallardo, 2002).

La fibra soluble en la quinua está formada mayoritariamente por  $\beta$ -Glucanos. De acuerdo a Hevia *et al.*, (2001), los  $\beta$ -Glucanos han sido reconocidos como componentes importantes de la alimentación humana ya que reducen los niveles de colesterol.

Los productos procesados presentaron un contenido de fibra dietética soluble (FDS) de 3% para el snack laminado y 1,09% para el snack extruido. Kuklinski (2003), Zambrano y Gallardo (2002), señalan que los procesos térmicos promueven la modificación de los almidones, y los vuelve más resistentes. Durante estos procesos, los almidones pueden formar complejos amilosa- lípido que son resistentes a la acción enzimática (Pólit, 1996).

### 3.2.5 CONTENIDO DE VITAMINAS

La Figura 31, muestra el contenido de vitaminas B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> y B<sub>6</sub> para los productos experimentales (extruido y laminado).



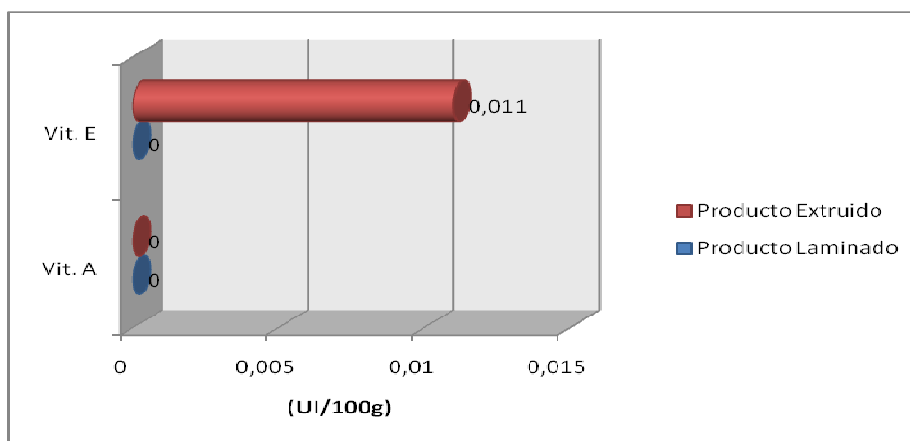
**Figura 31:** Contenido de Vitaminas del complejo B para los tratamientos experimentales

En caso de las vitamina B<sub>1</sub> se puede observar que el producto extruido reportó un valor de 15,70 mg/100mg; para la vitamina B<sub>2</sub>, el producto extruido registró un contenido de 0,06 mg/100g, el producto laminado 0,01 mg/100g. La vitamina B<sub>6</sub> registró el menor contenido, con 0,33 en el caso del producto extruido, mientras que para el producto laminado fue no detectable, al igual que la vitamina B<sub>3</sub> para ambos productos. En general las vitaminas son estructuras químicas sensibles a factores como la temperatura, el oxígeno, las radiaciones y el pH. En

consecuencia los procesos térmicos aplicados a las harinas o griz, provocan en mayor o menor medida, pérdidas de estos nutrientes (Cuéllar *et al.*, 2008).

La diferencia más evidente observada entre snacks extruidos y laminados reside en el contenido de tiamina o vitamina B<sub>1</sub>. La pérdida de tiamina en el snack laminado se atribuye a su característica termolábil; según Cáceres (1997), la vitamina B<sub>1</sub> resiste el calor seco, se destruye con rapidez en medio alcalino y en los alimentos se pierde principalmente por fritura. En cuanto al snack extruido, las condiciones de HTST propias de la extrusión en caliente y el enfriamiento rápido del producto a la salida de la boquilla, hacen que la pérdida de ésta vitamina sea realivamente pequeña (Fellows, 1993).

El contenido de vitamina E fue de 0,011 UI/100g para el producto extruido, mientras que para el laminado no se registró contenido de ésta vitamina, probablemente debido a que la vitamina E o tocoferol es estable en la cocción, pero no en las frituras. Según...(sssss,1111), las vitaminas liposolubles, en general, tienden a ser 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, alto nivel de humedad en el proceso da más vitaminas retenidas. Por otra parte, no se registró la presencia de vitamina A, en ninguno de los dos casos, probablemente debido a que esta vitamina se destruye con facilidad a temperaturas elevadas. La Figura 32, ilustra el contenido de vitaminas A y E.

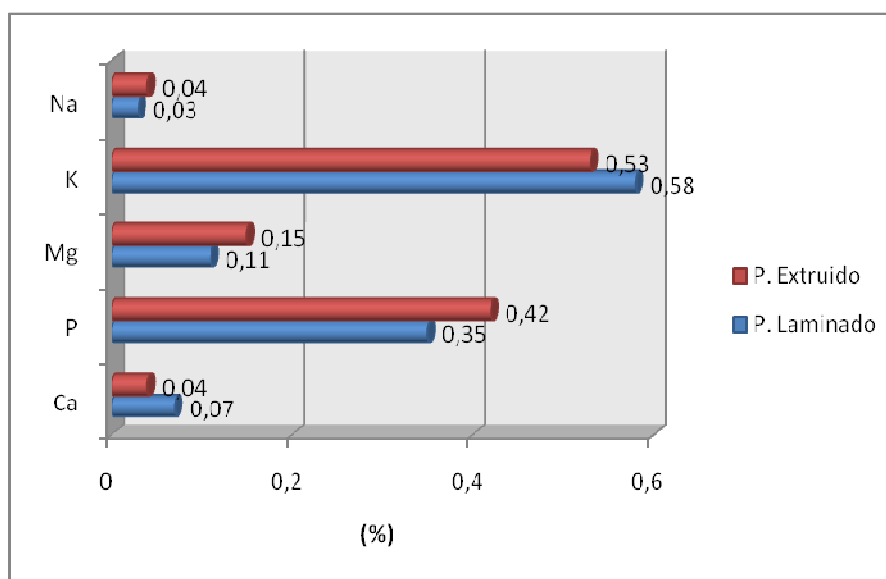


**Figura 32:** Contenido de vitaminas A y E, para los productos experimentales

### 3.2.6 CONTENIDO DE MINERALES

Los minerales son nutrientes que el organismo requiere en cantidades relativamente pequeñas en relación a los glúcidos, lípidos y proteínas. Cumplen una importante función reguladora y al no ser sintetizados por el organismo, se deben aportar en la dieta. Dentro de los minerales, se distinguen dos grupos: Los *macroelementos*, que el organismo requiere en cantidades superiores a 100 mg/día (Ca, P, Na, K, Cl, Mg, S) y los *microelementos* que el organismo requiere en cantidades inferiores a 100 mg/día (Fe, Cu, F, Co, Zn, Cr, Mn, I, Mo, Se) (Kuklinski, 2003).

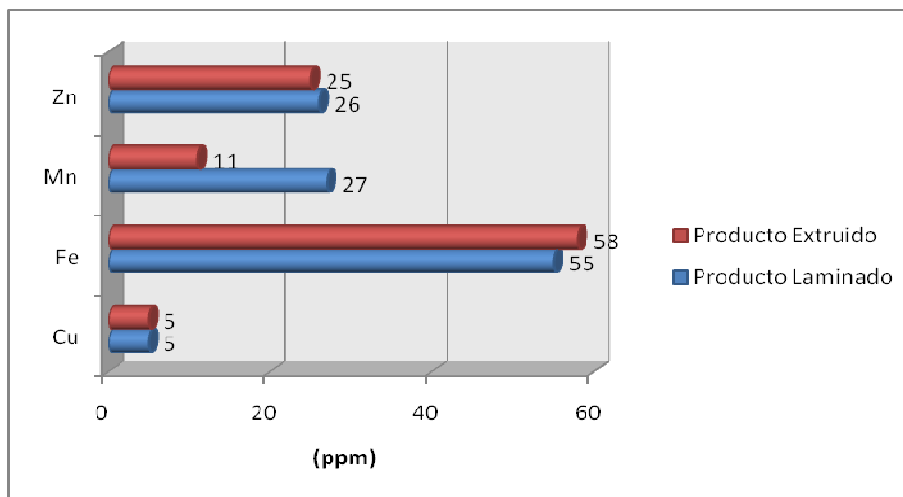
En la Figura 33, se aprecia el contenido de macroelementos para cada uno de los productos (extruido, laminado).



**Figura 33:** Contenido de macroelementos minerales para los productos experimentales

Los minerales (macroelementos) que registraron menor contenido fueron el sodio, con 0,03% y 0,04% para el producto laminado y extruido, respectivamente; el calcio con 0,04% para el extruido y 0,07% para el laminado. En mayor cantidad se destacan el potasio con 0,53% el extruido y 0,58% el laminado y el fósforo con 0,42% para el producto extruido y con 0,35% para el producto laminado.

La Figura 34, muestra la variación del contenido de microelementos para los productos experimentales (extruido, laminado).



**Figura 34:** Contenido de microelementos minerales para los productos experimentales

En lo referente al contenido de microelementos minerales, se puede destacar que el hierro con 58 ppm para el producto extruido y 55 ppm para el producto laminado, es el mineral que tuvo el más alto contenido en el producto final, seguido del zinc con 25 ppm y 26 ppm para el snack extruido y laminado respectivamente.

Generalmente, los minerales son estables frente a la mayor parte de tratamientos, aunque existen pérdidas por la solubilización en el agua empleada (Astiasarán y Martínez, 2000).

### **3.3 ESTABLECIMIENTO DEL EMPAQUE Y LAS CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO PARA LA CONSERVACIÓN DE LOS PRODUCTOS**

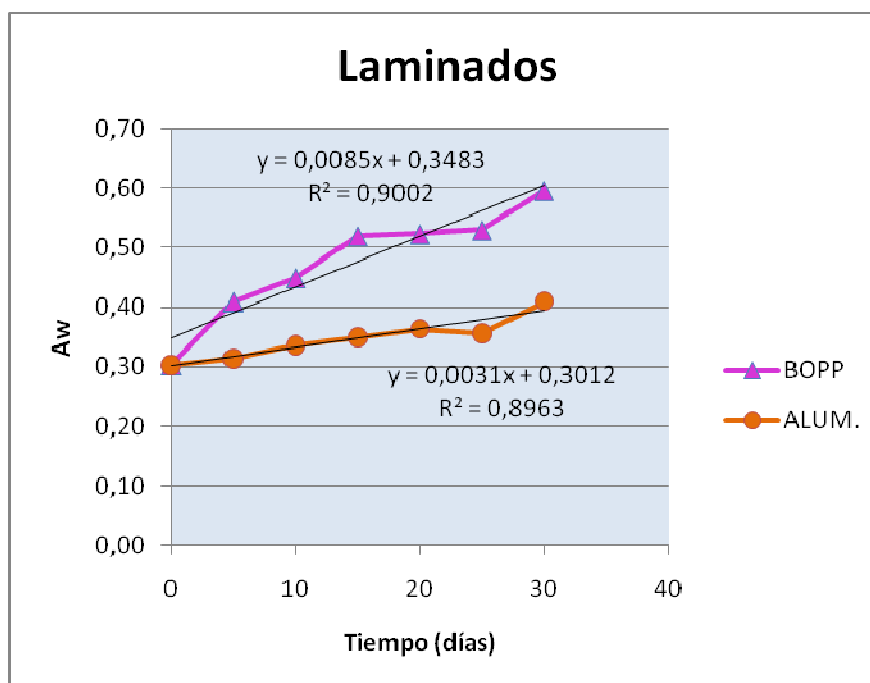
A los productos obtenidos caracterizan el bajo contenido de humedad, la textura crocante y una actividad de agua inferior a 0,5. En estas condiciones, son improbables las alteraciones microbianas, pero pueden desencadenarse otros

mecanismos de deterioro como el enranciamiento de la grasa y la pérdida de textura (Roberson, 1993), por lo que, la estimación de la vida útil se basó en la evaluación de los parámetros mencionados.

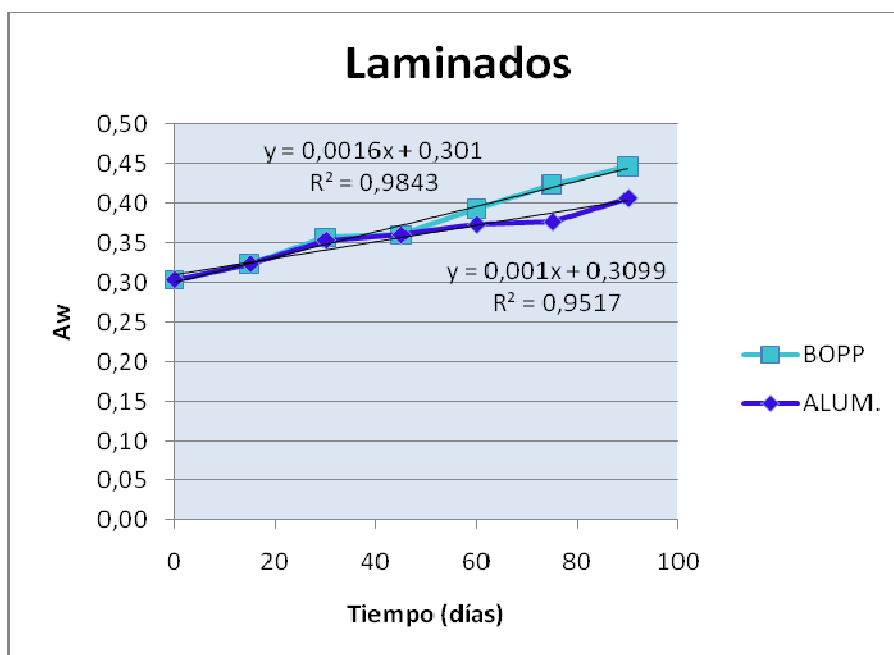
### 3.3.1 ESTIMACIÓN DE VIDA ÚTIL POR MEDIO DE ACTIVIDAD DE AGUA

El contenido de humedad por sí solo, no es un factor indicativo de la estabilidad de un alimento, ya que no considera las interacciones del agua con otros componentes del mismo; por esta razón distintos alimentos con el mismo contenido de humedad presentan diferencias en cuanto a su estabilidad (Welti y Vergara, 2002).

Las Figuras 35 y 36, ilustran la variación de la actividad de agua, en los snacks laminados, empacados en fundas de diferentes materiales (BOPP y aluminizada) y almacenados bajo dos condiciones (ambientales y aceleradas).



**Figura 35:** Variación de la actividad de agua del snack laminado, en dos empaques y almacenado en condiciones aceleradas (35°C, 90% HR)



**Figura 36:** Variación de la actividad de agua del snack laminado, en dos empaques y almacenados en condiciones ambientales (17°C, 50% HR)

Para los laminados empacados en BOPP y almacenados bajo condiciones aceleradas, la actividad de agua se elevó a 0,52, al décimo quinto día de almacenamiento, lo que permitió además evidenciar la disminución de la crocancia y el final de su vida útil. El mismo producto al ser almacenado a condiciones aceleradas y en empaque aluminizado presentó menores valores de  $a_w$  a lo largo del periodo de monitoreo, se alcanzó una actividad de agua de 0,41.

Cuando los snacks laminados fueron empacados en fundas aluminizadas y BOPP y almacenados bajo condiciones ambientales, no experimentaron un notable incremento de la actividad de agua; los valores variaron entre 0,41 a 0,45, para el primero y segundo empaque, respectivamente. Con base en los resultados obtenidos se establece la relación:

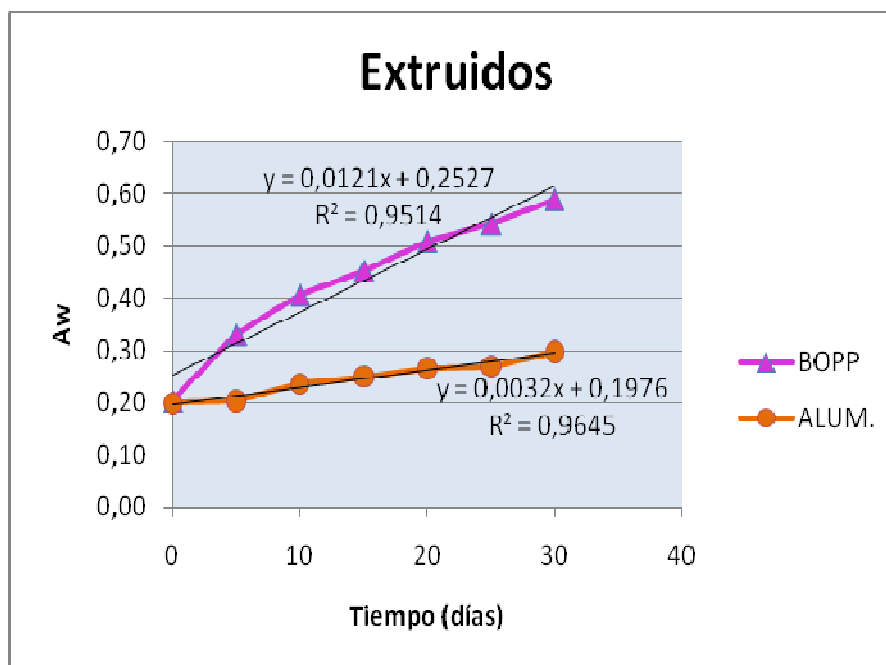
$$\frac{\text{Durabilidad en condiciones normales BOPP (124,3 días)}}{\text{Durabilidad en condiciones aceleradas BOPP (15 días)}} = 8,29$$

$$\frac{\text{Durabilidad en condiciones normales aluminizada (190 días)}}{\text{Durabilidad en condiciones aceleradas aluminizada (64,13 días)}} = 2,96$$

Se concluye que para el producto laminado, empaçado en BOPP, un día en condiciones aceleradas equivale a 8 días en condiciones normales. En base a esta relación se establece una durabilidad promedio de 124 días, tiempo en el cual la actividad de agua (parámetro crítico) alcanza un valor límite de 0,5.

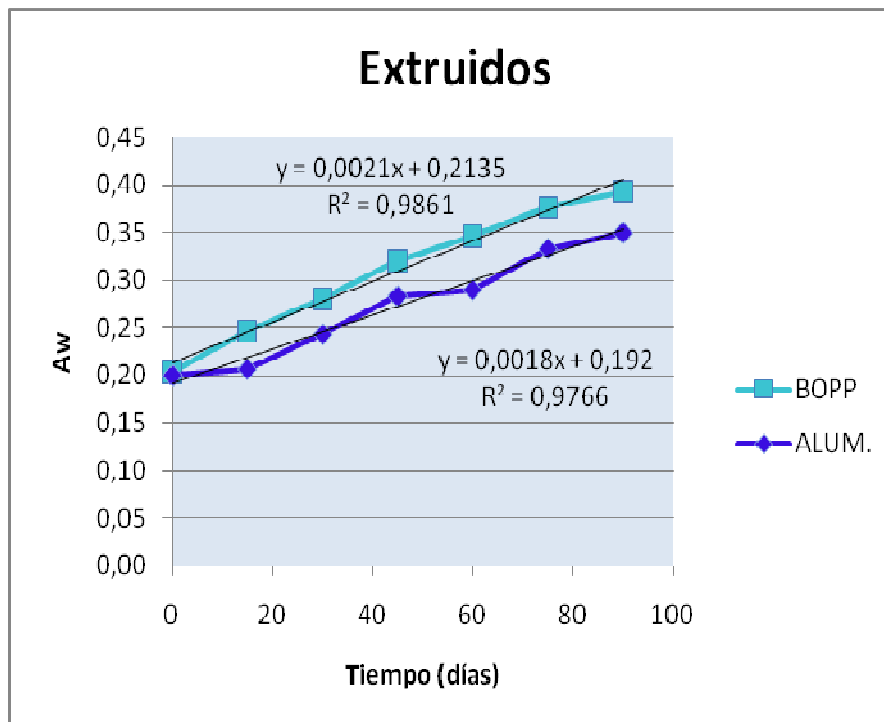
Para el producto laminado, empaçado en funda aluminizada, un día en condiciones aceleradas equivale a 3 días en condiciones normales, en base a esta relación se determinó una durabilidad promedio de 190 días.

Las Figuras 37 y 38, muestran el incremento de la actividad de agua de los snacks extruidos, dispuestos en dos empaques de diferentes materiales y almacenados a dos condiciones.



**Figura 37:** Variación de la actividad de agua del snack extruido, empaçado en dos materiales y almacenado en condiciones aceleradas (35°C, 90% HR)





**Figura 38:** Variación de la actividad de agua del snack extruido, empacado en dos materiales y almacenado en condiciones ambientales (17°C, 50% HR)

Los valores de actividad de agua para los snacks extruidos, empacados en polipropileno biorientado (BOPP) y almacenados bajo condiciones aceleradas se incrementaron gradualmente hasta alcanzar un valor de 0,59 a los 30 días de almacenamiento. Según Konopacka (2002), cuando los cereales expandidos sobrepasan un valor de actividad de agua de 0,5, la crocancia experimenta un rápido descenso. El extruido experimental superó el límite crítico de actividad de agua, con un valor de 0,51, a los 20 días de almacenamiento en condiciones aceleradas, lo cual sugiere una durabilidad promedio de 20 días, para el snack extruido, empacado en BOPP. En contraste, la actividad de agua de los productos, empacados en fundas laminadas de polipropileno metalizado (aluminizada) y almacenados a 35 °C y 90 % HR, alcanzó un valor de 0,30 a los 30 días, por lo que se concluye que este tipo de empaque presenta una alta barrera a la humedad.

Cuando los snacks extruidos fueron empacados en BOPP y funda aluminizada, almacenados bajo condiciones ambientales, los valores de actividad de agua, no

sobrepasaron el nivel de 0,40 a los 90 días. Los productos empacados en BOPP alcanzaron un valor de 0,39 y en funda aluminizada alcanzaron un valor de 0,35. Con base en los resultados obtenidos se establece la relación:

$$\frac{\text{Durabilidad en condiciones normales BOPP (136,4 días)}}{\text{Durabilidad en condiciones aceleradas BOPP (20 días)}} = 6,82$$

$$\frac{\text{Durabilidad en condiciones normales aluminizada (171,1 días)}}{\text{Durabilidad en condiciones aceleradas aluminizada (94,5 días)}} = 1,8$$

Se concluye que para el producto extruido, empacado en BOPP, un día en condiciones aceleradas equivale a 7 días en condiciones normales. En base a esta relación se establece una durabilidad promedio de 136 días, tiempo en el cual la actividad de agua alcanza un valor límite de 0,5. Para el mismo producto extruido, empacado en funda aluminizada, un día en condiciones aceleradas equivale a 2 días en condiciones normales, en base a esta relación se determinó una durabilidad promedio de 171, lo que demuestra la ventaja de seleccionar el empaque apropiado para prolongar la vida útil del producto.

### **3.3.2 ESTIMACIÓN DE VIDA ÚTIL POR MEDIO DE RECuento DE MICROORGANISMOS TOTALES, HONGOS Y LEVADURAS**

Todos los alimentos están expuestos a contaminación naturalmente presente en la materia prima, en el procesamiento o durante su almacenamiento. La contaminación que más preocupa por su efecto toxicológico es la contaminación microbiológica por bacterias, mohos y levaduras (Kuklinski, 2003).

El conteo total de aerobios mesófilos, hongos y levaduras para el producto laminado y empacado en fundas aluminizadas y en BOPP, bajo las dos condiciones de almacenamiento se muestra en las Tablas 30 y 31.

**Tabla 30:** Recuento microbiológico del snack laminado y almacenado en condiciones aceleradas (35°C, 90% HR)

Almacenamiento (días)	Contaje total aerobios (ufc/g)		Hongos (ufc/g)		Levaduras (ufc/g)	
	ALUM.	BOPP	ALUM.	BOPP	ALUM.	BOPP
0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0
10	0	< 1 x 10 <sup>2</sup>	0	0	0	0
15	< 1 x 10 <sup>2</sup>	< 1 x 10 <sup>2</sup>	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0
25	< 1 x 10 <sup>2</sup>	< 1 x 10 <sup>2</sup>	0	0	0	0
30	< 1 x 10 <sup>2</sup>	< 1 x 10 <sup>2</sup>	0	0	0	0

**Tabla 31:** Recuento microbiológico del snack laminado y almacenado en condiciones ambientales (17°C, 50% HR)

Almacenamiento (días)	Contaje total aerobios (ufc/g)		Hongos (ufc/g)		Levaduras (ufc/g)	
	ALUM.	BOPP	ALUM.	BOPP	ALUM.	BOPP
0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0
30	< 1 x 10 <sup>2</sup>	< 1 x 10 <sup>2</sup>	0	0	0	0
45	< 1 x 10 <sup>2</sup>	< 1 x 10 <sup>2</sup>	0	0	0	0
60	< 1 x 10 <sup>2</sup>	< 1 x 10 <sup>2</sup>	0	0	0	0
75	< 1 x 10 <sup>2</sup>	< 1 x 10 <sup>2</sup>	0	0	0	0
90	< 1 x 10 <sup>2</sup>	< 1 x 10 <sup>2</sup>	0	0	0	0

Para determinar la calidad microbiológica de los productos experimentales, se tomó como referencia la Norma Técnica Colombiana NTC 3659 (Anexo A 2.5.), misma que sugiere como índice máximo permisible un contaje total de 100 ufc/g para éste tipo de productos.

El contaje total de microorganismos aerobios mesófilos, hongos y levaduras para el producto extruido y almacenado en empaques aluminizados y en BOPP, bajo condiciones aceleradas y ambientales se muestra en las Tablas 32 y 33.

**Tabla 32:** Recuento de aerobios mesófilos, hongos y levaduras en el snack extruido y almacenado en condiciones aceleradas (35°C, 90% HR)

Almacenamiento (días)	Contaje total aerobios (ufc/g)		Hongos (ufc/g)		Levaduras (ufc/g)	
	ALUM.	BOPP	ALUM.	BOPP	ALUM.	BOPP
0	0	< 1 x 10 <sup>2</sup>	0	0	0	0
5	< 1 x 10 <sup>2</sup>	< 1 x 10 <sup>2</sup>	0	0	0	0
10	< 1 x 10 <sup>2</sup>	< 1 x 10 <sup>2</sup>	0	0	0	0
15	< 1 x 10 <sup>2</sup>	< 1 x 10 <sup>2</sup>	0	0	0	0
20	< 1 x 10 <sup>2</sup>	< 1 x 10 <sup>2</sup>	0	0	0	0
25	< 1 x 10 <sup>2</sup>	< 1 x 10 <sup>2</sup>	0	0	0	0
30	< 1 x 10 <sup>2</sup>	< 1 x 10 <sup>2</sup>	0	0	0	0

**Tabla 33:** Recuento microbiológico del snack extruido y almacenado en condiciones ambientales (17°C, 50% HR)

Almacenamiento (días)	Contaje total aerobios (ufc/g)		Hongos (ufc/g)		Levaduras (ufc/g)	
	ALUM.	BOPP	ALUM.	BOPP	ALUM.	BOPP
0	0	< 1 x 10 <sup>2</sup>	0	0	0	0
15	< 1 x 10 <sup>2</sup>	< 1 x 10 <sup>2</sup>	0	0	0	0
30	< 1 x 10 <sup>2</sup>	< 1 x 10 <sup>2</sup>	0	0	0	0
45	< 1 x 10 <sup>2</sup>	< 1 x 10 <sup>2</sup>	0	0	0	0
60	< 1 x 10 <sup>2</sup>	< 1 x 10 <sup>2</sup>	0	0	0	0
75	< 1 x 10 <sup>2</sup>	< 1 x 10 <sup>2</sup>	0	0	0	0
90	< 1 x 10 <sup>2</sup>	< 1 x 10 <sup>2</sup>	0	0	0	0

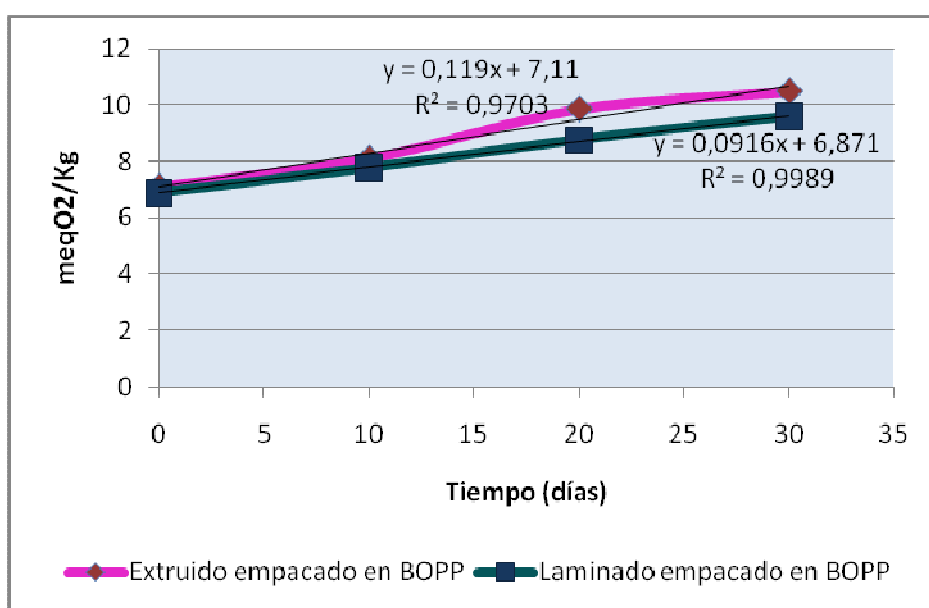
Los resultados obtenidos revelan un recuento de aerobios mesófilos inferior a 100 ufc/g y ausencia de hongos y levaduras en los dos productos, valores que se enmarcan en los límites permitidos. El recuento microbiológico no fue una variable determinante para establecer el tiempo de vida útil de los snacks.

### 3.3.3 ESTIMACIÓN DE VIDA ÚTIL POR MEDIO DE ÍNDICE DE PERÓXIDOS

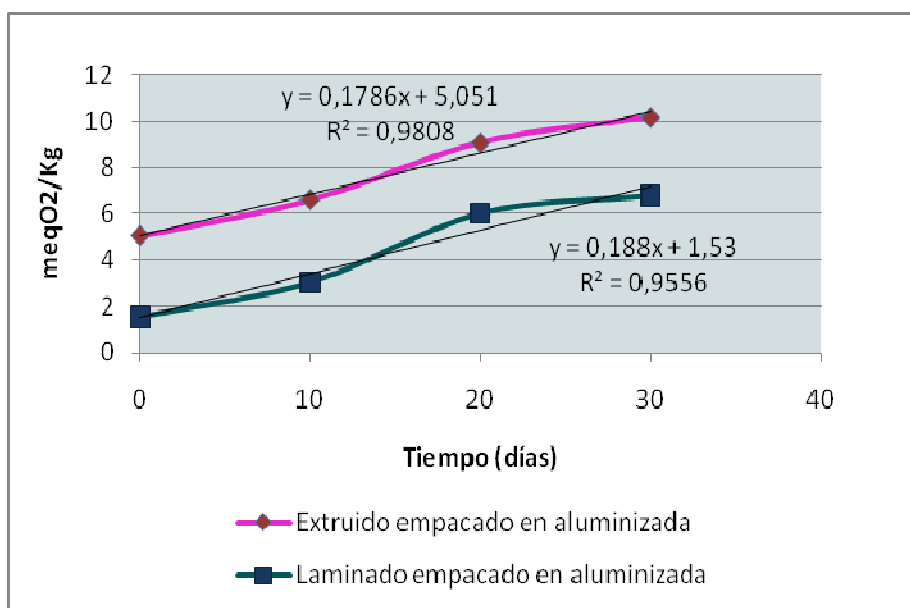
Welti y Vergara (2002), señalan que, cuando los valores de actividad de agua, son bajos, se promueve la autooxidación de las grasas. A medida que la actividad de agua se incrementa, la velocidad de reacción disminuye debido a la estabilización de los hidroperóxidos de los ácidos grasos por los enlaces del hidrógeno con el agua; lo que interfiere con la descomposición e impide que progrese más la oxidación. Sin embargo, como la hidratación de la micro estructura continúa, la reacción de autooxidación de los lípidos se acelera debido a que se intensifica la movilidad y difusión de los reactantes (metales, oxígeno, radicales libres y aldehídos).

Cuando los aceites son recientes usualmente tienen índices de peróxidos bajos, inferiores a 10 meqO<sub>2</sub>/Kg. Si este valor se eleva a niveles entre 20 y 40, es notable el sabor rancio; para este estudio se tomó como límite crítico el valor de 20 meqO<sub>2</sub>/Kg.

Las Figuras 39 y 40, se muestra la variación del índice de peróxidos para cada uno de los productos estudiados, almacenados en BOPP y en condiciones aceleradas.

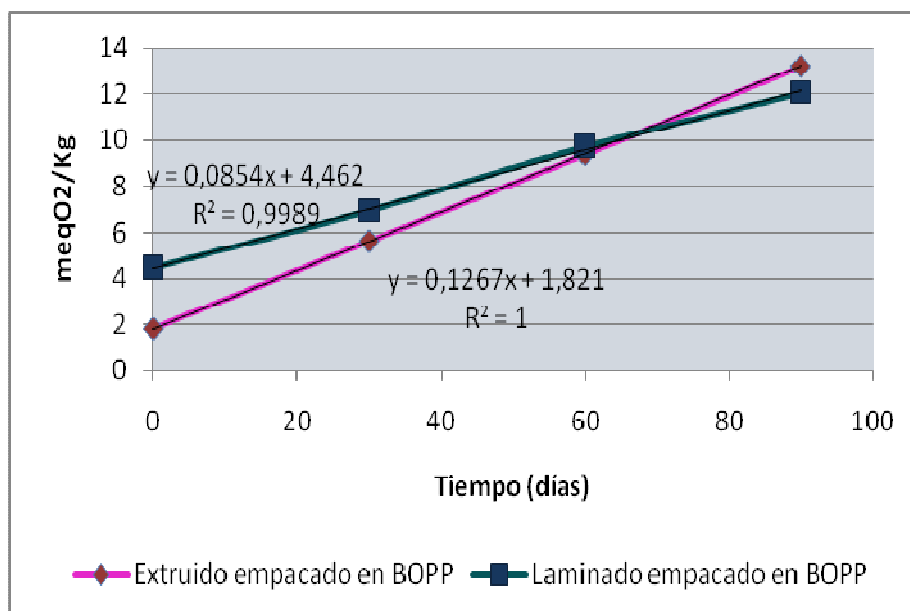


**Figura 39:** Variación del índice de peróxidos de los productos almacenados en BOPP y condiciones aceleradas

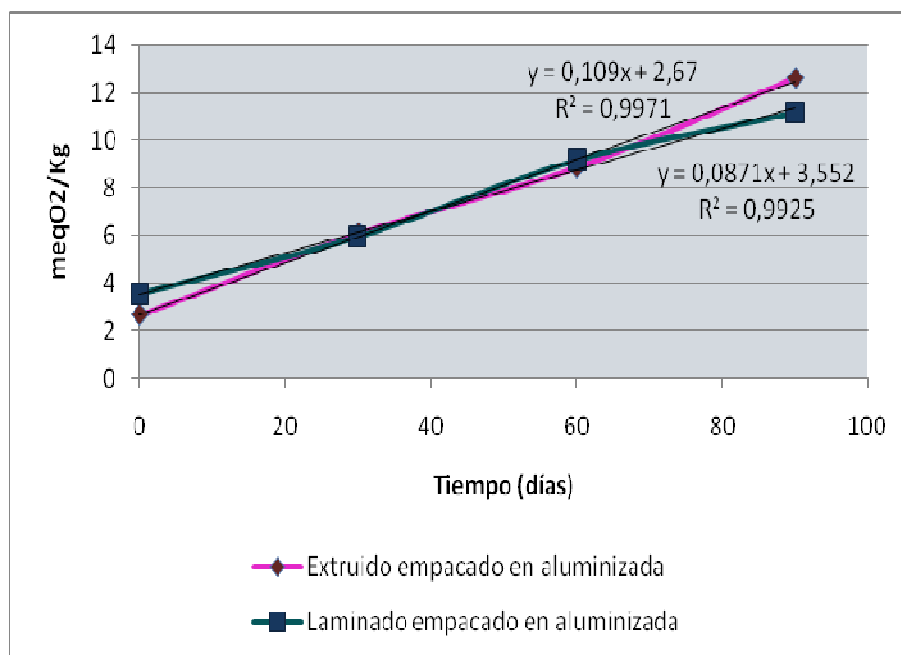


**Figura 40:** Variación del índice de peróxidos de los productos almacenados en empaque aluminizado y condiciones aceleradas

Las Figuras 41 y 42, se muestra la variación del índice de peróxidos para cada uno de los productos estudiados, almacenados en BOPP y en condiciones ambientales.



**Figura 41:** Variación del índice de peróxidos de los productos almacenados en BOPP y condiciones ambientales



**Figura 42:** Variación del índice de peróxidos de los productos almacenados en empaque aluminizado y condiciones ambientales

Mediante las ecuaciones de las Figuras 39, 40, 41 y 42 que relacionan el índice de peróxidos con el tiempo de almacenamiento, es posible determinar el tiempo en el que los productos alcanzarán una concentración de 20 meqO<sub>2</sub>/kg. Con base en los resultados obtenidos, se establecieron las siguientes relaciones:

$$\frac{\text{durabilidad del extruido, empaçado en BOPP, condiciones normales(144 días)}}{\text{durabilidad del extruido, en BOPP, condiciones aceleradas (108 días)}} = 1,33$$

$$\frac{\text{durabilidad del extruido, empaçado en funda aluminizada, c. normales(159 días)}}{\text{durabilidad del extruido, en f. aluminizada, condiciones aceleradas (84 días)}} = 1,89$$

$$\frac{\text{durabilidad del laminado, empaçado en BOPP, condiciones normales(183 días)}}{\text{durabilidad del laminado, en BOPP, condiciones aceleradas (143 días)}} = 1,28$$

$$\frac{\text{durabilidad del laminado, empaçado en f. aluminizada, c. normales(189 días)}}{\text{durabilidad del laminado, en f. aluminizada, condiciones aceleradas (98 días)}} = 1,93$$

Para el producto extruido, empaçado en BOPP, un día en condiciones aceleradas equivalen a un día en condiciones normales. A partir de esta relación se establece una durabilidad promedio de 144 días (5 meses). Para el extruido, empaçado en

funda aluminizada, un día en condiciones aceleradas, equivale a dos días en condiciones normales, por lo que se estableció una durabilidad de 159 días (5 meses). Para el laminado, empacado en BOPP, se determinó una durabilidad 183 días (6 meses), mientras que para el producto empacado en fundas laminadas de polipropileno metalizado (aluminizadas), se registró una durabilidad de 189 días (6 meses).

Se otorga mayor confiabilidad a la durabilidad estimada en base al índice de peróxido, debido a que este es un parámetro químico, cuyo método de determinación reviste mayor exactitud.

### 3.3.4 ESTIMACIÓN DE VIDA ÚTIL POR MEDIO DE SABOR Y TEXTURA

Además del sabor, la crocancia es una característica determinante para estimar el tiempo de vida útil de este tipo de productos, la pérdida de crocancia se debe a la absorción de humedad; ésta constituye la principal causa para el rechazo del producto por parte de los consumidores (Roberson, 1993).

Los resultados obtenidos del número de panelistas que eligieron la respuesta correcta durante el tiempo de monitoreo con los snacks laminados, almacenados bajo condiciones aceleradas (35°C, 90% HR) se reportan en la Tabla 34.

**Tabla 34:** Prueba triangular para laminados de quinua almacenados bajo condiciones aceleradas

	N	X					
		5 días	10 días	15 días	20 días	25 días	30 días
BOPP	12	4	5	8	8	9	10
	$P < 0,05$	0,607	0,368	0,019*	0,019*	0,004*	0,001*
ALU.	12	4	5	7	7	8	9
	$P < 0,05$	0,607	0,368	0,066	0,066	0,019*	0,004*

n = número de panelistas

X = nº de panelistas que eligieron la respuesta correcta

\* = Estadísticamente significativo



De los resultados obtenidos se deduce que la crocancia y el sabor del snack laminado, empaçado en funda de BOPP, empiezan a afectarse a partir del décimo quinto día de almacenamiento en condiciones aceleradas; el 66,66 % de catadores detectaron dicha diferencia. Mientras que en el snack laminado almacenado a las mismas condiciones pero en empaque aluminizado, mantuvo la crocancia por 25 días, a partir de este tiempo los panelistas detectaron una pérdida significativa de este atributo.

Los resultados para el snack laminado empaçado en BOPP y fundas aluminizadas y almacenado bajo condiciones ambientales, se reportan en la Tabla 35. Se determinó una pérdida significativa de la crocancia y alteración del sabor, a partir de los 45 días de almacenamiento en BOPP. Estos cambios fueron perceptibles a partir de los 75 días de almacenamiento del producto empaçado en funda aluminizada.

**Tabla 35:** Prueba triangular para laminados de quinua almacenados bajo condiciones ambientales

	n	X					
		15 días	30 días	45 días	60 días	75 días	90 días
BOPP	12	6	7	8	8	10	11
	<i>P &lt; 0,05</i>	0,178	0,066	0,019*	0,019*	0,001*	0*
ALU.	12	5	7	7	7	9	11
	<i>P &lt; 0,05</i>	0,368	0,066	0,066	0,066	0,004*	0*

n = número de panelistas

X = nº de panelistas que eligieron la respuesta correcta

\* = Estadísticamente significativo

En la Tabla 36, se reportan el número de panelistas que eligieron la respuesta correcta durante el tiempo de monitoreo con los snacks extruidos, almacenados bajo condiciones aceleradas y en los dos empaques estudiados.

**Tabla 36:** Prueba triangular para extruidos de quinua almacenados bajo condiciones aceleradas

	n	X					
		5 días	10 días	15 días	20 días	25 días	30 días
BOPP	12	9	11	11	10	12	12
	$P < 0,05$	0,004*	0*	0*	0,001*	0*	0*
ALU.	12	5	7	7	10	11	12
	$P < 0,05$	0,368	0,066	0,066	0,001*	0*	0*

n = número de panelistas

X = n° de panelistas que eligieron la respuesta correcta

\* = Estadísticamente significativo

Los datos de la Tabla 36 muestran que en los extruidos empacados en dos materiales diferentes (BOPP y empaque aluminizado) y bajo condiciones aceleradas, la disminución de la crocancia es perceptible en forma significativa, a partir de los veinte días de almacenamiento, cuando el 83,33% establecieron una marcada diferencia con el producto fresco.

Los resultados para la prueba triangular del snack extruido almacenado en condiciones ambientales y en dos empaques diferentes se muestran a continuación en la Tabla 37.

**Tabla 37:** Prueba triangular para extruidos de quinua almacenados bajo condiciones ambientales

	n	X					
		15 días	30 días	45 días	60 días	75 días	90 días
BOPP	12	7	8	8	9	10	12
	$P < 0,05$	0,066	0,019	0,019	0,004*	0,001*	0*
ALU.	12	6	7	8	9	9	11
	$P < 0,05$	0,178	0,066	0,019	0,004*	0,004*	0*

n = número de panelistas

X = n° de panelistas que eligieron la respuesta correcta

\* = Estadísticamente significativo

De los datos expuestos se deduce que los panelistas entrenados detectan una marcada diferencia con el producto fresco, a partir de los 60 días de

almacenamiento en condiciones ambientales del producto empacado en los dos tipos de materiales.

En resumen la vida útil del producto laminado, empacado en funda aluminizada y almacenado en condiciones ambientales es mayor (75 días) que la del extruido, manejado bajo las mismas condiciones (60 días).

### **3.4 ANÁLISIS FINANCIERO PARA DETERMINAR LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DEL SNACK TIPO LAMINADO**

Para la determinación de los costos de producción a escala de pequeña industria de un snack tipo laminado a partir de quinua, se consideran los siguientes puntos

- El funcionamiento de la planta es de 5 días a la semana, por 8 horas diarias.
- Optimización el uso del espacio de la planta.
- Accesibilidad de los vehículos a las áreas necesarias.

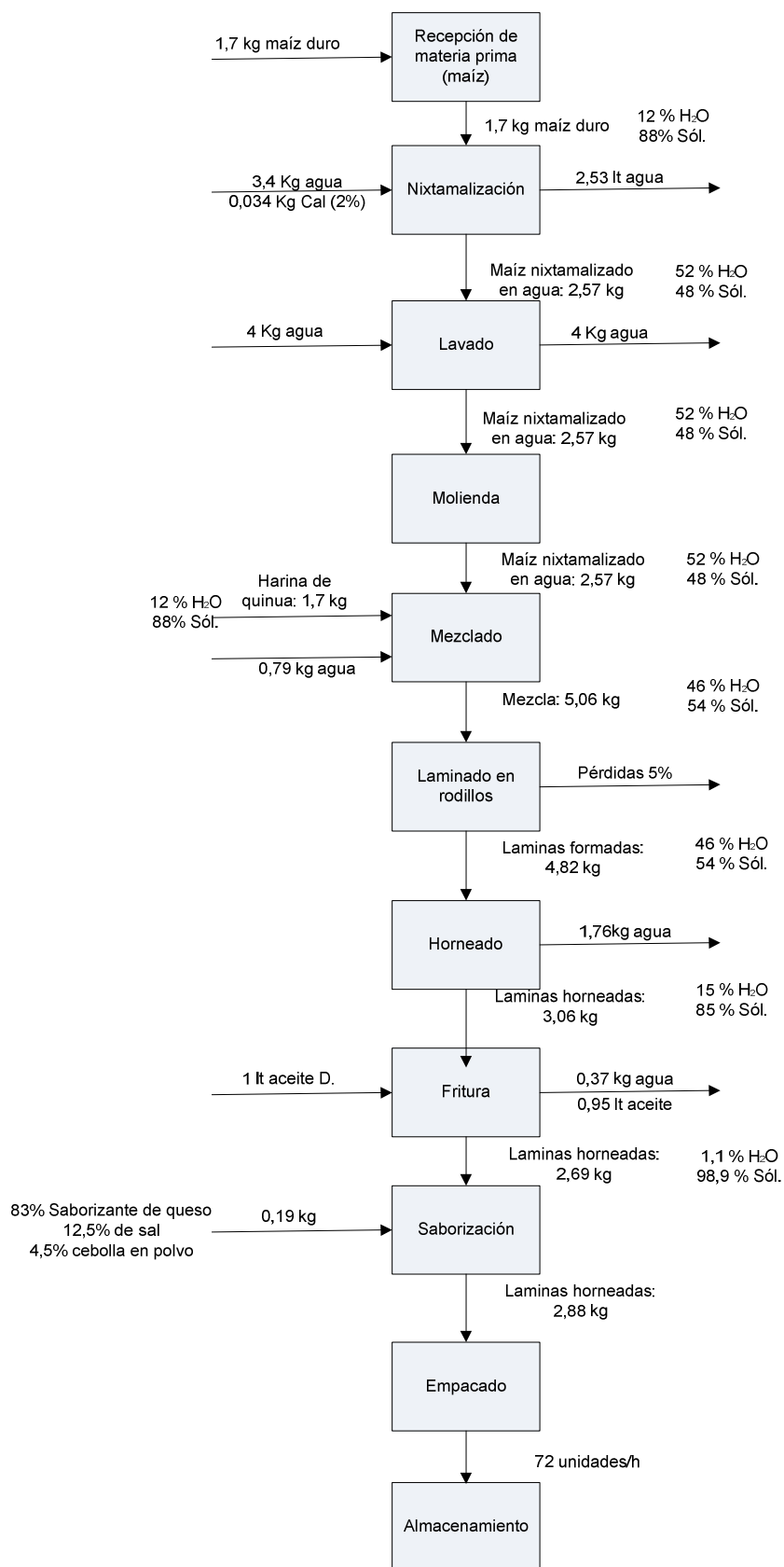
La planta procesadora se ubicará en la provincia de Chimborazo, específicamente en el cantón Colta por su representatividad del 100% en cuanto a producción de quinua dentro de la provincia, además de la disponibilidad de servicios como: agua potable, luz eléctrica, telefonía convencional (Quelal, 2010).

Los productos cubrirán el 6% de la demanda anual (93268kg/año) de productos tipo snack en supermercados y comisariatos de la ciudad de Quito. Por lo que la producción de la planta procesadora será de 23 Kg/día

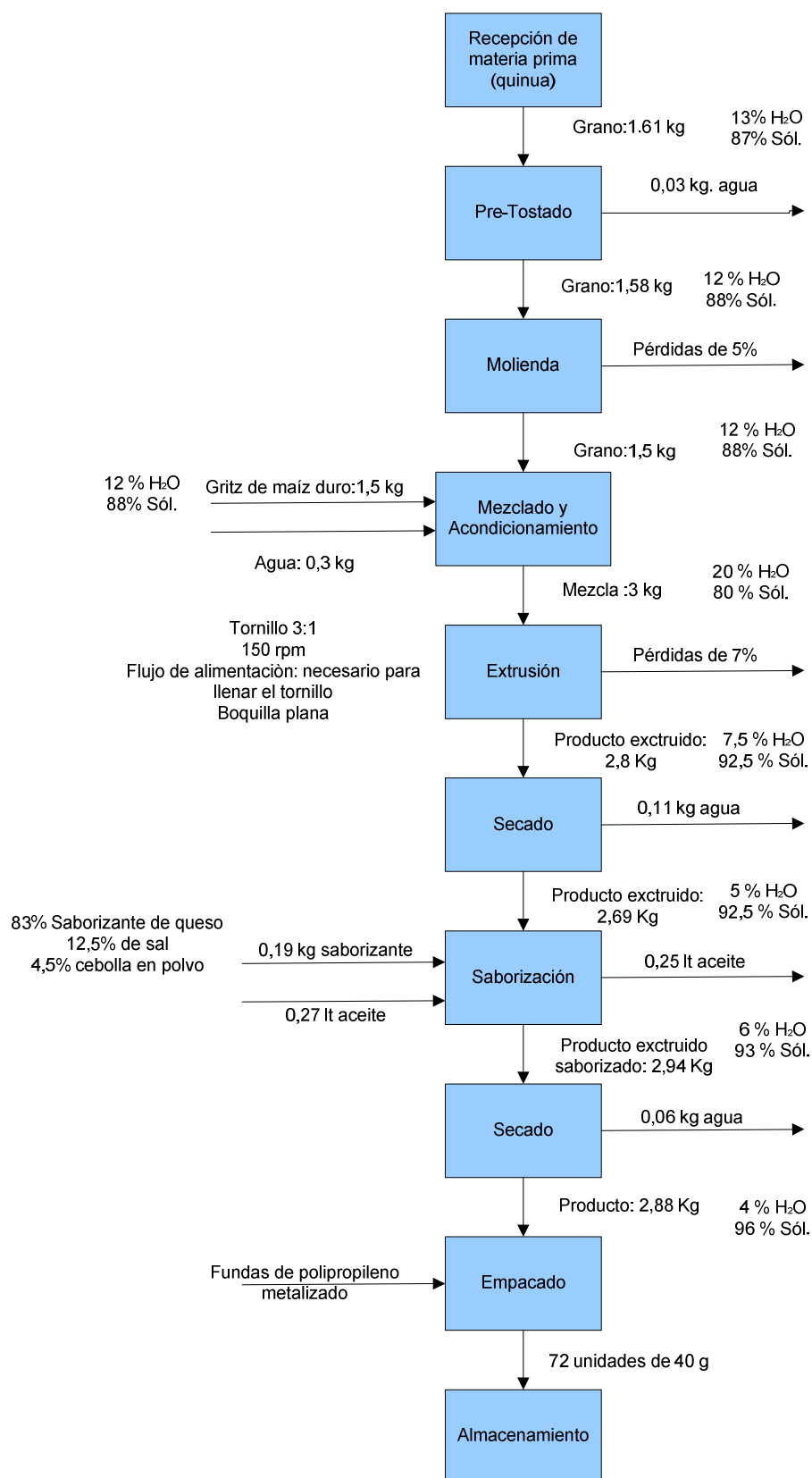
El producto se comercializará en presentaciones de 40g, por lo que se tendrá una producción de 575 unidades por día o 138000 unidades al año, tanto de snacks laminados como de snacks extruidos.

En las Figuras 43 y 44 se presentan los diagramas de bloques para los dos procesos mencionados. A partir de los mismos, se determinó los requerimientos

de materia prima y demás insumos. Para el proceso de laminado se partió de 1,7 kg de maíz y 1,7 kg de quinua y al final del proceso se obtuvieron 2,88 kg de snack laminado por hora, con un rendimiento de 84,7%. Para la extrusión se partió de 1,5 kg de griz de maíz y 1,5 kg de griz de quinua y al final del proceso se obtuvieron 2,88 kg de snack extruido por hora, con un rendimiento de 96%.



**Figura 43:** Diagrama de bloques para el proceso de laminado (72Unidades/h)



**Figura 44:** Diagrama de bloques para el proceso de extrusión (72 Unidades/h)

### 3.4.1 INVERSIÓN

CONCEPTO	Valor (Dólares)	%
Inversión fija	S/ 264 726	55,18
Capital de operación	S/ 214 987	44,82
<u>INVERSIÓN TOTAL</u>	S/ 479 713	100,00
<u>CAPITAL PROPIO</u>	S/ 431 742	90,00
<u>FINANCIAMIENTO</u>	S/ 47 971	10,00

La inversión para poner en marcha la planta piloto fue de 479 713 USD. La inversión fija consiste en todos los recursos tangibles (terrenos, muebles, maquinarias y equipos, etc.) y los no tangibles (gastos de constitución, etc.). El valor de la inversión fija fue de 264 726 USD que corresponde al 55% de la inversión total. El capital de operación (materia prima, mano de obra, insumos, etc.) son aquellos recursos que permiten que la planta pueda iniciar sus actividades, su valor fue de 214 987 USD que corresponde al 45% del total de la inversión.

#### 3.4.1.1 Inversión Fija

CONCEPTO	Valor (Dólares)	%
Terrenos y construcciones	S/ 156 850	59,25
Maquinaria y equipo	S/ 88 223	33,33
Otros activos	S/ 17 032	6,43
<u>SUMAN</u>	S/ 262 105	99,01
Imprevistos de la inversión fija (1%)	S/ 2 621	0,99
<u>TOTAL</u>	S/ 264 726	100,00

##### 3.4.1.1.1 Terrenos y Construcciones

CONCEPTO	Cantidad (m <sup>2</sup> )	Valor Unitario (Dólares)	Valor Total (Dólares)
Terreno	800,00	22,00	17 600,00
Fábrica	500,00	220,00	110 000,00
Oficinas y laboratorio	50,00	250,00	12 500,00
Exteriores y cerramiento	170,00	15,00	2 550,00
Bodegas	50,00	180,00	9 000,00
Vestidores y Baños	20,00	200,00	4 000,00
Guardianía	8,00	150,00	1 200,00
<u>TOTAL</u>			S/ 156 850,00

### 3.4.1.1.2 Maquinaria y Equipo

<u>DENOMINACIÓN</u>	<u>Cantidad</u> (Unidades)	<u>Valor Unitario</u> (Dólares)	<u>Valor Total</u> (Dólares)
Equipo de Producción			
Línea de extrusión	1	59000,00	59000,00
Línea tortilladora	1	18500	18500,00
Balanza	1	200,00	200,00
Balanza Digital	1	250,00	250,00
Tanque de Lavado	1	1500,00	1500,00
Selladora/empacadora	1	6000,00	6000,00
Total de equipo de producción			S/ 85 450
Gastos de Instalación y Montaje			S/ 2 773
Camión y vehículos de trabajo			S/ 18 000
<u>TOTAL</u>	-		S/ 88 223

Se determinó el costo de maquinaria y equipos utilizados en los procesos de extrusión y laminado de snacks de quinua. Para el cálculo se consideró el costo total para cada línea de producción, para la extrusión: mezcladora, extrusor, estufa; para el snack laminado (tortilla): molino de piedra, rodillos y moldes, bandas transportadoras, horno y freidora. El costo total, incluidos los gastos de instalación y montaje de los equipos así como camión y vehículos de trabajo, fue de 88 223 USD.

### 3.4.1.1.3 Otros Activos

<u>DENOMINACIÓN</u>	<u>Cantidad</u> (Unidades)	<u>Valor Unitario</u> (Dólares)	<u>Valor Total</u> (Dólares)
Equipos y muebles de oficina			
Computadoras	4	900	S/ 3 600,00
Sillas	10	20	S/ 200,00
Escritorio	5	80	S/ 400,00
Archivador	3	120	S/ 360,00
Teléfono	2	20	S/ 40,00
Fax	2	40	S/ 80,00
Total de equipos y muebles de oficina			S/ 4 680,00
Constitución de la sociedad			S/ 2 000,00
Material y suministros de laboratorio			S/ 3 000,00
Imprevistos 3% de Terrenos y construcciones y Maquinaria y Equipo			S/ 7 352,19
<u>TOTAL</u>	-		S/ 17 032,19



### 3.4.1.2 Capital de Operación

<u>DENOMINACIÓN</u>	<u>Tiempo</u> (meses)	<u>Dólares</u>	
Materiales Directos	12	S/	61 457
Mano de Obra Directa	12	S/	42 083
Carga Fabril*	12	S/	58 107
Gastos de administración*	12	S/	44 765
Gastos de venta	12	S/	8 575
<u>TOTAL</u>		S/	214 987

\* Sin depreciación ni amortización.

#### 3.4.1.2.1 Materiales Directos

<u>DENOMINACION</u>	<u>Cantidad Anual</u> (Kg)	<u>Valor Unitario</u> (USD)	<u>Valor Total</u> (USD)	
Quinoa desaponificada	6 517,20	1,50	S/	9 775,80
Maíz duro	6 150,56	0,30	S/	1 845,17
Aceite para extruidos	368,00	0,75	S/	276,00
Aceite DANOLIN (tanques 120 lt)	1 700	18,00	S/	30 591,13
Sal	92,59	0,30	S/	27,78
Saborizante de queso	641,22	8,00	S/	5 129,74
Cebolla en polvo	35,38	0,80	S/	28,31
Empaques	275 670,85	0,05	S/	13 783,54
<u>TOTAL</u>			S/	61 457,47

El total de costos de los materiales directos para la obtención de snacks extruidos y snacks laminados de quinua fue de 61 457,47 USD.

#### 3.4.1.2.2 Mano de obra directa

<u>DENOMINACION</u>	<u>N°</u>	<u>Sueldo Mensual</u> (dólares)		<u>Total Anual</u> (dólares)
Calificados	1	S/	400,00	S/ 4 800
Semi-calificados	2	S/	250,00	S/ 6 000
No calificados	8	S/	200,00	S/ 19 200
<u>SUMAN</u>				S/ 30 000
Cargas sociales (40,3)				S/ 12 083
<u>TOTAL</u>				S/ 42 083

Para el cálculo de mano de obra directa se considerará una persona calificada, dos personas semicalificadas y ocho personas no calificadas que se distribuyeron para las dos líneas de producción. El total de mano de obra directa fue de 42 083 USD incluidas las cargas sociales.

#### 3.4.1.2.3 Carga fabril

- Mano de obra indirecta

<u>DENOMINACIÓN</u>	<u>N°</u>	<u>Sueldo Mensual</u> (Dólares)	<u>Total Anual</u> (Dólares)
Guardia	1	S/ 200,00	S/ 2 400,00
Bodeguero	1	S/ 200,00	S/ 2 400,00
<u>SUMAN</u>			S/ 4 800,00
Cargas sociales (38,4%)			1 841,26
<u>TOTAL</u>			6 641,26

- Materiales indirectos

<u>DENOMINACIÓN</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Costo Unitario</u> (dólares)	<u>Costo Total</u> (dólares)
Materiales de limpieza	1	S/ 3 000,00	S/ 3 000
<u>TOTAL</u>			S/ 3 000

- Depreciación

<u>CONCEPTO</u>	<u>Vida Útil</u> (Años)	<u>Costo</u> (Dólares)	<u>Valor Anual</u> (Dólares)
Construcciones	20	S/ 156 850	S/ 7 843
Maquinaria y equipo	10	S/ 85 450	S/ 8 545
Vehículos	10	S/ 18 000	S/ 1 800
Computadoras	3	S/ 3 600	S/ 1 200
Imprevistos de la inversión fija	10	S/ 7 352	S/ 735
Gastos de puesta en marcha	10	S/ 2 773	S/ 277
<u>TOTAL</u>			S/ 20 400

- Suministros

<u>CONCEPTO</u>	<u>Cantidad</u> <u>mensual</u>	<u>Valor Unitario</u> (Dólares)	<u>Valor Total</u> (Dólares)
Energía eléctrica (Kw-h)	600	0,09	S/ 648
Combustible - diesel - (gal)	2 000	1,20	S/ 28 800
Agua (m <sup>3</sup> )	1 500	0,65	S/ 11 700
<u>TOTAL</u>			S/ 41 148

- Reparaciones y Mantenimiento

<u>CONCEPTO</u>	<u>%</u>	<u>Costo</u> (Dólares)	<u>Valor Total</u> (Dólares)
Maquinaria y equipo	2,0	S/ 88 223	S/ 1 764
Edificios y Construcciones	2,0	S/ 156 850	S/ 3 137
<b>TOTAL</b>			S/ 4 901

- Seguros

<u>CONCEPTO</u>	<u>%</u>	<u>Costo</u> US \$	<u>Valor Total</u> US \$
Maquinaria y equipo	1,0	S/ 88 223	S/ 882
Edificios y Construcciones	1,0	S/ 156 850	S/ 1 569
<b>TOTAL</b>			S/ 2 451

- Imprevistos de la carga fabril

<u>CONCEPTO</u>	<u>Valor Total</u> (Dólares)
Aprox. 1% de todos los rubros anteriores	S/ 785

#### 3.4.1.2.4 Gastos de administración

<u>PERSONAL</u>	<u>N°</u>	<u>Sueldo</u> <u>Mensual</u> (dólares)	<u>Total Anual</u> (dólares)
Gerente General	1	1 500	18 000,00
Secretaria	1	250	3 000,00
Contador	1	500	6 000,00
Chofer	2	250	6 000,00
<b>SUMAN</b>			33 000,00
Cargas sociales (33,2%)			10 967,83
<b>SUMAN</b>			43 967,83
Depreciación de muebles y equipo de oficina (10 años)			468,00
Amortización de constitución de la sociedad (10 años)			200,00
Depreciación Equipos laboratorio (10 años)			300,00
Gastos de oficina (suministros)			4 800,00
Imprevistos (1%)			497,36
<b>TOTAL</b>			50233,19

## 3.4.1.2.5 Gastos de ventas

<u>GASTOS DE PERSONAL</u>	<u>N°</u>	<u>Sueldo Mensual</u> (Dólares)	<u>Total Anual</u> (Dólares)
vendedores	2	S/ 200	S/ 4 800
<u>SUMAN</u>			S/ 4 800
Cargas sociales (35,2%)			S/ 1 690
<u>SUMAN</u>			S/ 6 490
<u>GASTOS DE PROMOCIÓN</u>			
publicidad y propaganda			S/ 2 000
<u>SUMAN</u>			S/ 8 490
Imprevistos (1%)			S/ 85
<u>TOTAL</u>			S/ 8 575

## 3.4.2 COSTO UNITARIO DEL PRODUCTO

<b>Rubros</b>	<b>Costos</b>	
	<b>Directos</b>	<b>Indirectos</b>
Materia prima	11 620,97	
Materiales directos	49 836,50	
Mano de obra directa	42 082,50	
Mano de obra indirecta		6 641,26
Materiales indirectos		3 000,00
Suministros		41 148,00
Reparación y mantenimiento		4 901,46
Seguros		2 450,73
Depreciación		20 400,02
Imprevistos		785,41
Amortización		200,00
<b>Subtotales</b>	<b>103 539,97</b>	<b>79 526,89</b>
<b>Costo de producción</b>	<b>183 066,86</b>	
Gastos administrativos	50 233,19	
Gastos financieros	6 236,27	
<b>Subtotales</b>	<b>56 469,46</b>	
<b>Costo Total</b>	<b>239 536,32</b>	
Unidades producidas (año)	27 6000	
<b>Costo Unitario</b>	<b>0,87</b>	

El costo unitario del producto (snack laminado y snack extruido) sin ganancias fue de 0,87 USD, con una cantidad de unidades producidas de 27 600 anuales.

### 3.4.2.1 Costos de Producción

<u>CONCEPTO</u>	<u>Dólares</u>	<u>%</u>
Materiales directos	S/ 61 457	33,571
Mano de obra directa	S/ 42 083	22,988
Carga fabril		
a) Mano de obra indirecta	S/ 6 641	3,628
b) Materiales indirectos	S/ 3 000	1,639
c) Depreciación	S/ 20 400	11,143
e) Suministros	S/ 41 148	22,477
d) Reparación y mantenimiento	S/ 4 901	2,677
f) Seguros	S/ 2 451	1,339
g) Imprevistos	S/ 785	0,429
h) Amortizaciones	S/ 200	0,109
<u>TOTAL</u>	S/ 183 067	100,000

Los costos de producción fueron de 183 067 USD, donde el rubro que más influye en este gasto fue el de la materia prima que representa a un 34% de todos estos costos. La quinua es un grano caro en comparación con el tradicional (maíz) para realizar este tipo de productos.

### 3.4.2.2 Gastos Financieros

<u>CONCEPTO</u>	<u>Tasa</u>	<u>Dólares</u>
Intereses del préstamo	13,00	S/ 6 236
<u>TOTAL</u>		S/ 6 236

Se pagó al año 6 236 USD por los intereses del financiamiento de 47 971 USD que fue adquirido al principio de puesta en marcha de la planta procesadora.

### 3.4.3 VENTAS NETAS

<u>PRODUCTO (S)</u>	<u>Cantidad</u> (Unidades)	<u>Valor Unitario</u> (Dólares)	<u>Valor Total</u> (Dólares)
Snack extruido	138 000	S/ 1,00	S/ 137 733
Snack laminado	138 000	S/ 1,00	S/ 137 733
<u>TOTAL</u>	276 000		S/ 275 467

Se considera el 15% de ganancias para determinar el precio de venta al público por unidad de producto (funda de 40 g), por lo que el producto llegaría al consumidor a un precio de \$1,00.

Los snacks que se expenden en los supermercados en su mayoría son elaborados únicamente con maíz, por lo que el precio del snack laminado y del snack extruido de quinua no es competitivo. El precio de los snacks de quinua es tres veces el precio de los snacks de maíz de similar tamaño de presentación.

### 3.4.4 ESTADO DE RESULTADOS PROYECTADO A 5 AÑOS

RUBROS	AÑOS				
	1	2	3	4	5
Ventas netas	550933,54	787834,96	1126603,99	1611043,70	2303792,49
- Costo de producción	183066,86	198499,78	215476,00	234149,84	254691,06
<b>= UTILIDAD BRUTA</b>	<b>367866,68</b>	<b>589335,17</b>	<b>911127,99</b>	<b>1376893,87</b>	<b>2049101,44</b>
- Gastos de administración	50233,19	50233,19	50233,19	50233,19	50233,19
<b>= UTILIDAD OPERACIONAL</b>	<b>317633,49</b>	<b>539101,98</b>	<b>860894,80</b>	<b>1326660,67</b>	<b>1998868,24</b>
- Gastos financieros	6236,27	6236,27	6236,27	6236,27	6236,27
<b>= Utilidad antes de participación</b>	<b>311397,22</b>	<b>532865,71</b>	<b>854658,53</b>	<b>1320424,40</b>	<b>1992631,97</b>
- 15% Participación trabajadores	46709,58	79929,86	128198,78	198063,66	298894,80
<b>= Utilidad antes de impuestos</b>	<b>264687,63</b>	<b>452935,86</b>	<b>726459,75</b>	<b>1122360,74</b>	<b>1693737,18</b>
- 25% Impuesto a la Renta	66171,91	113233,96	181614,94	280590,19	423434,29
<b>= UTILIDAD NETA</b>	<b>198515,72</b>	<b>339701,89</b>	<b>544844,81</b>	<b>841770,56</b>	<b>1270302,88</b>

La utilidad neta para el primer año será de 198 515,72 USD y para el quinto año será de 1 270 302,88 USD. El estado de resultados o estado de pérdidas y ganancias representa cómo se obtuvo el resultado del ejercicio (neto) durante un determinado período de tiempo, en este caso fue proyectado para 5 años. Se entiende por utilidad neta, la utilidad resultante después de restar y sumar de la utilidad operacional, los gastos e Ingresos no operacionales respectivamente, los impuestos y el impuesto a la renta. Es la utilidad que efectivamente se distribuye a los socios.

### 3.4.5 PUNTO DE EQUILIBRIO

Se encontró que los costos fijos para la producción establecida, tuvieron un valor de 144 371 USD y el valor de los costos variables fue de 103 540 USD. El punto de equilibrio es cuando no se generan ni pérdidas ni ganancias; es decir, cuando se trabaje sobre el 84% de la capacidad instalada de la planta, es donde se obtendrán ganancias.

DESCRIPCIÓN	<u>Costos Fijos</u> (Dólares)	<u>Costos Variables</u> <u>Totales (Dólares)</u>
<u>Materiales Directos</u>		S/ 61 457
<u>Mano de Obra Directa</u>		S/ 42 083
<u>Carga Fabril</u>		
Mano de obra indirecta	S/ 6 641	
Materiales indirectos	S/ 3 000	
Depreciación	S/ 20 400	
Suministros	S/ 41 148	
Reparaciones y mantenimiento	S/ 4 901	
Seguros	S/ 2 451	
Imprevistos	S/ 785	
Gastos de ventas	S/ 8 575	
Gastos administración, generales	S/ 50 233	
Gastos financieros	S/ 6236	
<b>TOTAL</b>	S/ 144 371	S/ 103 540
Punto de Equilibrio (%)	83,97	

### 3.4.6 CONDICIONES DE CRÉDITO

Concepto	Condición	
Monto	47971,30	dólares
Tasa de interés	14	% anual
Plazo	5 años	
Período de pago	Mensual	
Forma de amortización	Dividendo constante	

Las condiciones de Credito para el financiamiento de parte de la inversión inicial (47 971 USD) tendrá una tasa de interés del 14% con un plazo de 5 años. El período de pago será mensual y la forma de amortización utilizada será la de dividendo constante.

### 3.4.7 AMORTIZACIÓN Y GASTOS FINANCIEROS (INTERÉS)

Periodo	Capital Adedudado	Interes	Amortizacion	Cuota Fija	Saldo de Capital
1	47971,30	559,67	556,54	1116,21	47414,76
2	47414,76	553,17	563,04	1116,21	46851,72
3	46851,72	546,60	569,60	1116,21	46282,12
4	46282,12	539,96	576,25	1116,21	45705,87
5	45705,87	533,24	582,97	1116,21	45122,90
6	45122,90	526,43	589,77	1116,21	44533,12
7	44533,12	519,55	596,66	1116,21	43936,47
8	43936,47	512,59	603,62	1116,21	43332,85
9	43332,85	505,55	610,66	1116,21	42722,19
10	42722,19	498,43	617,78	1116,21	42104,41
11	42104,41	491,22	624,99	1116,21	41479,42
12	41479,42	483,93	632,28	1116,21	40847,14
<b>Sub Total</b>	<b>537457,13</b>	<b>6270,33</b>	<b>7124,17</b>	<b>13394,50</b>	<b>530332,97</b>
13	40847,14	476,55	639,66	1116,21	40207,48
14	40207,48	469,09	647,12	1116,21	39560,36
15	39560,36	461,54	654,67	1116,21	38905,69
16	38905,69	453,90	662,31	1116,21	38243,38
17	38243,38	446,17	670,04	1116,21	37573,34
18	37573,34	438,36	677,85	1116,21	36895,49
19	36895,49	430,45	685,76	1116,21	36209,73
20	36209,73	422,45	693,76	1116,21	35515,97
21	35515,97	414,35	701,86	1116,21	34814,11
22	34814,11	406,16	710,04	1116,21	34104,07
23	34104,07	397,88	718,33	1116,21	33385,74
24	33385,74	389,50	726,71	1116,21	32659,03
<b>Sub Total</b>	<b>446262,49</b>	<b>5206,40</b>	<b>8188,10</b>	<b>13394,50</b>	<b>438074,38</b>
25	32659,03	381,02	735,19	1116,21	31923,85
26	31923,85	372,44	743,76	1116,21	31180,08
27	31180,08	363,77	752,44	1116,21	30427,64
28	30427,64	354,99	761,22	1116,21	29666,42
29	29666,42	346,11	770,10	1116,21	28896,32
30	28896,32	337,12	779,08	1116,21	28117,24
31	28117,24	328,03	788,17	1116,21	27329,06
32	27329,06	318,84	797,37	1116,21	26531,70
33	26531,70	309,54	806,67	1116,21	25725,02
34	25725,02	300,13	816,08	1116,21	24908,94
35	24908,94	290,60	825,60	1116,21	24083,34
36	24083,34	280,97	835,24	1116,21	23248,10
<b>Sub Total</b>	<b>341448,65</b>	<b>3983,57</b>	<b>9410,93</b>	<b>13394,50</b>	<b>332037,72</b>
37	23248,10	271,23	844,98	1116,21	22403,12
38	22403,12	261,37	854,84	1116,21	21548,28
39	21548,28	251,40	864,81	1116,21	20683,47
40	20683,47	241,31	874,90	1116,21	19808,57



Continuación...

Periodo	Capital Adedudado	Interes	Amortizacion	Cuota Fija	Saldo de Capital
41	19808,57	231,10	885,11	1116,21	18923,46
42	18923,46	220,77	895,43	1116,21	18028,03
43	18028,03	210,33	905,88	1116,21	17122,14
44	17122,14	199,76	916,45	1116,21	16205,69
45	16205,69	189,07	927,14	1116,21	15278,55
46	15278,55	178,25	937,96	1116,21	14340,59
47	14340,59	167,31	948,90	1116,21	13391,69
48	13391,69	156,24	959,97	1116,21	12431,72
<b>Sub Total</b>	<b>220981,70</b>	<b>2578,12</b>	<b>10816,38</b>	<b>13394,50</b>	<b>210165,32</b>
49	12431,72	145,04	971,17	1116,21	11460,55
50	11460,55	133,71	982,50	1116,21	10478,05
51	10478,05	122,24	993,96	1116,21	9484,08
52	9484,08	110,65	1005,56	1116,21	8478,52
53	8478,52	98,92	1017,29	1116,21	7461,23
54	7461,23	87,05	1029,16	1116,21	6432,07
55	6432,07	75,04	1041,17	1116,21	5390,90
56	5390,90	62,89	1053,31	1116,21	4337,59
57	4337,59	50,61	1065,60	1116,21	3271,98
58	3271,98	38,17	1078,04	1116,21	2193,95
59	2193,95	25,60	1090,61	1116,21	1103,34
60	1103,34	12,87	1103,34	1116,21	0,00
<b>Sub Total</b>	<b>82523,97</b>	<b>962,78</b>	<b>12431,72</b>	<b>13394,50</b>	<b>70092,25</b>
<b>Total</b>	<b>1628673,94</b>	<b>19001,20</b>	<b>47971,30</b>	<b>66972,50</b>	<b>1580702,64</b>

Se realizó la amortización para los 60 meses (5 años) que fueron considerados en las condiciones de crédito. Amortizar es el proceso financiero mediante el cual se extingue, gradualmente, una deuda por medio de pagos periódicos, que pueden ser iguales o diferentes. En las amortizaciones de una deuda, cada pago o cuota que se entrega sirve para pagar los intereses y reducir el importe de la deuda. El valor total por concepto de amortización para el primer año fue de 1 628 673,94 USD.

### 3.4.8 FLUJO DE CAJA

Años	Utilidad Neta	Depreciación y Amortización (+)	Capital de trabajo (+)	Valor residual (+)	Inversión (-)	Préstamo (+)	Amortización (-)	Flujo de efectivo (=)	Flujo deflactado
0					481713,04	47971,30		-433741,73	-433741,73
1	198515,72	20600,02					7124,17	211991,58	81731,93
2	339701,89	20600,02					8188,10	352113,81	291003,15
3	544844,81	20600,02					9410,93	556033,90	417756,50
4	841770,56	20600,02					10816,38	851554,20	581622,97
5	1270302,88	20600,02	214986,80	102000,10			12431,72	1595458,07	990653,94

Por Flujo neto de Caja, se entiende la suma de todos los cobros menos todos los pagos efectuados durante la vida útil del proyecto de inversión. El objetivo fundamental del flujo de caja es apreciar, por período, el resultado neto de ingresos de dinero menos egresos de dinero, es decir, en qué período va a sobrar o a faltar dinero, y cuánto, a fin de tomar decisiones sobre qué se hace.

### 3.4.9 VALOR ACTUAL NETO (VAN) Y TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

<b>VAN</b>	1002.726,25
<b>TIR</b>	88%

El VAN toma en cuenta el valor del dinero en el tiempo. El VAN es un indicador financiero que mide los flujos de los futuros ingresos y egresos que tendrá un proyecto, para determinar, si luego de descontar la inversión inicial, nos quedaría alguna ganancia. Si el resultado es positivo, el proyecto es viable. El valor obtenido fue de 1 002 726, 25 por lo que se considera al proyecto viable.

La TIR o rendimiento, mide el mérito del proyecto, es decir el retorno de la inversión, a través de la determinación de una tasa que permita igualar el VAN a cero. El valor de TIR calculado fue de 88%, superior a la tasa de interés de 14%, por lo que el proyecto se considera rentable. La razón es que el proyecto da una rentabilidad mayor que la rentabilidad mínima requerida (el coste de oportunidad).

## 4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 CONCLUSIONES

- Las condiciones tecnológicas apropiadas para la obtención de snacks por el proceso de extrusión corresponden al tratamiento  $a_2b_1c_2$ , con 50% maíz, 50% quinua, 20% Humedad para el acondicionamiento de la mezcla de los griz y un perfil de temperatura de 130 – 130 -180°C, el factor decisivo para la elección fue el análisis sensorial afectivo.
- Las condiciones apropiadas para la obtención de snacks laminados corresponde al tratamiento  $a_2b_1c_1$ , con 50 % de maíz, 50 % quinua, 44 % de humedad de las masas y 130°C para la temperatura de fritura, el factor decisivo para la elección fue el análisis sensorial afectivo.
- La caracterización del snack laminado de quinua presentó un aporte nutricional 3,30% de humedad, 1,78% (b.s.) de grasa, 10,69% (b.s.) de proteína, 3% de fibra dietética soluble, 0,01 mg/100g de vitamina B<sub>2</sub> y minerales, entre los que destacan el potasio (0,58% b.s.), fósforo (0,35% b.s.), hierro (55 ppm b.s.) y zinc (26 ppm b.s.).
- La caracterización del snack extruido de quinua presentó un aporte nutricional 6,33% de humedad, 2,53% (b.s.) de grasa, 12,51% (b.s.) de proteína, 1,09% de fibra dietética soluble, 15,70 mg/100g de vitamina B<sub>1</sub>, 0,33 mg/100g de vitamina B<sub>6</sub>, 0,06 mg/100g de vitamina B<sub>2</sub> y minerales, entre los que destacan el potasio (0,53% b.s.), fósforo (0,42% b.s.), hierro (58 ppm b.s.) y zinc (25 ppm b.s.).
- Durante la fase de almacenamiento se determinó que el empaque de polipropileno metalizado laminado proporciona mejor estabilidad, al

mantener valores de  $a_w < 0,5$ , factor que impidió el libre desarrollo de microorganismos y garantiza la calidad sanitaria del producto.

- Los factores claves para determinar el tiempo de vida útil del producto fue la pérdida de crocancia, característica relacionada directamente con el valor de  $a_w$ ; además el índice de peróxidos, parámetro al que se otorgó mayor confiabilidad por ser un parámetro químico que reviste mayor exactitud.
- Se determinó que la durabilidad promedio para el producto extruído, empacado en funda de polipropileno biorientado es de 144 días (5 meses). Para el extruído, empacado en funda aluminizada, la durabilidad promedio es de 159 días (5 meses). Mientras que la durabilidad promedio del snack laminado, empacado en BOPP, se determinó una durabilidad 183 días (6 meses), y para el producto empacado en fundas laminadas de polipropileno metalizado (aluminizadas), se registró una durabilidad de 189 días (6 meses).
- De acuerdo al análisis financiero a nivel de pequeña industria, el costo de producción (incluye gastos de ventas, administración y financiamiento) para cada producto en presentación de 40 g es de \$0,87, con un precio de venta de \$ 1,00; el punto de equilibrio se alcanza al operar el 83,97% de la capacidad instalada.
- Según el análisis del VAN (1002.726,25 USD) y de la TIR (88%), el proyecto para la producción de snacks tipo laminado de quinua, es viable para un período de cinco años, pudiera extenderse según la aceptación del consumidor.

## **4.2 RECOMENDACIONES**

- En base al estudio, fijar nuevas técnicas para la saborización, para tener una adherencia más homogénea sobre los snacks y evitar la absorción excesiva de aceite en los mismos.
- Se recomienda realizar un estudio de mercado para determinar la posible demanda nacional, así también se identificarían los nichos de mercado, sin dejar de lado la posibilidad de exportación del producto, ya que en países europeos tienen mucha acogida.

## Bibliografía

1. Aguilera, J., 2002, "Fritura de Alimentos" en Temas en Tecnología de Alimentos, Volumen 1, Primera Reimpresión, Editorial Alfaomega, p.p.: 187-192
2. Álvarez, M; Pavón, J; Von Rütte, S., 2002, "Caracterización", La quinua hacia su cultivo comercial (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias), 1 disco compacto, 8 mm.
3. Apró, N., Rodriguez, J., Gornatti, C., Cuadrado, C., Secreto, P., 2002., "La extrusión como tecnología flexible de procesamiento de alimentos", [www4.inti.gov.ar/GD/jornadas2000/Pdf/cempam-064.pdf](http://www4.inti.gov.ar/GD/jornadas2000/Pdf/cempam-064.pdf), (Mayo, 2009).
4. Astiasarán, I., Martínez, A., 2000, "Alimentos, Composición y Propiedades", McGraw-Hill, Segunda Edición, México D.F., p.: 325.
5. Ayala, G., Ortega, L., Morón, C., 2001, "Valor Nutritivo y Usos de la Quinua", <http://www.fao.org>, (Marzo, 2009).
6. Bravo, J., Ruales, J., Sanjuan, N., Clemente, G., 2006., "Innovaciones en el proceso de fritura: fritura al vacío" en Alimentación: equipos y tecnología (No. 209), Madrid-España, p.: 87.
7. Brennan, J., 2008, "Manual del procesado de los alimentos", Editorial Acribia, S.A., Zaragoza-España, p.: 314.
8. Callejo, M., 2002, "Industrias de Cereales y derivados", Primera edición, AMV Ediciones, Madrid – España, pp.: 313 – 318.
9. Carrasco, R., Espinoza, C., Jacobsen, E., 2001, "Valor Nutricional y Usos de la Quinua (*Chenopodium quinoa*) y de la Kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*)".

10. Cáceres, A., 1997, "Tiamina", Instituto Superior de Ciencias Médicas. Vicerrectoría de Investigaciones, [www.bvs.sld.cu/revistas/san/vol1\\_1\\_97/san05197.pdf](http://www.bvs.sld.cu/revistas/san/vol1_1_97/san05197.pdf), (Junio, 2010)
11. Coles, R.; Mc Dowell, D.; Kirwan, A. 2004. "Manual de envasado de alimentos y bebidas", Ediciones Mundi Prensa, Madrid, España, p. 190.
12. Contreras, B., 2009, "Caracterización de harina de maíz instantánea obtenida por calentamiento óhmico", <http://www.itzamna.bnct.ipn.mx:8080/dspace/bitstream/123456789/4899/1/BLCJ.PDF>, (Junio, 2010)
13. CORPEI – CBI, 2005, "Perfil del producto Quinoa. Proyecto CORPEI – CBI Expansión de la Oferta Exportable del Ecuador", [www.ecuadorcalidaddeorigen.com/productos\\_down/perfil\\_quinoa\\_2005743.pdf](http://www.ecuadorcalidaddeorigen.com/productos_down/perfil_quinoa_2005743.pdf), (Noviembre, 2008)
14. Crespo, S., Burbano, M., Vasco, A., 1990, "INIAP H\_551 Híbrido de Maíz para la Zona Central del Litoral", INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias), Plegable No. 112.
15. CRS (Catholic Relief Services), CIP (Centro Internacional de la Papa), FAO, 2003, "Estudio de Quinoa", <http://www.infoagro.net/shared/docs/a5/cproandinos5.PDF>, (Abril, 2009).
16. Cuéllar, N.; Alba, A., 2008, "Ciencia, Tecnología e Industria de Alimentos", Grupo Latino Editores, Primera Edición, Bogotá – Colombia, pp.: 40 – 42.
17. De la Roche, J. 2005, "La Quinoa en el Ecuador", Grupo Consultor de la Quinoa, Quito – Ecuador, p.: 29 y 30.
18. Ecovisiones, 2007, "La quinoa", <http://www.ecovisiones.cl/ecovida/nutricion/alimentos/quinoa.htm>, (Abril, 2009)

19. Egan, H., Kirk, R., Sawyer, R., 2002, "Composición y Análisis de Alimentos de Pearson", 9na Ed., México, p.: 258.
20. ENIGHU, 2004, "Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de Hogares Urbanos. Resultados anuales Febrero 2003 – Enero 2004. Quito-Guayaquil". Tomo 2, Ecuador.
21. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, EC). Consultora: Inés Llumiquinga, 2006, "Caracterización del Mercado de Quinoa en el Ecuador", Quito-Ecuador, p. 7-9, 37-40
22. FAO, 1993, "El maíz en la nutrición humana", <http://www.fao.org>, (Abril, 2009)
23. Fellows, P., 1993, "Tecnología del proceso de los alimentos: principios y prácticas", Editorial Acribia, Zaragoza – España, p.: 325
24. Fontúrbel, F., 2004?, "Problemática de la producción y comercialización de *Chenopodium quinoa* W. (Chenopodiaceae), debida a la presencia de las saponinas", <http://www.cabierta.uchile.cl/revista/21/articulos/pdf/paper6.doc>, (Abril, 2009)
25. Gandarillas, H., 1982, "El Cultivo de la Quinoa", Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios. Instituto Bolivariano de Tecnología Agropecuaria. Centro Internacional de Investigación, La Paz, Bolivia, p.: 8
26. García, J., s.f., "Revisión de aplicaciones de extrusión", <http://www.ainia.es/pdf/extrusion/aplicacionesdeextrusion.pdf>, (Mayo, 2009).
27. García, M., 2008, "Aperitivos obtenidos a partir de cereales", <http://www.ugr.es/~mgroman/materiales/t8.pdf>, (Noviembre, 2008)



28. Garduño, G., 2000, "El origen del maíz" <http://www.uaemex.mx>, (Abril, 2009)
29. Gimferrer, N., 2009, "Extrusión de alimentos, dar nuevas formas y texturas", <http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/ciencia-y-tecnologia/2009/03/09/183869.php>, (Mayo, 2009).
30. Goycoolea, A., 2007, "Historia del Maíz", [http://www.inforural.com.mx/producto.php?&id\\_rubrique=18&id\\_article=8052](http://www.inforural.com.mx/producto.php?&id_rubrique=18&id_article=8052), (Abril, 2009)
31. Guy, R., 2002, "Extrusión de Alimentos", Editorial Acribia S.A., Zaragoza-España, pp.: 137-145, 161-170.
32. GTZ, IICA, INIAP, ERPE, 2001, "Manual de Producción de Quinoa de Calidad en el Ecuador", [http://www.concope.gov.ec/Ecuaterritorial/paginas/Apoyo\\_Agro/Tecnologia\\_innovacion/Agricola/Cultivos\\_Tradicionales/Manuales/Marroz\\_quinoa/Manual\\_Quinoa.htm](http://www.concope.gov.ec/Ecuaterritorial/paginas/Apoyo_Agro/Tecnologia_innovacion/Agricola/Cultivos_Tradicionales/Manuales/Marroz_quinoa/Manual_Quinoa.htm), (Noviembre 16, 2008)
33. Harper, J., 1992, "Desarrollo Histórico de la Extrusión" en "Memorias del Seminario Taller sobre Extrusión de Alimentos", Escuela Politécnica Nacional, Quito – Ecuador, p.: 4.
34. Hernández, H., Gallardo, Y., 2002, "Composición parcial de Polisacáridos de las Fibras de Chayote, Brócoli y Mamey" en Temas en Tecnología de Alimentos, Volumen 2. Fibra Dietética, Primera Reimpresión, Editorial Alfaomega, p.p.: 43 - 44.
35. Ibarra, D., 1999, "Tras las huellas del origen del maíz", Organización de Estados Iberoamericanos, <http://www.oei.org.co/sii/entrega10/art09.htm>, (Abril, 2009).
36. Industria Alimenticia, 2009, "Las mil y un Virtud de los Ingredientes" en Revista Alimenticia, [www.industriaalimenticia.com](http://www.industriaalimenticia.com), Volumen 20, número 7, pp.: 30-38, (Agosto, 2009)

37. INTI (Instituto Nacional de Tecnología Industrial), 2000, “La extrusión como tecnología flexible de procesamiento de alimentos” en Jornadas de Desarrollo e Innovación, [www.inti.gov.ar/GD/jornadas2000/Pdf/cempam-064.pdf](http://www.inti.gov.ar/GD/jornadas2000/Pdf/cempam-064.pdf), (Mayo, 2009)
38. Junovich, A., 2003, “La quinua en el Ecuador a través del III Censo Nacional Agropecuario”, [www.sica.gov.ec/censo/contenido/quinua.pdf](http://www.sica.gov.ec/censo/contenido/quinua.pdf), (Noviembre, 2008)
39. Kent, NL, 1982, “Technology of Cereals”, Tercera Edición, Pergamon Press, Oxford- EEUU, pp.: 30, 193 -199
40. Konopacka, S.; Plochanski, K; Beveridge, 2002, “Journal of Food Science”, Vol. 57, p.: 87.
41. Koziot, M., 2002, “Composición Química”, La quinua hacia su cultivo comercial (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias), 1 disco compacto, 8 mm.
42. Kuklinski, C., 2003, “Nutrición y Bromatología”, Editorial Omega, Barcelona – España, p.: 21 – 24, 63.
43. Madrid, A. y Madrid, J., 2001, “Normas de Calidad de Alimentos y Bebidas”, Primera edición, AMV Ediciones, Madrid-España, pp.: 511.
44. MAG e IICA, 2002?, “Maíz Amarillo Duro”, [www.sica.gov.ec/agronegocios/Biblioteca/Convenio%20MAG%20IICA/productos/maiz\\_mag.pdf](http://www.sica.gov.ec/agronegocios/Biblioteca/Convenio%20MAG%20IICA/productos/maiz_mag.pdf), (Noviembre, 2008)
45. “Manual de Producción de Quinua de Calidad en el Ecuador”, [http://www.concope.gov.ec/Ecuaterritorial/paginas/Apoyo\\_Agro/Tecnologia\\_innovacion/Agricola/Cultivos\\_Tradicionales/Manuales/Marroz\\_quinua/Manual\\_Quinua.htm](http://www.concope.gov.ec/Ecuaterritorial/paginas/Apoyo_Agro/Tecnologia_innovacion/Agricola/Cultivos_Tradicionales/Manuales/Marroz_quinua/Manual_Quinua.htm), (Noviembre, 2008).

46. Mazón, N; Peralta, E; Monar, C; Subía, C; Rivera, M., 2008, "INIAP "Pata de Venado" (*Taruka chaki*) Variedad de quinua, precoz y de grano dulce", INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias), Plegable No. 261.
47. Marca, M., 2001?, "Informe final sobre procesos e investigaciones agroindustriales en quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.)", [www.bvcooperacion.pe:8080/biblioteca/bitstream/123456789/738/1/BVCI000079.pdf](http://www.bvcooperacion.pe:8080/biblioteca/bitstream/123456789/738/1/BVCI000079.pdf), (Abril, 2009).
48. Mendoza, G., 1993, "Alternativas de Producción y Consumo de Quinoa en Colombia", [www.siju.gov.co/downloads/investigaciones/pdf\\_055.pdf](http://www.siju.gov.co/downloads/investigaciones/pdf_055.pdf), (Abril 1, 2009)
49. Mercier, C., Linko, P., Harper, J., 1989, "Extrusion cooking", American Association of Cereal Chemists, Inc., Minnesota-USA, p.: 410
50. MotherGrain, 2005, "Los beneficios de la Quinoa", [www.mothergrain.com/nutricion/pdf/informacionnutricional.pdf](http://www.mothergrain.com/nutricion/pdf/informacionnutricional.pdf), (Abril 1, 2009)
51. Mújica, A.; Ortiz, R.; Bonifacio, A.; Saravia, R.; Corredor, G.; Romero, A.; Jacobsen, S., 2006, "Agroindustria de la Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) en los países andinos", Editorial Altiplano, Puno - Perú, pp.: 11-15
52. Mújica, A.; Jacobsen, S.; Izquierdo, J.; Marathee, J., 2001, "QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd) Ancestral Cultivo Andino, Alimento del Presente y Futuro", <http://www.fao.org/Regional/LAmerica/prior/segalim/prodalim/prodveg/cdrom/contenido/libro03/home03.htm>, (Marzo, 2009).
53. Nieto, C.; Vimos, C; Monteros, C; Caicedo, C; Rivera, M., 1992, "INIAP-INGAPIRCA E INIAP-TUNCAHUAN dos variedades de quinua de bajo contenido de saponina", INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias), Boletín Divulgativo No. 228.

54. Nieto, C. y Valdivia, R., 2001, "QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.) Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro: Postcosecha, Transformación y Agroindustria" Editores: Mújica, A., Jacobsen, S., Izquierdo, J., Marathee, JP, <http://www.fao.org/Regional/LAmerica/prior/segalim/prodalim/prodveg/cdrom/contenido/libro03/home03.htm>
55. Parsons, D., 1987, "Maiz. Manuales para educación agropecuaria", Editorial Trillas, México, p.: 12.
56. Peralta, E., 1985, "La Quinoa... Un gran alimento y su utilización", INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias), 1 disco compacto, 8 mm.
57. Pólit, P., 1996, "Efecto del Procesamiento por extrusión sobre los almidones" en ALMIDÓN, Propiedades Físico – Químicas, Funcionales y Nutricionales. Usos, Instituto de Investigación Tecnológica de la Escuela Politécnica Nacional, Quito – Ecuador, pp.: 41 – 52.
58. Pólit, P., 1992, "Métodos de análisis de productos extruidos" en Memorias del Seminario Taller sobre extrusión de Alimentos, Instituto de Investigación Tecnológica. Área de Alimentos, Quito – Ecuador, pp.: 91-96.
59. Primo, E. 1987, "Química Agrícola de Alimentos III", Primera Edición, Editorial Alhambra, Madrid-España, pp.: 91 – 95, 652 -655.
60. Roberson, L., 1993, "Food Packaging. Principles and Practice", Marcel Dekker Inc., Cap. 18. p. 573 – 576.
61. Rokey, G., 1995., "Tecnología de la extrusión e implicaciones nutricionales", XI Curso de Especialización FEDNA, [www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/](http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/) 95CAP\_XII, (Mayo, 2009)

62. Romo, S., Rosero, A., Forero, C., Cerón, E., 2006, "Potencial nutricional de harinas de quinua (*Chenopodium quinoa* W.) variedad piartal en los Andes Colombianos. Primera parte", [www.unicauca.edu](http://www.unicauca.edu), (Noviembre, 2008)
63. Ruales, J.; Carpio, C.; Santacruz, S.; Santacruz, P.; Bravo, J, 2000, "Métodos de Caracterización de Carbohidratos", Proyecto de Investigación Precompetitiva XI. 8. Edi. Escuela Politécnica Nacional, Quito – Ecuador, p.:113.
64. Saguy I., 1996, "Deep fat frying: Basic principles and applications", Institute of Biochemistry Food Science and Nutrition Faculty of Agricultural, The Hebrew University of Jerusalem, pp.: 7-21.
65. Sag.gob.hn, s.f., "El Maíz. Ficha Técnica", [www.sag.gob.hn/infoagro/cadenas/fichas/EI%20Maiz.pdf](http://www.sag.gob.hn/infoagro/cadenas/fichas/EI%20Maiz.pdf) , (Abril, 2009).
66. Salinas, Y., Pérez, P., Castillo, J., Álvarez, L., 2003, "Relación de amilosa, amilopectina en el almidón de harina nixtamalizada de maíz y su efecto en la calidad de la tortilla", *Revista Fitotécnica Mexicana*, 26 (002), 115.
67. SICA, 2001, "Quinua. Quinoa/Cañihua. *Chenopodium quinoa* Wild", [www.sica.gov.ec/agronegocios/productos%20para%20invertir/granos%20cereales/quinua/quinua\\_mag.pdf](http://www.sica.gov.ec/agronegocios/productos%20para%20invertir/granos%20cereales/quinua/quinua_mag.pdf), (Noviembre, 2008).
68. SICA, 2006, "Proyecciones de cultivos". [www.sica.gov.ec](http://www.sica.gov.ec), (Mayo, 2009)
69. SICA, 2000, "El cultivo del maíz duro (*Zea mays*)", [www.sica.gov.ec/agronegocios/biblioteca/ing%20rizzo/perfiles\\_productos/maizduro.pdf](http://www.sica.gov.ec/agronegocios/biblioteca/ing%20rizzo/perfiles_productos/maizduro.pdf), (Abril, 2009)
70. Torres, E., 2009, "En el mundo de los snacks" en *Revista Alimenticia*, [www.industriaalimenticia.com](http://www.industriaalimenticia.com), Volumen 20, número 4, pp.: 16-23, (Mayo, 2009)

71. Torricela, R.; Zamora, E.; Pulido, H., 1989. "Evaluación sensorial aplicada a la investigación, desarrollo y control de calidad en la industria alimentaria", Habana-Cuba, pp.: 11, 33, 95.
72. Watts, B.; Ylimaki, G., Jeffery, L.; Elias, L., 1992. "Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos", Centro Internacional de investigación para el Desarrollo, Ottawa-Canadá, pp.: 66, 70.
73. Welti, J.; Vergara, F., 2002. "Actividad de Agua. Concepto y aplicación en alimentos con alto contenido de humedad" en Temas en Tecnología de Alimentos, Volumen 1, Primera Reimpresión, Editorial Alfaomega, p.: 14.
74. Yáñez, C., 2007, "Manual de Producción de Maíz para Pequeños Agricultores y Agricultoras", Proyecto de emergencia para la rehabilitación agroproductiva de la sierra del Ecuador, Quito – Ecuador, p.: 22
75. Yugcha, T., 1988, "El Cultivo de la Quinoa", Ministerio de Agricultura y Ganadería. División de Regionalización Agraria. Pronareg – Ecuador, Quito, Ecuador, pp.: 1-3.
76. Zambrano, M.; Gallardo, Y., 2002, "Establecimiento de Condiciones de Extrusión de un Producto rico en Fibra: Col y Avena" en Temas en Tecnología de Alimentos, Volumen 2. Fibra Dietética, Primera Reimpresión, Editorial Alfaomega, p.p.: 121-123.

## **ANEXOS**

## **ANEXO 1. DESCRIPCIÓN DE LOS MÉTODOS**



## A 1.1. METODO DE DETERMINACION DE HUMEDAD

Método 925.09, A.O.A.C (1996). Adaptado en el departamento de nutrición y calidad del INIAP.

### Fundamento

Se basa en la determinación de la cantidad de agua existente en la muestra. Se realiza para poder expresar los resultados en base seca. Por diferencia se obtiene el contenido de materia seca en la muestra.

### Equipos y Materiales

- Estufa
- Balanza analítica
- Crisoles
- Pinza metálica
- Espátula
- Desecador

### Procedimiento

- Lavar los crisoles con agua destilada, secar en una estufa a 105°C por 8 horas, secar en un desecador y una vez frío pesar.
- Se pesa de 1 a 2 gramos de muestra molida en los crisoles, se lleva a la estufa a 105°C por 12 horas (preferible una noche), se saca los crisoles con la muestra en un desecador hasta que estén fríos y se pesan.

### Cálculos:

Se usa la ecuación:

$$\%H = \frac{Pcmh - Pcms}{Pcmh - Pc} \times 100$$

Donde,

$\%H$  : Porcentaje de humedad

$Pc$ : Peso crisol.

$Pcmh$ : Peso del recipiente mas muestra húmeda.

$Pcms$ : Peso del recipiente más muestra seca.

## A 1.2. DETERMINACIÓN DE MINERALES

Previa la determinación de minerales las muestras se incineran hasta obtener cenizas.

### **CENIZA**

Método A.O.A.C. (1984). Adaptado en el Dpto. de Nutrición y Calidad

#### **Principio**

La muestra se incinera en una mufla a 600° C, previa pre-calcinación en la placa calentadora, para eliminar todo material orgánico. El material inorgánico que no se destruye se llama ceniza o residuo remanente.

#### **Procedimiento**

- Pesar 2 gramos de muestra en un crisol. Colocar en una mufla a 600° C y mantener a esta temperatura por 2 horas, hasta que la ceniza adquiera un color blanco o grisáceo.
- Transferir la cápsula a un desecador, enfriar a temperatura ambiente y pesar inmediatamente.
- 

#### **Cálculos:**

$$\% C = \frac{P_{cz} - P_c}{P_{cm} - P_c} \times 100$$

Donde:

C = Contenido de cenizas.

P<sub>c</sub> = Peso de crisol.

P<sub>cz</sub> = Peso de crisol más ceniza.

P<sub>cm</sub> = Peso de crisol más muestra

## **MINERALES**

Métodos del Departamento de Nutrición y Calidad, por Espectrofotometría de Absorción Atómica, excepto fósforo que se realizará por colorimetría

## Principio

Las cenizas de la muestra son sometidas a una digestión ácida para luego ser diluidas a un volumen determinado. A continuación se realiza los análisis de Macro y Micro-elementos por absorción atómica y en el caso de fósforo por colorimetría.

## Reactivos

- Acido clorhídrico 37% p.a.
- Acido nítrico 65% p.a.
- Agua destilada
- Solución estándar de 10 ppm de Calcio
- Solución estándar de 1 ppm de Magnesio
- Solución de Lantano 1%:
- Solución estándar de Fósforo de 1000 ppm
- Solución estándar de 10 ppm de Fósforo
- Solución de Molibdo-vanadato:
- Solución de Litio al 1%:
- Solución estándar de 2 ppm de Sodio:
- Solución estándar de 4 ppm de Potasio
- Solución estándar de 10 ppm de Hierro

## Procedimiento

- Colocar los crisoles que contienen las cenizas en la capilla o sorbona, adicionar 10 ml de agua destilada y 5 ml de ácido clorhídrico concentrado, digerir hasta que el volumen se reduzca a la tercera parte a temperatura baja.
- Retirar los crisoles de la plancha y enfriar, filtrar con papel filtro cuantitativo y recibir el filtrado en un balón de 100 ml. Aforar con agua bidestilada.

### • DETERMINACIÓN DE CALCIO Y MAGNESIO

- Tomar 0.5 ml del filtrado, añadir 4 ml de agua bidestilada, 0.5 ml de la solución de lantano al 1% y agitar.
- De esta solución tomar 0.5 ml, añadir 4 ml de agua bidestilada 0.5 ml de la solución de lantano y agitar.
- Preparar la curva estándar de Ca y Mg de 5 y 0.5 ppm:  
En tubos de ensayo colocar la solución estándar de Ca y Mg 0, 1, 2, 3, 4, 5 ml, y adicionar agua bidestilada hasta 9 ml y adicionar 1 ml de la solución de lantano al 1%.
- Leer en el espectrofotómetro de absorción atómica de llama, primero los estándares luego las muestras.

**Cálculos:**

$$Ca(\%) = \frac{LR * Fd}{Pm}$$

LR = Lectura de Regresión

Fd = Factor de dilución

Pm = Peso de la muestra (g)

- **DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE FOSFORO**

- Tomar 0.5 ml del filtrado en un tubo de ensayo, añadir 4 ml de agua bidestilada y 0.5 ml de la solución molibdo -vanadato y agitar.
- Cuando se requiera hacer más diluciones se tomó 4.5 ml de agua con 0.5 ml de muestra y en la dilución a leerse se pondrá 0.5 ml de muestra, 0,5 de la solución de molibdo –vanadato y 4 ml de agua bidestilada
- Preparar la curva estándar de Fósforo de 0 a 5 ppm:  
En tubos de ensayo colocar la solución estándar de P de 10 ppm 0, 1, 2, 3, 4, 5 ml, adicionar agua bidestilada hasta 9 ml y luego 1 ml de la solución de molibdo –vanadato.  
Pasar a los tubos calibrados del espectrofotómetro y leer primero los estándares luego las muestras a una longitud de ondas de 400 nm.

**Cálculos:**

$$P(\%) = \frac{C * Fd}{Pm}$$

C = Concentración (ppm)

Fd = Factor de dilución

Pm = Peso de la muestra (g)

- **DETERMINACIÓN DE SODIO Y POTASIO**

- Tomar 0.5 ml del filtrado en un tubo de ensayo, añadir 4 ml de agua bidestilada y 0.5 ml de la solución de litio al 1% y agitar.
- De esta solución tomar 0.5 ml añadir 4 ml de agua bidestilada y 0.5 ml de la solución de litio al 1% y agitar.
- Preparar la curva estándar de Na y K de 1 y 2 ppm:  
En tubos de ensayo colocar la solución estándar de Na y K 0, 1, 2, 3, 4, 5 ml, y adicionar agua bidestilada hasta 9 ml y adicionar 1 ml de la solución de litio al 1%.
- Leer en el espectrofotómetro de absorción atómica de llama, primero los estándares luego las muestras.

**Cálculos:**

$$Na(\%) = \frac{C * Fd}{Pm}$$

C = Concentración (ppm)

Fd = Factor de dilución

Pm = Peso de la muestra (g)

- **DETERMINACION DE HIERRO**

- Preparar la curva estándar de Fe de 0 a 5 ppm:  
En tubos de ensayo colocar la solución estándar de Fe 0, 1, 2, 3, 4, 5 ml, adicionar agua bidestilada hasta 9 ml y adicionar 1 ml de la solución de lantano al 1%.
- Tomar 5 ml de la muestra y leer en el espectrofotómetro de absorción atómica de llama.

**Nota:** En caso de ser lecturas altas, realizar diluciones de 1/10.

**Cálculos:**

$$Fe(\%) = \frac{C * Fd}{Pm}$$

C = Concentración (ppm)

Fd = Factor de dilución

Pm = Peso de la muestra (g)

- **DETERMINACIÓN DE COBRE, MAGNESO Y ZINC**

- Tomar 10 ml de la solución madre, agitar y leer
- Preparar la curva estándar de Cu, Mn y Zn de 5 y 0.5 ppm:  
En tubos de ensayo colocar la solución estándar de Ca y Mg 0, 1, 2, 3, 4, 5 ml, y adicionar agua bidestilada hasta 9 ml y adicionar 1 ml de la solución de lantano al 1%.
- Leer en el espectrofotómetro de absorción atómica de llama, primero los estándares luego las muestras.

**Cálculos:**

$$Cu(ppm) = \frac{LR * Fd}{Pm}$$

LR = Lectura de Regresión

Fd = Factor de dilución

Pm = Peso de la muestra (g)

## A 1.3. DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA

Método 955.39. A.O.A.C. (1984). Adaptado en el Dpto. de Nutrición y Calidad del INIAP.

### Principio

El nitrógeno de las proteínas y otros compuestos se transforman en sulfato de amonio al ser digeridas en ácido sulfúrico en ebullición, el residuo se enfría, se diluye con agua y se le agrega hidróxido de sodio y se procede a destilar. El amoniaco presente se desprende y se recibe en una solución de ácido bórico, que luego se titula con ácido clorhídrico estandarizado.

### Reactivos

- Ácido sulfúrico concentrado (92%)
- Ácido clorhídrico 0.02 N
- Hidróxido de sodio al 50 %
- Ácido bórico al 4 %
- Indicador mixto: rojo de metilo al 0.1 % y verde de bromocresol al 0,2 % en alcohol al 95 %.
- Mezcla catalizadora: 800 g de sulfato de potasio o sodio, 50 g de sulfato cúprico penta hidratado, y 50 g de dióxido de selenio.
- Agua desmineralizada

### Digestión

- Pesar exactamente alrededor de 0,04 g de la muestra, colocar dentro del balón de digestión y añadir 0,5 g de catalizador y 2 ml de ácido sulfúrico al 92 %.
- Colocar los balones en el digestor micro Kjeldahl en los calentadores a 500 °C hasta que la solución adquiera una coloración verde. Retirar los balones del digestor y enfriar.

### Destilación

- Colocar la muestra en el destilador, añadir 10 ml de hidróxido de sodio al 50 %, destilar recogiendo el destilado en 6 ml de ácido bórico al 4 % hasta obtener 60 ml de volumen.

### Titulación

- Al destilado se agrega 4 gotas del indicador mixto y se titula con ácido clorhídrico 0,02 N hasta que la solución cambie de color. Se realiza también una titulación con un blanco.

**Cálculos:**

Se utiliza la ecuación:

$$\%P = \frac{(Ma - Mb) \times N \times 0.014 \times 6.25}{Pm} \times 100$$

$$\% P = \frac{(Ma - Mb) \times F}{Pm} \times 100$$

Donde:

P = Contenido de proteína (%)

N = Normalidad del ácido titulante

Ma = ml de ácido gastados en la titulación de la muestra

Mb = ml de ácido gastados en la titulación del blanco

Pm = Peso de la muestra en gramos

6.25 = Factor de conversión de nitrógeno a proteína

## A 1.4. DETERMINACIÓN DE GRASA.

Método N° 920.39C de la A.O.A.C. Adaptado en el Dpto. de Nutrición y Calidad del INIAP.

### Principio

El solvente utilizado se condensa continuamente extrayendo materiales solubles al pasar a través de la muestra. El extracto se recoge en un vaso que al completar el proceso se destila quedando en el vaso el extracto graso de la muestra.

### Reactivos

- Hexano ( grado técnico)
- Sulfato de sodio anhidro

### Procedimiento

- Lavar los vasos de destilación con agua destilada y llevar a la estufa a 105°C por 2 horas, retirar los vasos en un desecador, enfriar, pesar, y añadir 200 ml de hexano.
- Pesar de 1 a 2 gramos de muestra, mezclar con 2 a 3 gramos de sulfato de sodio anhidro, colocar en un cartucho limpio y tapar con algodón.
- Depositar el cartucho con la muestra dentro del dedal de vidrio y colocar dentro del vaso con hexano, montar el equipo Goldfish, abrir la llave de agua fría para el refrigerante, extraer la grasa por 4 horas.
- Secar el vaso de destilación con el residuo en una estufa a 105° C por 7 horas retirarlos de la estufa en un desecador, se enfría y se pesa.

### Cálculos:

Se utiliza la ecuación:

$$EE = \frac{P_{vr} - P_v}{P_m} \times 100$$

Donde:

EE = Extracto etéreo (%)

Pv = Peso del vaso tarado

Pvr = Peso del vaso más residuo

Pm = Peso de la muestra



## **A 1.5. DETERMINACIÓN DE FIBRA DIETÉTICA SOLUBLE**

Método de Asp. *Et al.*, J., (1984). Adaptado por la Escuela Politécnica Nacional

### **Principio**

El almidón y las proteínas son digeridos por pequeños fragmentos por medio de enzimas. La fracción de fibra dietética soluble es recuperada por filtración luego de precipitar con etanol.

### **Materiales y equipos:**

- Estufa
- Balones Kjeldahl
- P-2 filtros – crisol (40 – 60  $\mu\text{m}$  porosidad)
- Celita 545. FLUKA AG, BUCHS Switzerland, artículo
- Bomba de vacío
- Desecador

### **Reactivos:**

- Solución buffer 0.1 M pH 6.0 Fosfato de Sodio
- Solución 0,2 M. HCl
- Solución 5,0 M. HCl
- Solución 1,0 M. HCl
- Solución 5,0 M. NaOH
- Solución 1,0 M. NaOH
- Etanol al 95%
- Etanol al 76%
- Acetona

### **Enzimas:**

- Pepsin 200 FIP U/g MERK, N°7190, Darmstadt, W. Germany
- Pancreatina Fluka AG N°76190 Buchs. Switzerland
- Termamyl 120 L Novo A/S, Copenhagen, Denmark

### ***Preparación de las soluciones enzimáticas***

Termamyl ya viene en solución, pero la pepsina y la pancreatina son polvos secos.

Para simplificar el trabajo, es mejor preparar las soluciones de pancreatina y pepsina y luego almacenarla en un congelador.

Se pesarán 10,0 g de enzima en polvo en un vaso de precipitación y disuélvalo en 100 ml de agua destilada. Se mezclará lentamente con agitador magnético. Las soluciones serán congeladas en porciones de 7 ml.

### **Procedimiento:**

- Se analizará por duplicado.
- Pesar 1,0 g (+/- 0,0001) de muestra seca o su equivalente de muestra húmeda homogenizada, en un vaso de precipitación o un frasco plástico.
- Adicionar 25 ml de buffer de Fosfato de sodio y 100  $\mu$ l de Termamyl. Usando agitador magnético de 20 mm de longitud. Mezclar bien.
- Evitar que la muestra salpique a las paredes. Cubrir con papel aluminio y colocar los vasos en un baño de agua hirviendo para incubación por 20 minutos.
- Adicionar 20 ml de HCl 0,2 M, esperar hasta que el contenido del vaso alcance la temperatura ambiente. Ajustar el pH a 1,5 con HCl 5 M.
- Agregar 1,0 ml de solución de pepsina a cada muestra. Se incubará durante 1.0 hora a 40°C en un baño de agua, con agitación.
- Retirar las muestras del baño de incubación y se adicionará 1,0 ml de NaOH 5.0 M. Se ajustará el pH a 6,8 con NaOH 1.0 M.
- Adicionar a cada frasco 1,0 ml de solución de pancreatina.
- Las muestras se incubarán en un baño de agua por una hora a 40°C. Durante la incubación se deberá mantener una agitación lenta y continua.
- Se retirarán las muestras del baño de agua, a las mismas se adicionará 0,5 ml de HCl 5,0 M y el pH se ajustará a 4,5 con HCl 1 M.
- Añadir agua destilada hasta la marca de 100 ml del vaso, posteriormente se añadirá 400 ml de etanol al 95% precalentando a la temperatura de 60°C. Dejar precipitar por una hora.
- Colocar los crisoles y la celita que previamente serán secados en una estufa a 105°C en un desecador y dejar enfriar a temperatura ambiente.

- Pesar 0,5 g (precisión de 4 cifras decimales) de celita en cada crisol. Anotar el número del crisol, pesar el crisol y la suma del crisol más celita. Humedecer las celitas en el crisol con etanol al 76% (para evitar la pérdida de celita antes de la filtración).
- Durante la filtración, se debe cuidar que las paredes del embudo estén siempre húmedas con etanol al 76% (se evita que la fibra se adhiera a las paredes). Lavar la torta filtrada con porciones de etanol al 95% de 2 x 15 ml y acetona en porciones de 2 x 15 ml. Los crisoles se guardarán en un desecador, el contenido de uno de ellos será utilizado para análisis de nitrógeno por Kjeldahl. El otro crisol será calcinado toda la noche a 550°C para determinar el contenido de cenizas en la muestra.

La máxima desviación sugerida entre muestras paralelas, para la exactitud, corresponde a:

Muestra contenido 0-10% fibra dietética no corregida 0.5%

Muestra contenido 10-50% fibra dietética no corregida 0.85%

Muestra contenido 50% fibra dietética no corregida 1.50%

### **Cálculos**

De acuerdo con Proxy *et al.*, (1985.) Assoc. Anal. Chem. Vol. 68 N° 4.

Cálculos para el análisis de fibra dietética:

Los siguientes cálculos son necesarios para reportar los valores de fibra dietética y se refieren a los pesos expresados en mg.

#### **1. Fibra no corregida**

$$(crisol + celita + fibra) - (crisol + celita)$$

#### **2. % de Fibra no corregida**

$$\frac{Fibra\ no\ corregida(mg)}{peso\ de\ muestra(mg)} * 100$$

#### **3. Ceniza no corregida**

$$(crisol + celita + cenizas) - (crisol + celita)$$

**4. Proteína no corregida**

$$\frac{\text{Normalidad de HCl} * \text{ml HCl} * 14.007 * 6.25}{\text{Peso de muestra}}$$

**5. Ceniza corregida**

$$\frac{\text{Valor promedio(mg) fibra no corregida} * \text{Proteína no corregida(mg)}}{\text{Contenido de fibra en crisol antes de incinerarlo(mg)}}$$

**6. Proteína corregida**

$$\frac{\text{Valor promedio(mg) fibra no corregida} * \text{mg proteína no corregida}}{\text{Contenido de fibra en crisol usado para Kjeldahl(mg)}}$$

**7. Blanco corregido**

$$(\text{promedio (mg) fibra en blanco}) - (\text{ceniza corregida} + \text{proteína corregida})$$

**8. Fibra dietética corregida**

$$(\text{valor promedio(mg) FD no corregida}) - (\text{ceniza} + \text{proteína} + \text{blanco corregido})$$

## A 1.6. DETERMINACIÓN DE VITAMINA E

Método HPLC de Hakansson, B. *et al.*, (1987). Adaptado por la Escuela Politécnica Nacional

### Principio

Se ha reportado el método de cromatografía líquida de alta presión (HPLC), para la determinación simultánea de alfa-tocoferol acetato, tocoferoles y tocotrienoles en alimentos.

El procedimiento, incluye extracción en Soxhlet por 4 horas con hexano en presencia de BHT. Los componentes de la vitamina E serán separados en una columna de Lichrosorb Si-60-5 con hexano y diisopropiléter como fase móvil. Un detector de fluorescencia, fijado a 290 nm de excitación y 330 nm de emisión será utilizado.

### Procedimiento

- Pesar 15 g de muestra molida y homogenizada en un timble de extracción; cubrir con un poco de lana de vidrio en la boca del tubo y colocar en el soxhlet.
- Colocar 140 ml de hexano en un balón de 500 ml y agregar con micropipeta 1 ml de BHT (1 mg/ml).
- Colocar los balones en baño maría a 105°C.
- Cubrir completamente los balones y soxhlet con papel aluminio y esperar que hierva. Tomar el tiempo a partir de la primera gota de reflujo (4 horas).
- Esperar que se enfríe y lavar el soxhlet con hexano procurando que toda la grasa adherida en el trayecto sea arrastrada al balón.
- Hacer la recuperación del solvente en el rotavapor a 30°C por tres veces. Casi hasta sequedad la primera recuperación, y luego agregar 15 ml de hexano (Calidad HPLC), tapar el balón y dejar en la oscuridad en reposo por 10 minutos.
- Disolver el residuo en hexano y aforar en un matraz aforado de 10 ml. Procurar recoger todo el residuo, utilizando varias veces pequeñas cantidades de hexano hasta aforar hasta 10 ml. Mezclar bien y colocar la solución en frascos oscuros de tapa rosca. Guardar en refrigeración máximo por 24 horas (de un día al otro), pues la vitamina E es muy sensible a la luz.

- Con ayuda de una jeringa y filtros milipore, transferir un poco de la solución en frascos especiales con seguridades antes de inyectar en el HPLC. Utilizar los mismos frascos para las soluciones Standard de alfa, beta y gamma-tocoferol de una concentración de 10 µg/ml.
- Hacer los cálculos relacionando el área de la muestra sobre el área del Standard, multiplicando por los coeficientes de actividad biológica respectivos y reportar como equivalentes de actividad biológica.

### Standards

- Caja Merck de 50 mg disolver en 50 ml de hexano (1mg/ml). Tomar 0.5 ml y disolver en 50 ml de hexano y tenemos una solución de 10 µg/ml.
- Guardar en refrigeración en frascos oscuros. Se puede guardar por dos meses no más.
- Cada ampolla de 50 mg. Conservar en refrigeración de 0°C a 6°C.

### Cálculos

$$\frac{\text{área de la muestra}}{\text{área del standard}} * \text{concentración del standard} (10 \mu\text{g} / \text{ml}) * \text{dilución de la muestra} * \frac{100}{\text{Peso muestra (base seca)}} = \mu\text{g} / 100\text{g (Base Seca)}$$

## **A 1.7. DETERMINACIÓN DE LAS VITAMINAS DEL COMPLEJO B**

Rettenmaier, R., Vuilleumier, J. P., Müller-Mulot, W. en *Analytical Methods for Vitamins and Carotenoids in Feed* (1988.)

La tiamina y sus esteres de ácido fosfórico son extraídos en una autoclave con ácido sulfúrico diluido. Los esteres son hidrolizados con enzimas. El extracto es purificado por cromatografía de intercambio iónico. La tiamina es oxidada con bromo cianuro de tiocromo, el cuál es extraído dentro de isobutanol. La fluorescencia de tiocromo y el blanco correspondiente son medidos en relación a una curva de calibración. El cálculo de la vitamina B<sub>1</sub> como cloruro de tiamina x hidrocloreuro.

## **A 1.8. DETERMINACIÓN DE CAROTENOIDES**

Método adaptado por Rodríguez – Amaya y Kimura, 2004. Laboratorio de Nutrición y Calidad (CIP- Perú).

### **Principio**

Los carotenos totales se determinan espectrofotométricamente a 450 nm, basados en el coeficiente de extinción ( $E_{1\%}$ ) de los carotenos en éter de petróleo. Las concentraciones calculadas por este método se reportan en ( $\mu\text{g} / \text{g}$ ) del total de carotenos.

### **Reactivos**

- Carbonato de magnesio
- Acetona
- Éter de petróleo
- Sulfato de sodio anhidro

### **Procedimiento**

- Pesar 4-5 g de muestra liofilizada.
- Homogenizar con 30 ml de acetona fría por 1 minuto usando el homogenizador vortex y filtrar (extracto).
- Colocar 50 ml de éter de petróleo en un embudo de separación y añadir una pequeña porción de extracto.

- Añadir agua destilada lentamente, evitando la formación de una emulsión, no agitar (si se forma la emulsión puede ser rota añadiendo acetona).
- Esperar que las dos fases se separen. Añadir otra parte del extracto y repetir la operación hasta que todo el extracto haya sido transferido al éter de petróleo, entonces se lava 4-5 veces con agua estilada para remover toda la acetona residual.
- Recolectar el éter de petróleo en un balón de 100 ml, haciendo que el extracto etéreo pase a través del embudo conteniendo sulfato anhídrido de sodio.
- Medir la absorbancia a la longitud de onda de 450 nm.

### Cálculos

$$X (\mu g) = \frac{Abs_{.544nm} \times Y (ml) \times 10^6}{A_{1cm}^{1\%} \times 100}$$

$$Carotenos (ug / g) = \frac{X (ug)}{Peso \ de \ la \ muestra}$$

### Donde:

X : Peso de la concentración de los carotenos

Y : Volumen de la solución, que da la absorbancia (Abs.) a 450nm

$A_{1cm}^{1\%}$  : Coeficiente de absorción de los carotenos en éter de petróleo (2592)



## A 1.9. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD APARENTE Y REAL

Método de Couto (1985)

### Principio

Se basa en la cuantificación del volumen con un líquido del cual se conozca su densidad.

### Equipos y Materiales

- Balones volumétricos 25 ml
- Balanza analítica
- Líquido del que se conozca su densidad (benceno o tolueno)

### Procedimiento

Pesar los balones en una balanza analítica, posteriormente aforar con un líquido complementador de volumen y pesar. La relación entre el peso del líquido obtenido por diferencia y el volumen del matraz permite cuantificar la densidad del líquido, cuando no es conocida.

Para determinar la densidad aparente introducir los granos hasta el nivel de la marca, calcular la relación peso de los granos sobre volumen. Para determinar la densidad real introducir los granos hasta el inicio del cuello del matraz y pesar; completar el volumen hasta la marca con el líquido y volver a pesar. Por diferencia obtener el peso del líquido, como se conoce su densidad se puede establecer el volumen ocupado por el líquido. Al restar del volumen total del matraz se obtiene el volumen ocupado por los granos; previamente se conoce el peso de los granos, por lo que la densidad real puede ser cuantificada.

### Cálculos:

- Densidad Aparente

$$DA = \frac{m}{VA}$$

Donde:

DA: Densidad Aparente (Kg/m<sup>3</sup>)

m= Masa de los granos en el balón (Kg)

VA= Volumen del balón (m<sup>3</sup>)

## **A 1.10. RECUENTO DE MICROORGANISMOS AEROBIOS TOTALES**

Método 3M Center, Building 275-5w-OS St. Paul, MN 551444-1000

Los recuentos microbiológicos además de determinar la calidad sanitaria de un producto, permiten estimar de forma indirecta su tiempo de vida útil.

### **Principio**

Este procedimiento microbiológico indica el estado de conservación de un alimento y mide el número de microorganismos aerobios por cantidad de alimento. El método consiste en cuantificar la cantidad de bacterias vivas o de unidades formadoras de colonias que se encuentran en una determinada cantidad de alimento.

### **Materiales y equipos**

- Placas petrifilm para aerobios totales
- Pipetas
- Matraz de 250 ml.
- Contador de colonias Québec

### **Procedimiento**

1. Licuar la muestra con agua destilada, centrifugar y operar con el sobrenadante.
2. Colocar la placa petrifilm en una superficie plana. Levantar el film superior.
3. Con una pipeta perpendicular a la placa petrifilm colocar 1 ml de muestra en el centro del film inferior.
4. Bajar el film superior, dejar que caiga. No deslizarlo hacia abajo.
5. Con la cara lista hacia arriba, colocar el aplicador en el film superior sobre el inculo.
6. Con cuidado ejercer una presión sobre el aplicador para repartir el inculo sobre el área circular. No girar ni deslizar el aplicador.
7. Levantar el aplicador. Esperar un minuto a que se solidifique el gel.
8. Incubar las placas cara arriba en pilas de hasta 20 placas a 37°C por 48 horas.
9. Leer las placas en un contador de colonias estándar tipo Québec o una fuente de luz con aumento. Para leer los resultados consultar en la guía de interpretación.

## **A 1.11. DETERMINACION DE RECUESTO MOHOS Y LEVADURAS**

Método 3M Center, Building 247-5w-05 St. Paul, MN55144-1 000

### **Principio**

Los recuentos de mohos y levaduras sirven como criterio de recontaminación en alimentos que han sufrido un tratamiento aséptico y que han sido sometidos a condiciones de conservación.

Es fácil contar colonias de levaduras y mohos utilizando las placas petrifilm para recuento de mohos y levaduras. Un indicador colorea las colonias para dar contraste y facilitar el recuento.

Las colonias de levaduras son: pequeñas, de bordes definidos, cuyo color varía de rosado oscuro a verde-azul, tridimensional, usualmente aparecen en el centro.

Las colonias de mohos son: grandes bordes difusos de color variables (el moho puede producir su pigmento propio), planos, usualmente presentan un núcleo central.

### **Materiales y equipos**

- Placas petrifilm
- Pipetas
- Matraz de 250 ml
- Contador de colonias Québec

### **Procedimiento**

1. Licuar la muestra con agua destilada, centrifugar y operar con el sobrenadante.
2. Colocar la placa petrifilm en una superficie plana. Levantar el film superior.
3. Con una pipeta perpendicular a la placa petrifilm colocar 1 ml de muestra en el centro del film inferior.
4. Bajar el film superior, dejar que caiga, no deslizar hacia abajo.
5. Con las cara lisa hacia arriba, colocar el aplicador en el film superior sobre el inculo.
6. Con cuidado ejercer una presión sobre el aplicador para repartir el inculo sobre el área circular. No girar ni deslizar el aplicador.
7. Levantar el aplicador. Esperar un mínimo a que solidifique el gel.
8. Incubar las placas cara arriba en pilas de 20 placas a 37°C por 72 horas.
9. Leer las placas.

## **A 1.12. DETERMINACIÓN DE ACTIVIDAD DE AGUA ( $A_w$ )**

Procedimiento experimental para determinar la actividad de agua mediante equipo Aqua Lab modelo Paw Kit

### **Procedimiento:**

- Calibrar el equipo con dos soluciones estándar de actividad de agua conocidas: NaCl ( $0.76 \pm 0.003 a_w$ ) y CILi ( $0.25 \pm 0.003 a_w$ ).
- Encender el equipo pulsando el botón derecho (I).
- La muestra para cada producto se coloca en un contenedor plástico (porta muestra de 10 ml de capacidad). La muestra no debe exceder un tercio de la capacidad.
- Pulsar el botón izquierdo (II) y esperar hasta que el equipo indique la lectura mediante una señal.
- Esperar aproximadamente 5 min. hasta que el equipo finalice la lectura automática y se anota el valor.

### A 1.13. TASA DE DIGESTIÓN DEL ALMIDÓN IN VITRO (III)

Holm y col., 1985

#### Fundamento

Este método permite la determinación de la tasa de hidrólisis *in vitro* del almidón de un alimento tal como se ingiere. El almidón es hidrolizado con  $\alpha$ -amilasa y se reduce a azúcares los cuales son reportados como equivalentes de maltosa determinados espectrofotométricamente.

#### Materiales y equipo

- Tampón fosfato: disolver en aproximadamente 700 ml de agua destilada 3.03 g de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , 3.96 g de  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  y 0.40 g de NaCl. Llevar a pH 6.9 y aforar a 1000 ml.
- Reactivo de Dinitrosalicílico (DNS): disolver en agua destilada 10.0 g de ácido 3.5-dinitrosalicílico, 300.0 g tartrato de sodio y potasio tetrahidratado (Siegnettsal) y 16.0 g NaOH. Aforar a 1000 ml.
- $\alpha$ -amilasa Sigma Tipo IA 1200 U/mg (27 mg/ml). Diluir 56  $\mu\text{l}$  de enzima con 16 ml de tampón fosfato (preparar dentro de los 30 minutos previos al comienzo de la hidrólisis).
- Maltosa anhidra (solución estándar de 2 mg/ml).

#### Método

1. Pesar 500 mg de almidón o su equivalente en un vaso de precipitados de 100 ml.
2. Añadir 50 ml de tampón fosfato máximo 30 minutos antes de iniciar la hidrólisis. Para el caso de harinas, la muestra debe ser cocida antes del análisis. Para ello, añadir 30 ml de tampón y hervir con agitación constante durante toda la cocción. Esto puede hacerse 1-1.5 h antes de iniciar la incubación.
3. Colocar los vasos en un baño de agua a 37°C y poner un magneto en cada vaso. Dejar que se establezca la temperatura.
4. En los primeros 5 minutos, y antes de adicionar la enzima, tomar dos alícuotas de 0.2 ml de cada muestra para marcar como tiempo cero (0 min; determinar posteriormente el contenido de maltosa a tiempo inicial, antes de iniciarse la hidrólisis) y muestra cero (0 m).
5. A intervalos exactos de 30 segundos, añadir 1.25 ml de enzima a cada frasco.
6. Incubar a 37°C durante 1 hora con agitación magnética continua.

7. A los 5, 15, 30, 60 minutos exactos, respetando los intervalos de medio minuto entre muestras, tomar alícuotas de 0.2 ml y añadir sobre tubos de ensayo en los que se habrá añadido agua destilada, solución estándar de maltosa y/o reactivo de 3.5 Dinitrosalicílico de acuerdo a lo que se muestra en la siguiente Tabla:

**Dosificación Final**

	ml H <sub>2</sub> O	ml estándar	ml DNS	MI muestra
0 m	0.3	0.5	1.0	0.2
0 min	0.3	0.5	1.0	0.2
5 min	0.8	0.0	1.0	0.2
15 min	0.8	0.0	1.0	0.2
30 min	0.8	0.0	1.0	0.2
60 min	0.8	0.0	1.0	0.2
Blanco-tampón	0.8	0.0	1.0	0.2 Tampón

8. Hervir los tubos en un baño de agua durante 10 min. Enfriar con agua fría y dejar reposar 2 min.
9. Con un frasco dosificador, añadir 15 ml de agua destilada. Mezclar.
10. Leer las absorbancias a 530 nm ajustando el cero de absorbancia en el espectrofotómetro con el blanco-tampón.
11. Leer en paralelo una recta de calibrado de maltosa preparada según se indica en la siguiente Tabla:

**Curva estándar de maltosa**

Mg maltosa	ml solución estándar	ml H <sub>2</sub> O	ml DNS
0.0	0.00	1.00	1.0
0.2	0.10	0.90	1.0
0.5	0.25	0.75	1.0
1.0	0.50	0.50	1.0
1.5	0.75	0.25	1.0
2.0	1.00	0.00	1.0

### Cálculos

Construir la curva estándar y hacer un análisis de regresión lineal, para obtener los mg de maltosa en las muestras.

- % Hidrólisis a tiempo 0

$$\% \text{Hidrólisis} = \frac{\text{mg de maltosa a 0 min} - \text{mg maltosa 0 m}}{1.82} \times 0.95 \times 100$$

- % Hidrólisis 5-60 min.

$$\% \text{ Hidrólisis} = \frac{\text{mg de maltosa} - (\text{mg maltosa a 0 min} - 1.0)}{1.78} \times 0.95 \times 100$$

**Nota:** Se resta 1.0 debido a que se adiciona 1.0 mg de maltosa a las muestras 0 min y 0 m con el fin que puedan ser detectadas en el espectrofotómetro.

## **A 1.14. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ABSORCIÓN DE AGUA Y SOLUBILIDAD**

Anderson y col., 1969

### **Fundamento**

Las propiedades funcionales del almidón son la capacidad de absorción de agua del gránulo de almidón, y la exudación de fracciones de almidón, a medida que se incrementa la temperatura del medio circundante.

### **Materiales y Equipo**

- Cajas petri
- Tubos de centrifuga (50 ml) de vidrio o plástico
- Agitadores magnéticos
- Probeta de 50 ml
- Plancha de agitación
- Baño de temperatura controlada a 30°C
- Centrifuga
- Tubos de centrifuga graduados
- Papel filtro de poro delgado
- Embudos
- Vasos de precipitados
- Pipetas de 10 ml
- Desecador

### **Método**

1. Tarar las cajas petri a 90°C por 4 horas ó a 75°C por una noche.
2. Pesar 2.5 g de muestra en un tubo de centrifuga que contiene un agitador magnético. Realizar el análisis por duplicado.
3. Mientras se pesa las muestras, calentar 30 ml de agua destilada, a 30°C, y también tener el baño a temperatura controlada de 30°C.
4. Agregar 30 ml de agua a cada tubo, y agitar bien en el equipo de agitación. En lo posible debe evitarse utilizar una varilla de vidrio.
5. Incubar en el baño con agitación durante 30 minutos.
6. Secar bien los tubos y ponerlos en la centrifuga.
7. Centrifugar a 5000 rpm. durante 20 minutos.
8. Después de centrifugar se deben tener separados el gel y el sobrenadante. Si no es así centrifugar por 10 minutos más a 6000 rpm.



9. Decantar el sobrenadante en un tubo de centrifuga graduado y medir el volumen. No descartar el gel del tubo.
10. Filtrar el sobrenadante.
11. Descartar lo que queda en el papel filtro.
12. Tomar 10 ml del filtrado y secar por 4 horas a 90°C en las cajas petri.
13. Pesar el gel que quedó en el tubo.
14. En el caso de que no se haya separado el sobrenadante, pesar todo lo que queda en el tubo.

Realizar una Tabla donde se registran los siguientes valores:

- Nombre de la muestra
- Peso del tubo con agitador
- Peso de la muestra
- Volumen del sobrenadante
- Peso del tubo con el gel y agitador
- Peso de la caja petri tarada
- Peso de la caja petri con la muestra seca

### Cálculos

Índice de absorción de agua (IAA):

$$IAA = \frac{\text{Peso de gel (g)}}{\text{Peso de muestra (g)}}$$

Índice de solubilidad en agua (ISA):

$$ISA = \frac{\text{Peso de solubles (g)}}{\text{Peso muestra (g)}} \times 100$$

Poder de hinchamiento (PH):

$$PH = \frac{\text{Peso de gel}}{\text{Peso muestra} - \text{Peso solubles}}$$

## A 1.15. ÍNDICE DE PERÓXIDOS

Madrid *et al.* (1997)

### Principio

Se denomina “índice de peróxidos” a los miliequivalentes de oxígeno activo contenidos en un kilogramo de la materia ensayada, calculados a partir del yodo liberado del yoduro de potasio, operando en las condiciones que se indican en el método.

### Materiales y Equipo

- Navecillas de vidrio de aproximadamente 3 ml para pesada de la grasa.
- Matraces con tapón esmerilado, de aproximadamente 250 ml previamente secados y llenos de gas inerte (anhídrido carbónico o nitrógeno).

### Reactivos

- Cloroformo, para análisis, exento de oxígeno por barboteo de una corriente de gas inerte puro y seco.
- Ácido acético glacial puro, exento de oxígeno.
- Solución acuosa saturada de yoduro de potasio, exento de yodo y yodatos.
- Soluciones acuosas de tiosulfato de sodio 0,01 N y 0,002 N exactamente valoradas.
- Solución indicadora de almidón al 1% en agua destilada.

### Procedimiento

Tomar un matraz con cierre esmerilado, de unos 250 ml, previamente seco y llenar con un gas inerte, puro y seco (anhídrido carbónico o nitrógeno).

Introducir tan rápidamente como se pueda la muestra del aceite que se desea ensayar, definida en función de los índices presumidos.

Agregar 10 ml de cloroformo, en el cual se disuelva rápidamente la grasa por agitación, 15 ml de ácido acético glacial y 1 ml de una disolución acuosa de yoduro de potasio.

Cerrar el matraz y mantener en agitación durante un minuto, imprimiéndole un suave movimiento de rotación, conservándolo después en la oscuridad durante cinco minutos, transcurrido éste tiempo, agregar 75 ml de agua, agitar vigorosamente y valorar el yodo liberado con una disolución de tiosulfato 0,002 N, para los aceites de índices inferiores o iguales a 20 y 0,01 N para los de índices más elevados.

Paralelamente, se efectúan un ensayo testigo, sin aceite, que debe dar un índice nulo.

### Cálculos

El índice de peróxidos se expresa en miliequivalentes de oxígeno por kilogramo de muestra, y se calculará aplicando la siguiente fórmula:

$$I.P. = \frac{V * N * 1000}{P}$$

Donde:

V = Tiosulfato, en ml consumido en la valoración

N = Normalidad de la solución de tiosulfato.

P = Peso, en gramos, de la muestra tomada para la determinación.

### Observaciones

*Peso de la muestra.*- La toma de las muestras para el ensayo se efectuará tomando una cantidad de grasa de acuerdo con el índice de peróxidos que se presupone y que se indica en el cuadro siguiente:

Índice que se presupone	Peso de la muestra en g.
De 0 a 20	De 2,0 a 1,2
De 20 a 30	De 1,2 a 0,8
De 30 a 50	De 0,8 a 0,5
De 50 a 100	De 0,5 a 0,3

## **A 1.16. ANALISIS SENSORIAL**

### **- PRUEBA DESCRIPTIVA**

Se aplicó una prueba descriptiva con escala lineal de intervalo para ordenar las muestras de acuerdo a la magnitud de color y textura. En la escala lineal se identificaron los extremos y el punto medio para cuantificar los atributos color y textura. Las escalas de categoría o lineales se consideran escalas ordinales. Esta prueba permite evaluar la intensidad perceptible de una característica sensorial ya sea en forma ascendente o descendente de acuerdo al grado de intensidad.

Para el estudio, las muestras se presentan codificadas con números aleatorios de 3 dígitos, esto permite a los panelistas evaluar y precisar la intensidad de una característica específica, trazando una marca vertical en una escala lineal anclada en dos puntos. Cada marca tiene una equivalencia numérica, la cual se tabula y procesa estadísticamente.

El análisis sensorial se realizó con 20 panelistas entrenados.

### **Materiales y equipos**

- Snack de quinua frito y snack de quinua extruído
- Platos desechables de color blanco o transparente
- Agua

### **Método**

1. Preparar las muestras
2. Pesar el contenido de los snacks y colocar en platos desechables de color blanco o transparente, esto dará una mejor percepción del color, además se colocara el nombre a cada una de las muestras usando codificaciones de símbolos o de tres números al azar siguiendo las tablas de números aleatorios.
3. Entregar los cuestionarios a cada uno de los jueces.
4. Los jueces comienzan por la muestra que ellos estiman conveniente, para analizar el color, luego prueban para medir su crocancia, una vez finalizado se enjuagan la boca con agua y continúan con la siguiente muestra.
5. Los jueces otorgan sus respuestas de acuerdo con el cuestionario que se presenta a continuación, proporcionado antes de iniciar la prueba.



## - PRUEBA DE DIFERENCIA O DISCRIMINACIÓN

Este tipo de prueba sensorial es utilizada para determinar si ha ocurrido un cambio perceptible en la apariencia, sabor o textura de un alimento, como resultado de su almacenamiento. También sirve para estimar la vida útil de un producto concreto envasado en diferentes materiales, o si ha ocurrido un cambio en el proceso de elaboración o alteración en algún ingrediente (Vaclavik, 2002; citado en Sañaicela 2008.).

Existen diferentes tipos de pruebas de discriminación, pero la más utilizada es la prueba triangular. Según ésta, a cada panelista se le proporcionan tres muestras codificadas, dos de las cuales son iguales y una es diferente. Se solicita a los jueces que identifiquen la muestra diferente; si no logran diferenciarlas, deben decidirse por una de las muestras evaluadas (Watts, 1992 citado en Sañaicela 2008)

La prueba sensorial se realizó con 12 panelistas entrenados.

### **Materiales y equipos**

- Snack de quinua frito y snack de quinua extraído almacenados bajo diferentes condiciones y bajo diferentes tiempos.
- Platos desechables de color blanco o transparente
- Agua

### **Método:**

1. Preparar las muestras
2. Pesar el contenido de los snacks y colocar en platos desechables de color blanco o transparente, esto dará una mejor percepción del color, además se colocara el nombre a cada una de las muestras usando codificaciones de símbolos o de tres números al azar siguiendo las tablas de números aleatorios.
3. Entregar los cuestionarios a cada uno de los jueces.
4. Los jueces deberán empezar por la muestra que ellos crean conveniente, para analizar el sabor una vez finalizado deberán enjuagarse la boca con agua y seguir a la siguiente muestra, así con todas las muestras.
5. Los jueces darán sus respuestas de acuerdo con el cuestionario que se presenta a continuación, este se les proporcionara antes de iniciar la prueba.

---

## PRUEBA TRIANGULAR PARA MUESTRAS DE SNAKS DE QUINUA

---

**Nombre:**.....

**Fecha:**.....

Aquí se le presenta tres muestras de snack de quinua. Dos de estas muestras son iguales y una es diferente.

Pruebe las muestras que aparecen en la lista y ponga una (x) a lado del código de la muestra cuyo sabor y textura es diferente.

Código	la muestra diferente es
***	-----
***	-----
***	-----

Comentarios:

---

---

---

---

## - PRUEBA AFECTIVA

Las pruebas afectivas se dirigen fundamentalmente hacia los consumidores y pretenden evaluar su nivel de satisfacción, preferencia o la aceptabilidad de un producto determinado, para el fin, se puede hacer uso de escalas como la hedónica, que es la más popular de las escalas afectivas (Watts *et al.*, 1992)

Generalmente se utilizan escalas estructuradas de 7 puntos, que van desde: “me gusta muchísimo” hasta “me disgusta muchísimo” pasando por “ni me gusta ni me disgusta” (Torricela, 1989)

Por lo general se lleva a cabo con paneles piloto de consumidores (paneles internos) que están constituidos por un número de 20 panelistas no entrenados, seleccionados dentro del personal de la institución donde se lleva a cabo la investigación. Cabe señalar que el grupo de panelistas debe tener características similares a la población que consumirá el producto.

### **Materiales y equipos**

- Snack de quinua frito y snack de quinua extruido
- Platos desechables de color blanco o transparente
- Agua

### **Método:**

1. Preparación de las muestras
2. Se colocan los snacks en platos desechables de color blanco o transparente, que permitan una mejor percepción del color, además se identifica cada una de las muestras usando codificaciones de símbolos o la combinación de tres números al azar utilizando tablas de números aleatorios.
3. Se entregan los cuestionarios a cada uno de los jueces.
4. Los jueces comienzan por la muestra que ellos estiman conveniente,
5. Los jueces otorgan sus respuestas según el cuestionario planteado y proporcionado antes de iniciar la prueba.



---

## NIVEL DE ACEPTABILIDAD DE UN SNACK LAMINADO DE QUINUA

---

Nombre:.....

Edad:.....

Fecha:.....

Observe y pruebe la muestra. Indique el grado en que le gusta o le desagrada cada muestra, poniendo una “X” en la categoría correspondiente.

**COLOR**

Código de las muestras	Me Gusta			No Me Gusta Ni Me Disgusta	Me Disgusta		
	Muchísimo	Mucho	Un poco		Un poco	Mucho	Muchísimo
Equivalencia numérica (puntos)	7	6	5	4	3	2	1
***							
***							

**SABOR**

Código de las muestras	Me Gusta			No Me Gusta Ni Me Disgusta	Me Disgusta		
	Muchísimo	Mucho	Un poco		Un poco	Mucho	Muchísimo
***							
***							
***							

**TEXTURA (crocancia)**

Código de las muestras	Me Gusta			No Me Gusta Ni Me Disgusta	Me Disgusta		
	Muchísimo	Mucho	Un poco		Un poco	Mucho	Muchísimo
***							
***							
***							

**AROMA**

Código de las muestras	Me Gusta			No Me Gusta Ni Me Disgusta	Me Disgusta		
	Muchísimo	Mucho	Un poco		Un poco	Mucho	Muchísimo
***							
***							
***							

## **ANEXO 2. RESULTADOS Y CÁLCULOS**

## A 2.1. DATOS PARA EL CÁLCULO DEL ACONDICIONAMIENTO DE LA MEZCLA PARA EXTRUSIÓN

Unidad experimental (Kg)	Humedad Final (%)	
1,50	20,00	22,00

Composición de la mezcla	Pc	Pmh	Pcmh	Pcms	%Hm	Promedio (%)	para 20%		para 22%	
							Cantidad de agua (l)	Cantidad de agua (ml)	Cantidad de agua (l)	Cantidad de agua (ml)
50%M + 50%Q	0,977	1,235	2,237	2,066	13,57	13,38	0,12	124,18	0,17	165,82
	0,958	1,072	2,05	1,899	13,83					
	0,949	1,115	2,08	1,936	12,73					

Ejemplo: Cálculo para determinar el contenido de humedad en una mezcla de 50% M + 50%Q.

$$\%H = \frac{Pcmh - Pcms}{Pcmh - Pc} \times 100$$

$$\%H = 13,57$$

$$\%H = \frac{2,237 - 2,066}{2,237 - 0,977} \times 100$$

Ejemplo: Cálculo para conocer la cantidad de agua que se debe añadir a 1,5 Kg de mezcla 50% M + 50%Q (13,57% Hm), para obtener una humedad final de 20%.

$$a = \frac{W(H_2 - H_1)}{100 - H_2}$$

$$a = \frac{1,5(20 - 13,57)}{100 - 20}$$

$$a = 0,12 \text{ litros}$$

Donde:

a = Cantidad de agua que se debe añadir (l)

W = Peso de la materia prima (Kg)

H<sub>1</sub> = Humedad de la materia prima (%)

H<sub>2</sub> = Humedad de trabajo (%)

## A 2.2. DATOS PARA EL CÁLCULO DE DENSIDAD APARENTE

Volumen del balón (ml):	ml	m3				
	25	0,000025	Peso del balón (g)	Tratamiento	W muestra (g)	DA (g/ml)
21,064	<b>a<sub>1</sub>b<sub>2</sub>c<sub>1</sub></b>	11,523	0,461	0,468		
		11,792	0,472			
		11,790	0,472			
20,180	<b>a<sub>2</sub>b<sub>2</sub>c<sub>1</sub></b>	11,467	0,459	0,469		
		11,962	0,478			
		11,768	0,471			
21,190	<b>a<sub>3</sub>b<sub>2</sub>c<sub>1</sub></b>	11,587	0,463	0,462		
		11,256	0,450			
		11,796	0,472			
20,418	<b>a<sub>4</sub>b<sub>2</sub>c<sub>1</sub></b>	11,351	0,454	0,454		
		11,291	0,452			
		11,381	0,455			

Ejemplo: Calcular la densidad aparente del tratamiento a<sub>1</sub>b<sub>2</sub>c<sub>1</sub> de los snacks laminados, correspondiente a la primera repetición.

$$D.A. = \frac{\text{Peso de la muestra (g)}}{\text{Volumen del Balón (ml)}}$$

$$D.A. = \frac{11,523}{25}$$

$$D.A. = 0,461 \text{ g/ml}$$

### A 2.3. DATOS PARA EL CÁLCULO DE ÍNDICE DE ABSORCIÓN DE AGUA E ÍNDICE DE SOLUBILIDAD

	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub>		
	a	b	c
Peso del tubo (g)	12,407	12,406	12,360
Peso de la muestra (g)	2,505	2,505	2,505
Volumen del sobrenadante (ml)	16,500	16,000	16,000
Peso del tubo + gel (g)	26,218	26,461	26,387
Peso de la caja petri tarada (g)	42,383	53,552	46,653
Peso de la caja petri con la muestra seca (g)	42,552	53,724	46,815
Gel que quedó en el tubo (g)	13,811	14,055	14,027
Peso de solubles (g)	0,169	0,172	0,162

Ejemplo: Calcular el IAA e ISA para el tratamiento a<sub>1</sub>b<sub>2</sub>c<sub>1</sub>.

$$IAA = \frac{\text{Peso gel (g)}}{\text{Peso muestra (g)}}$$

$$IAA = \frac{13,811}{2,505}$$

$$IAA = 5,51$$

$$ISA = \frac{\text{Peso de solubles (g)}}{\text{Peso muestra (g)}} \times 100$$

$$ISA = \frac{0,169}{2,505} \times 100$$

$$ISA = 6,75$$

Con fines demostrativos se calculó con los datos correspondientes a la primera repetición del tratamiento (a).

## A 2.4. HOJA TÉCNICA DEL ACEITE PARA ALIMENTOS

Producto: Aceite DANOLIN FRI 3317 (DANEC S.A.)

<b>Característica</b>	<b>Unidad</b>	<b>Especificación</b>	<b>Método de Ensayo</b>
Acidez como ác. Palmítico	%	0,07 máx.	AOCS Ca 5a-40
Pérdida por calentamiento	%	0,05 máx.	AOCS Ca 2b-38
Índice de yodo	cg/g	58 min	AOCS Cd 1-25
Materia insaponificable	%	0,5 máx.	AOCS Ca 3a-46
Índice de refracción 40°C		1,4590-1,4610	AOCS Cc 7-25
Índice de peróxido	meqO <sub>2</sub> /Kg	1,0 máx	AOCS Cd 8a-53
Punto de fusión	°C	18 máx	AOCS Cc 3-25
Olor/Sabor		Bueno/Bueno	AOCS Cc 13e-92
Color en celda de 5 1/4''			
Amarillo		38 máx	
Rojo		3,5 máx	
<b>Perfil de ácidos grasos</b>			AOCS Ce 1-62
Láurico		0,6 máx.	
Mirístico		1,2 máx.	
Palmítico		30,0-40,0	
Esteárico		3,0-6,0	
Oléico		40,0-52,0	
Linoléico		10,0-14,0	
Linolénico		0,5 máx.	
C>20		trazas	

## A 2.5. NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 3659 PARA PRODUCTOS EXTRUIDOS

NÓRMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 3659 (Productos Extruidos)		
Requisitos	Tipo	
	Salado	Dulce
Humedad % máx.	4	6
Proteína (Nx6,25) % mín.	3	3
Carbohidratos % máx.	95	95
Grasa % máx.	50	30

Requisitos Microbiológicos	n	c	m	M
Recuento aeróbios mesófilos UFC/g	3	1	5000	100000
Recuento mohos y levaduras/g	3	1	200	300



## A 2.6.TABLA DE SIGNIFICANCIA PARA PRUEBA SENSORIAL TRIANGULAR

### PROBABILIDAD DE X O MÁS JUICIOS CORRECTOS EN n PRUEBAS ( $p= 1/3$ )

		Respuestas Correctas											
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Nº Total de panelistas	5	0,210	0,045	0,004									
	6	0,320	0,100	0,018	0,001								
	7	0,420	0,173	0,048	0,007								
	8	0,532	0,259	0,880	0,020	0,003							
	9	0,623	0,360	0,145	0,042	0,008	0,001						
	10	0,701	0,441	0,213	0,077	0,020	0,003						
	11	0,766	0,527	0,289	0,122	0,039	0,009	0,001					
	12	0,819	0,607	0,368	0,178	0,066	0,019	0,004	0,001				
	13	0,861	0,678	0,448	0,241	0,104	0,035	0,009	0,002				
	14	0,895	0,739	0,524	0,310	0,149	0,058	0,017	0,004	0,001			
	15	0,921	0,791	0,596	0,382	0,203	0,088	0,031	0,008	0,002			
	16	0,941	0,834	0,661	0,453	0,263	0,126	0,050	0,016	0,004	0,001		
	17	0,956	0,870	0,719	0,522	0,326	0,172	0,075	0,027	0,008	0,002		
	18	0,967	0,898	0,769	0,588	0,391	0,223	0,108	0,430	0,014	0,004	0,001	
	19	0,976	0,921	0,812	0,648	0,457	0,279	0,146	0,065	0,024	0,007	0,002	
	20	0,982	0,940	0,848	0,703	0,521	0,339	0,191	0,092	0,038	0,013	0,004	0,001

### **ANEXO 3. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS**

### A 3.1. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA PRUEBA AFECTIVA DE PRODUCTOS PROCESADOS EN EL LAMINADOR (TRATAMIENTOS ESCOGIDOS)

Data file: AFECLAMI  
Title: afectivo laminado

Function: ANOVA-2  
Data case 1 to 80

Two-way Analysis of Variance over  
variable 1 (tratamientos) with values from 1 to 4 and over  
variable 2 (repeticiones) with values from 1 to 20.

Variable 3: **color**

#### A N A L Y S I S O F V A R I A N C E T A B L E

Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F-value	Prob
tratamientos	3	12.05	4.017	4.88	0.0044
repeticiones	19	32.55	1.713	2.08	0.0175
Error	57	46.95	0.824		
Non-additivity	1	0.95	0.951	1.16	0.2867
Residual	56	46.00	0.821		
Total	79	91.55			

Grand Mean= 4.925 Grand Sum= 394.000 Total Count= 80

Coefficient of Variation= 18.43%  
lsd at 0.05 alpha level = 1.285

=====  
=

Variable 4: **aroma**

#### A N A L Y S I S O F V A R I A N C E T A B L E

Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F-value	Prob
tratamientos	3	0.74	0.246	0.47	0.7065
repeticiones	19	44.14	2.323	4.41	0.0000
Error	57	30.01	0.527		
Non-additivity	1	0.05	0.055	0.10	
Residual	56	29.96	0.535		
Total	79	74.89			

Grand Mean= 5.038 Grand Sum= 403.000 Total Count= 80

Coefficient of Variation= 14.40%  
lsd at 0.05 alpha level = 1.027

=====

Variable 5: textura

A N A L Y S I S    O F    V A R I A N C E    T A B L E

Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F-value	Prob
tratamientos	3	7.74	2.579	4.32	0.0082
repeticiones	19	31.94	1.681	2.82	0.0013
Error	57	34.01	0.597		
Non-additivity	1	0.36	0.362	0.60	
Residual	56	33.65	0.601		
Total	79	73.69			

Grand Mean=        5.438    Grand Sum=    435.000    Total Count=    80

Coefficient of Variation=    14.21%  
 lsd at 0.05 alpha level =        1.094

=====

Variable 6: sabor

A N A L Y S I S    O F    V A R I A N C E    T A B L E

Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F-value	Prob
tratamientos	3	3.85	1.283	1.62	0.1947
repeticiones	19	44.95	2.366	2.99	0.0007
Error	57	45.15	0.792		
Non-additivity	1	3.52	3.518	4.73	0.0338
Residual	56	41.63	0.743		
Total	79	93.95			

Grand Mean=        5.225    Grand Sum=    418.000    Total Count=    80

Coefficient of Variation=    17.03%  
 lsd at 0.05 alpha level =        1.260

### A 3.2. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA PRUEBA DESCRIPTIVA DE PRODUCTOS PROCESADOS EN EL LAMINADOR (TRATAMIENTOS ESCOGIDOS)

Data file: DESCRILA  
Title: descriptivo laminado final

Function: ANOVA-2  
Data case 1 to 80

Two-way Analysis of Variance over  
variable 1 (tratamientos) with values from 1 to 4 and over  
variable 2 (repteticiones) with values from 1 to 20.

Variable 3: color

#### A N A L Y S I S O F V A R I A N C E T A B L E

Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F-value	Prob
tratamientos	3	119.00	39.667	8.94	0.0001
repteticiones	19	113.80	5.989	1.35	0.1906
Error	57	253.00	4.439		
Non-additivity	1	1.01	1.014	0.23	
Residual	56	251.99	4.500		
Total	79	485.80			

Grand Mean= 7.050    Grand Sum= 564.000    Total Count= 80  
Coefficient of Variation= 29.88%  
lsd at 0.05 alpha level = 2.983

=====  
=

Variable 4: textura

#### A N A L Y S I S O F V A R I A N C E T A B L E

Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F-value	Prob
tratamientos	3	2.84	0.946	0.41	0.7484
repteticiones	19	84.74	4.460	1.92	0.0303
Error	57	132.41	2.323		
Non-additivity	1	9.74	9.743	4.45	0.0394
Residual	56	122.67	2.191		
Total	79	219.99			

Grand Mean= 8.488    Grand Sum= 679.000    Total Count= 80  
Coefficient of Variation= 17.96%  
lsd at 0.05 alpha level = 2.158

=====

Variable 5: fracturabilidad

A N A L Y S I S     O F     V A R I A N C E     T A B L E

Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F-value	Prob
tratamientos	3	3.24	1.079	0.39	0.7620
repteticiones	19	178.44	9.391	3.38	0.0002
Error	57	158.51	2.781		
Non-additivity	1	4.55	4.545	1.65	0.2038
Residual	56	153.97	2.749		
Total	79	340.19			

Grand Mean=        8.188    Grand Sum=    655.000    Total Count=    80

Coefficient of Variation=    20.37%

lsd at 0.05 alpha level =        2.361

=====

Variable 6: adhesividad

A N A L Y S I S     O F     V A R I A N C E     T A B L E

Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F-value	Prob
tratamientos	3	5.05	1.683	0.59	0.6225
repteticiones	19	236.95	12.471	4.39	0.0000
Error	57	161.95	2.841		
Non-additivity	1	11.04	11.042	4.10	0.0477
Residual	56	150.91	2.695		
Total	79	403.95			

Grand Mean=        8.025    Grand Sum=    642.000    Total Count=    80

Coefficient of Variation=    21.00%

lsd at 0.05 alpha level =        2.387

### A 3.3. ANÁLISIS DE VARIANZA Y PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN PARA LA ACTIVIDAD DE AGUA DE PRODUCTOS PROCESADOS EN EL LAMINADOR

Data file: AWLAM  
Title: Actividad de agua laminados

Function: FACTOR

Experiment Model Number 3:  
Three Factor Completely Randomized Design

Data case no. 1 to 48.

Factorial ANOVA for the factors:  
Replication (Var 4: repeticiones) with values from 1 to 3  
Factor A (Var 1: mezcla) with values from 1 to 4  
Factor B (Var 2: humedad) with values from 1 to 2  
Factor C (Var 3: temperatura) with values from 1 to 2

Variable 5: aw

Grand Mean = 0.330    Grand Sum = 15.840    Total Count = 48

#### A N A L Y S I S   O F   V A R I A N C E   T A B L E

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
2	Factor A	3	0.242	0.081	4833.6761	0.0000
4	Factor B	1	0.001	0.001	72.0002	0.0000
6	AB	3	0.012	0.004	237.6671	0.0000
8	Factor C	1	0.034	0.034	2048.0039	0.0000
10	AC	3	0.014	0.005	288.3339	0.0000
12	BC	1	0.002	0.002	128.0003	0.0000
14	ABC	3	0.001	0.000	24.3334	0.0000
-15	Error	32	0.001	0.000		
	Total	47	0.307			

Coefficient of Variation: 1.24%

s<sub>y</sub> for means group 2:    0.0012    Number of Observations: 12

s<sub>y</sub> for means group 4:    0.0008    Number of Observations: 24

s<sub>y</sub> for means group 6:    0.0017    Number of Observations: 6

s<sub>y</sub> for means group 8:    0.0008    Number of Observations: 24

s\_ for means group 10: 0.0017 Number of Observations: 6  
 y

s\_ for means group 12: 0.0012 Number of Observations: 12  
 y

s\_ for means group 14: 0.0024 Number of Observations: 3  
 y

Data File : AWLAM  
 Title : Actividad de agua laminados

Case Range : 89 - 104  
 Variable 5 : aw  
 Function : RANGE

Error Mean Square = 0.001000  
 Error Degrees of Freedom = 32  
 No. of observations to calculate a mean = 8

Tukey's Honestly Significant Difference Test

s\_ = 0.01118 at alpha = 0.050

x

	Original Order			Ranked Order		
Mean	1 =	0.2767	DEF	Mean	13 =	0.4933 G
Mean	2 =	0.2700	EF	Mean	14 =	0.4600 FG
Mean	3 =	0.3100	CDE	Mean	15 =	0.4600 EF
Mean	4 =	0.3000	CDE	Mean	16 =	0.3800 DEF
Mean	5 =	0.3200	CDE	Mean	11 =	0.3500 DE
Mean	6 =	0.2200	FG	Mean	9 =	0.3300 CDE
Mean	7 =	0.3133	CDE	Mean	5 =	0.3200 CDE
Mean	8 =	0.2033	G	Mean	7 =	0.3133 CDE
Mean	9 =	0.3300	BCD	Mean	10 =	0.3100 CDE
Mean	10 =	0.3100	CDE	Mean	3 =	0.3100 CDE
Mean	11 =	0.3500	BC	Mean	4 =	0.3000 BCD
Mean	12 =	0.2833	DE	Mean	12 =	0.2833 BC
Mean	13 =	0.4933	A	Mean	1 =	0.2767 B
Mean	14 =	0.4600	A	Mean	2 =	0.2700 A
Mean	15 =	0.4600	A	Mean	6 =	0.2200 A
Mean	16 =	0.3800	B	Mean	8 =	0.2033 A



### A 3.4. ANÁLISIS DE VARIANZA Y PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN PARA EL GRADO DE EXPANSIÓN DE PRODUCTOS PROCESADOS EN EL LAMINADOR

Data file: GEXPANLA  
Title: grado de expansion laminado rodillos

Function: FACTOR

Experiment Model Number 3:  
Three Factor Completely Randomized Design

Data case no. 1 to 160.

Factorial ANOVA for the factors:  
Replication (Var 4: repeticiones) with values from 1 to 10  
Factor A (Var 1: mezcla) with values from 1 to 4  
Factor B (Var 2: humedad) with values from 1 to 2  
Factor C (Var 3: ptemperatura) with values from 1 to 2

Variable 5: G.EXPANSION

Grand Mean = 3.279    Grand Sum = 524.720    Total Count = 160

#### A N A L Y S I S   O F   V A R I A N C E   T A B L E

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
2	Factor A	3	45.822	15.274	372.6411	0.0000
4	Factor B	1	0.002	0.002	0.0549	
6	AB	3	2.806	0.935	22.8201	0.0000
8	Factor C	1	0.454	0.454	11.0686	0.0011
10	AC	3	1.227	0.409	9.9802	0.0000
12	BC	1	0.000	0.000	0.0010	
14	ABC	3	0.751	0.250	6.1041	0.0006
-15	Error	144	5.902	0.041		
	Total	159	56.965			

Coefficient of Variation: 6.17%

s<sub>y</sub> for means group 2:    0.0320    Number of Observations: 40

s<sub>y</sub> for means group 4:    0.0226    Number of Observations: 80

s<sub>y</sub> for means group 6:    0.0453    Number of Observations: 20

s<sub>y</sub> for means group 8:    0.0226    Number of Observations: 80

s\_ for means group 10: 0.0453 Number of Observations: 20  
 y

s\_ for means group 12: 0.0320 Number of Observations: 40  
 y

s\_ for means group 14: 0.0640 Number of Observations: 10  
 y

Data File : GEXPANLA

Title : grado de expansion laminado rodillos

Case Range : 262 - 277

Variable 5 : G.EXP

Function : RANGE

Error Mean Square = 0.04100

Error Degrees of Freedom = 159

No. of observations to calculate a mean = 10

Tukey's Honestly Significant Difference Test

s\_ = 0.06403 at alpha = 0.050

x

	Original Order			Ranked Order		
Mean	1 =	3.018	CDEF	Mean	14 =	4.506 A
Mean	2 =	3.030	CDEF	Mean	13 =	4.310 A
Mean	3 =	3.198	C	Mean	16 =	4.284 A
Mean	4 =	3.114	CD	Mean	15 =	3.692 B
Mean	5 =	2.722	F	Mean	3 =	3.198 C
Mean	6 =	2.790	EF	Mean	8 =	3.118 CD
Mean	7 =	2.982	CDEF	Mean	4 =	3.114 CD
Mean	8 =	3.118	CD	Mean	11 =	3.046 CDE
Mean	9 =	2.842	DEF	Mean	2 =	3.030 CDEF
Mean	10 =	2.988	CDEF	Mean	1 =	3.018 CDEF
Mean	11 =	3.046	CDE	Mean	10 =	2.988 CDEF
Mean	12 =	2.832	DEF	Mean	7 =	2.982 CDEF
Mean	13 =	4.310	A	Mean	9 =	2.842 DEF
Mean	14 =	4.506	A	Mean	12 =	2.832 DEF
Mean	15 =	3.692	B	Mean	6 =	2.790 EF
Mean	16 =	4.284	A	Mean	5 =	2.722 F

### A 3.5. ANÁLISIS DE VARIANZA Y PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN PARA LA DENSIDAD APARENTE DE PRODUCTOS PROCESADOS EN EL LAMINADOR

Data file: DENAPALA  
Title: densidad aparente laminado rodillos

Function: FACTOR

Experiment Model Number 3:  
Three Factor Completely Randomized Design

Data case no. 1 to 48.

Factorial ANOVA for the factors:  
Replication (Var 4: repeticiones) with values from 1 to 3  
Factor A (Var 1: mezcla) with values from 1 to 4  
Factor B (Var 2: humedad) with values from 1 to 2  
Factor C (Var 3: ptemperatura) with values from 1 to 2

Variable 5: densidad aparente

Grand Mean = 0.452    Grand Sum = 21.700    Total Count = 48

#### A N A L Y S I S   O F   V A R I A N C E   T A B L E

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
2	Factor A	3	0.017	0.006	77.2952	0.0000
4	Factor B	1	0.003	0.003	41.2571	0.0000
6	AB	3	0.001	0.000	5.9810	0.0023
8	Factor C	1	0.000	0.000	1.0286	0.3181
10	AC	3	0.011	0.004	49.8667	0.0000
12	BC	1	0.000	0.000	1.0286	0.3181
14	ABC	3	0.005	0.002	23.6571	0.0000
-15	Error	32	0.002	0.000		
	Total	47	0.040			

Coefficient of Variation: 1.89%

s\_ for means group 2:    0.0025    Number of Observations: 12  
y

s\_ for means group 4:    0.0017    Number of Observations: 24  
y

s\_ for means group 6:    0.0035    Number of Observations: 6  
y

s\_ for means group 8:    0.0017    Number of Observations: 24  
y

s\_ for means group 10:    0.0035    Number of Observations: 6  
y

s\_ for means group 12: 0.0025 Number of Observations: 12  
 y

s\_ for means group 14: 0.0049 Number of Observations: 3  
 y

Data File : DENAPALA

Title : densidad aparente laminado rodillos

Case Range : 94 - 109

Variable 5 : densidad aparente

Function : RANGE

Error Mean Square = 0.002000

Error Degrees of Freedom = 32

No. of observations to calculate a mean = 8

Tukey's Honestly Significant Difference Test

s\_ = 0.01581 at alpha = 0.050

x

Original Order				Ranked Order			
Mean	1 =	0.4300	ABC	Mean	16 =	0.5100	C
Mean	2 =	0.4033	C	Mean	14 =	0.4900	BC
Mean	3 =	0.4667	ABC	Mean	12 =	0.4833	ABC
Mean	4 =	0.4100	BC	Mean	7 =	0.4700	ABC
Mean	5 =	0.4333	ABC	Mean	3 =	0.4667	ABC
Mean	6 =	0.4500	ABC	Mean	13 =	0.4633	ABC
Mean	7 =	0.4700	ABC	Mean	11 =	0.4600	ABC
Mean	8 =	0.4267	ABC	Mean	15 =	0.4533	ABC
Mean	9 =	0.4500	ABC	Mean	6 =	0.4500	ABC
Mean	10 =	0.4333	ABC	Mean	9 =	0.4500	ABC
Mean	11 =	0.4600	ABC	Mean	10 =	0.4333	ABC
Mean	12 =	0.4833	ABC	Mean	5 =	0.4333	ABC
Mean	13 =	0.4633	ABC	Mean	1 =	0.4300	ABC
Mean	14 =	0.4900	AB	Mean	8 =	0.4267	ABC
Mean	15 =	0.4533	ABC	Mean	4 =	0.4100	AB
Mean	16 =	0.5100	A	Mean	2 =	0.4033	A

### A 3.6. ANÁLISIS DE VARIANZA Y PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN PARA LAS PROPIEDADES FUNCIONALES DEL ALMIDÓN EN PRODUCTOS PROCESADOS EN EL LAMINADOR

Data file: IAAISALA  
 Title: iaa isa laminado rodillos

Function: FACTOR

Experiment Model Number 3:  
 Three Factor Completely Randomized Design

Data case no. 1 to 48.

Factorial ANOVA for the factors:  
 Replication (Var 4: repeticiones) with values from 1 to 3  
 Factor A (Var 1: mezcla) with values from 1 to 4  
 Factor B (Var 2: humedad) with values from 1 to 2  
 Factor C (Var 3: ptemperatura) with values from 1 to 2

Variable 5: IAA

Grand Mean = 3.420    Grand Sum = 164.170    Total Count = 48

#### A N A L Y S I S   O F   V A R I A N C E   T A B L E

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
2	Factor A	3	1.048	0.349	23.4414	0.0000
4	Factor B	1	0.102	0.102	6.8271	0.0136
6	AB	3	0.217	0.072	4.8489	0.0068
8	Factor C	1	0.036	0.036	2.3988	0.1313
10	AC	3	0.154	0.051	3.4481	0.0280
12	BC	1	0.081	0.081	5.4248	0.0263
14	ABC	3	0.094	0.031	2.1002	0.1197
-15	Error	32	0.477	0.015		
	Total	47	2.208			

Coefficient of Variation: 3.57%

s\_ for means group 2:    0.0352    Number of Observations: 12  
 y

s\_ for means group 4:    0.0249    Number of Observations: 24  
 y

s\_ for means group 6:    0.0498    Number of Observations: 6  
 y

s\_ for means group 8:    0.0249    Number of Observations: 24  
 y

s\_ for means group 10:    0.0498    Number of Observations: 6  
 y

s\_ for means group 12: 0.0352 Number of Observations: 12  
y

s\_ for means group 14: 0.0705 Number of Observations: 3  
y

=====

Variable 6: ISA

Grand Mean = 2.534 Grand Sum = 121.611 Total Count = 48

A N A L Y S I S O F V A R I A N C E T A B L E

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
2	Factor A	3	33.031	11.010	35.2655	0.0000
4	Factor B	1	1.318	1.318	4.2206	0.0482
6	AB	3	1.428	0.476	1.5244	0.2270
8	Factor C	1	0.862	0.862	2.7615	0.1063
10	AC	3	0.616	0.205	0.6574	
12	BC	1	3.106	3.106	9.9499	0.0035
14	ABC	3	0.254	0.085	0.2711	
-15	Error	32	9.991	0.312		
Total		47	50.605			

Coefficient of Variation: 22.05%

s\_ for means group 2: 0.1613 Number of Observations: 12  
y

s\_ for means group 4: 0.1141 Number of Observations: 24  
y

s\_ for means group 6: 0.2281 Number of Observations: 6  
y

s\_ for means group 8: 0.1141 Number of Observations: 24  
y

s\_ for means group 10: 0.2281 Number of Observations: 6  
y

s\_ for means group 12: 0.1613 Number of Observations: 12  
y

s\_ for means group 14: 0.3226 Number of Observations: 3  
y

Data File : IAAISALA  
 Title : iaa isa laminado rodillos

Case Range : 102 - 117  
 Variable 5 : IAA  
 Function : RANGE

Error Mean Square = 0.03100  
 Error Degrees of Freedom = 32  
 No. of observations to calculate a mean = 8

Tukey's Honestly Significant Difference Test  
 $s_{\alpha} = 0.06225$  at  $\alpha = 0.050$

x

Original Order				Ranked Order			
Mean	1 =	3.333	BCDE	Mean	7 =	3.673	E
Mean	2 =	3.210	DE	Mean	10 =	3.650	E
Mean	3 =	3.387	ABCDE	Mean	8 =	3.650	E
Mean	4 =	3.200	E	Mean	6 =	3.610	DE
Mean	5 =	3.610	ABC	Mean	5 =	3.610	DE
Mean	6 =	3.610	ABC	Mean	9 =	3.580	CDE
Mean	7 =	3.673	A	Mean	11 =	3.540	BCDE
Mean	8 =	3.650	AB	Mean	14 =	3.450	ABCDE
Mean	9 =	3.580	ABC	Mean	3 =	3.387	ABCDE
Mean	10 =	3.650	AB	Mean	1 =	3.333	ABCD
Mean	11 =	3.540	ABCD	Mean	13 =	3.287	ABC
Mean	12 =	3.143	E	Mean	16 =	3.230	ABC
Mean	13 =	3.287	CDE	Mean	2 =	3.210	ABC
Mean	14 =	3.450	ABCDE	Mean	4 =	3.200	AB
Mean	15 =	3.170	E	Mean	15 =	3.170	AB
Mean	16 =	3.230	DE	Mean	12 =	3.143	A

Data File : IAAISALA  
 Title : iaa isa laminado rodillos

Case Range : 102 - 117  
 Variable 6 : ISA  
 Function : RANGE

Error Mean Square = 0.08500  
 Error Degrees of Freedom = 32  
 No. of observations to calculate a mean = 8

Tukey's Honestly Significant Difference Test  
 $s_{\alpha} = 0.1031$  at  $\alpha = 0.050$

x

Original Order				Ranked Order			
Mean	1 =	0.9733	F	Mean	15 =	4.103	A
Mean	2 =	1.240	F	Mean	14 =	4.086	A

Mean	3 =	2.300	DE	Mean	16 =	3.567	AB
Mean	4 =	1.347	F	Mean	13 =	3.423	B
Mean	5 =	2.303	DE	Mean	7 =	3.183	BC
Mean	6 =	1.997	E	Mean	11 =	2.764	CD
Mean	7 =	3.183	BC	Mean	10 =	2.630	D
Mean	8 =	2.360	DE	Mean	8 =	2.360	DE
Mean	9 =	2.290	DE	Mean	5 =	2.303	DE
Mean	10 =	2.630	D	Mean	3 =	2.300	DE
Mean	11 =	2.764	CD	Mean	9 =	2.290	DE
Mean	12 =	1.970	E	Mean	6 =	1.997	E
Mean	13 =	3.423	B	Mean	12 =	1.970	E
Mean	14 =	4.086	A	Mean	4 =	1.347	F
Mean	15 =	4.103	A	Mean	2 =	1.240	F
Mean	16 =	3.567	AB	Mean	1 =	0.9733	F



### A 3.7. ANÁLISIS DE VARIANZA Y PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD DEL ALMIDÓN EN PRODUCTO PROCESADO POR LAMINADO

Data file: DIGESTALMLAM  
 Title: digestibilidad del almidon en laminados

Function: FACTOR

Experiment Model Number 3:  
 Three Factor Completely Randomized Design

Data case no. 1 to 48.

Factorial ANOVA for the factors:  
 Replication (Var 4: repeticiones) with values from 1 to 3  
 Factor A (Var 1: mezcla) with values from 1 to 4  
 Factor B (Var 2: humedad) with values from 1 to 2  
 Factor C (Var 3: temperatura) with values from 1 to 2

Variable 5: dig.almidon

Grand Mean = 74.608    Grand Sum = 3581.164    Total Count = 48

#### A N A L Y S I S   O F   V A R I A N C E   T A B L E

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
2	Factor A	3	6604.166	2201.389	10132.2279	0.0000
4	Factor B	1	3512.512	3512.512	16166.8716	0.0000
6	AB	3	4034.283	1344.761	6189.4683	0.0000
8	Factor C	1	64.417	64.417	296.4901	0.0000
10	AC	3	87.191	29.064	133.7696	0.0000
12	BC	1	440.998	440.998	2029.7623	0.0000
14	ABC	3	688.214	229.405	1055.8702	0.0000
-15	Error	32	6.953	0.217		
	Total	47	15438.734			

Coefficient of Variation: 0.62%

12    s\_ for means group 2:    0.1346    Number of Observations:  
       y

24    s\_ for means group 4:    0.0951    Number of Observations:  
       y

s\_ for means group 6:    0.1903    Number of Observations: 6  
       y

24    s\_ for means group 8:    0.0951    Number of Observations:

y  
 6 s\_ for means group 10: 0.1903 Number of Observations:  
 y  
 12 s\_ for means group 12: 0.1346 Number of Observations:  
 y  
 3 s\_ for means group 14: 0.2691 Number of Observations:  
 y

Data File : DIGESTALMLAM  
 Title : digestibilidad del almidon en laminados

Case Range : 188 - 203  
 Variable 5 : dig.almidon  
 Function : RANGE

Error Mean Square = 0.2170  
 Error Degrees of Freedom = 32  
 No. of observations to calculate a mean = 3

Tukey's Honestly Significant Difference Test  
 s\_ = 0.2689 at alpha = 0.050  
 x

	Original Order			Ranked Order		
Mean	1 =	79.23	EF	Mean	4 =	94.97 A
Mean	2 =	78.21	F	Mean	3 =	92.18 B
Mean	3 =	92.18	B	Mean	9 =	90.91 B
Mean	4 =	94.97	A	Mean	8 =	88.62 C
Mean	5 =	74.15	H	Mean	12 =	86.34 D
Mean	6 =	65.26	J	Mean	7 =	79.99 E
Mean	7 =	79.99	E	Mean	16 =	79.48 EF
Mean	8 =	88.62	C	Mean	1 =	79.23 EF
Mean	9 =	90.91	B	Mean	2 =	78.21 F
Mean	10 =	75.67	G	Mean	15 =	75.93 G
Mean	11 =	67.80	I	Mean	10 =	75.67 G
Mean	12 =	86.34	D	Mean	5 =	74.15 H
Mean	13 =	27.42	L	Mean	11 =	67.80
I				Mean	6 =	65.26
Mean	14 =	37.58	K	Mean	14 =	37.58
J				Mean	13 =	27.42
Mean	15 =	75.93	G			
K						
Mean	16 =	79.48	EF			
L						

### A 3.8. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA PRUEBA AFECTIVA DE PRODUCTOS PROCESADOS POR EXTRUSIÓN

Data file: AFECTIVOFIN  
Title: afectivo final extruido

Function: ANOVA-2

Data case 1 to 80

Two-way Analysis of Variance over  
variable 1 (TRATAMIENTOS) with values from 1 to 4 and over  
variable 2 (REPETICIONES) with values from 1 to 20.

Variable 3: color

#### A N A L Y S I S O F V A R I A N C E T A B L E

Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F-value	Prob
TRATAMIENTOS	3	35.24	11.746	13.00	0.0000
REPETICIONES	19	52.74	2.776	3.07	0.0006
Error	57	51.51	0.904		
Non-additivity	1	8.34	8.338	10.81	0.0017
Residual	56	43.17	0.771		
Total	79	139.49			

Grand Mean= 5.138 Grand Sum= 411.000 Total Count= 80  
Coefficient of Variation= 18.50%  
lsd at 0.05 alpha level = 1.346

Variable 4: aroma

#### A N A L Y S I S O F V A R I A N C E T A B L E

Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F-value	Prob
TRATAMIENTOS	3	6.14	2.046	3.06	0.0354
REPETICIONES	19	97.44	5.128	7.67	0.0000
Error	57	38.11	0.669		
Non-additivity	1	0.39	0.392	0.58	
Residual	56	37.72	0.674		
Total	79	141.69			

Grand Mean= 4.563 Grand Sum= 365.000 Total Count= 80  
Coefficient of Variation= 17.92%  
lsd at 0.05 alpha level = 1.158

Variable 5: textura

## A N A L Y S I S    O F    V A R I A N C E    T A B L E

Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F-value	Prob
TRATAMIENTOS	3	13.00	4.333	3.29	0.0269
REPETICIONES	19	56.80	2.989	2.27	0.0090
Error	57	75.00	1.316		
Non-additivity	1	5.23	5.233	4.20	0.0451
Residual	56	69.77	1.246		
Total	79	144.80			

Grand Mean= 5.200    Grand Sum= 416.000    Total Count= 80  
 Coefficient of Variation= 22.06%  
 lsd at 0.05 alpha level = 1.624

Variable 6: sabor

## A N A L Y S I S    O F    V A R I A N C E    T A B L E

Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F-value	Prob
TRATAMIENTOS	3	7.30	2.433	2.76	0.0502
REPETICIONES	19	54.30	2.858	3.25	0.0003
Error	57	50.20	0.881		
Non-additivity	1	1.31	1.310	1.50	0.2258
Residual	56	48.89	0.873		
Total	79	111.80			

Grand Mean= 5.450    Grand Sum= 436.000    Total Count= 80

Coefficient of Variation= 17.22%

lsd at 0.05 alpha level = 1.329

### A 3.9. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA PRUEBA DESCRIPTIVA DE PRODUCTOS PROCESADOS POR EXTRUSIÓN

Data file: DESCRIPT

Title: descriptivo final extrusion

Function: ANOVA-2

Data case 1 to 80

Two-way Analysis of Variance over  
variable 1 (trata) with values from 1 to 4 and over  
variable 2 (repeti) with values from 1 to 20.

Variable 3: color

#### A N A L Y S I S O F V A R I A N C E T A B L E

Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F-value	Prob
trata	3	464.54	154.846	53.75	0.0000
repeti	19	61.14	3.218	1.12	0.3600
Error	57	164.21	2.881		
Non-additivity	1	4.55	4.553	1.60	0.2116
Residual	56	159.66	2.851		

Total 79 689.89

Grand Mean= 6.338 Grand Sum= 507.000 Total Count= 80  
Coefficient of Variation= 26.78%  
lsd at 0.05 alpha level = 2.403

=====  
Variable 4: tex

#### A N A L Y S I S O F V A R I A N C E T A B L E

Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F-value	Prob
trata	3	13.70	4.567	0.85	0.4717
repeti	19	209.30	11.016	2.05	0.0192
Error	57	305.80	5.365		
Non-additivity	1	43.99	43.995	9.41	0.0033
Residual	56	261.81	4.675		

Total 79 528.80

Grand Mean= 7.800 Grand Sum= 624.000 Total Count= 80  
Coefficient of Variation= 29.70%  
lsd at 0.05 alpha level = 3.280

## Variable 5: fractu

## A N A L Y S I S    O F    V A R I A N C E    T A B L E

Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F-value	Prob
trata	3	16.24	5.413	2.29	0.0885
repeti	19	142.44	7.497	3.16	0.0004
Error	57	135.01	2.369		
Non-additivity	1	42.72	42.719	25.92	0.0000
Residual	56	92.29	1.648		
Total	79	293.69			

Grand Mean= 8.563    Grand Sum= 685.000    Total Count= 80

Coefficient of Variation= 17.97%

lsd at 0.05 alpha level = 2.179

## Variable 6: adhesividad

## A N A L Y S I S    O F    V A R I A N C E    T A B L E

Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F-value	Prob
trata	3	0.10	0.033	0.01	0.9991
repeti	19	357.20	18.800	4.29	0.0000
Error	57	249.90	4.384		
Non-additivity	1	0.25	0.251	0.06	
Residual	56	249.65	4.458		
Total	79	607.20			

Grand Mean= 7.600    Grand Sum= 608.000    Total Count= 80

Coefficient of Variation= 27.55%

lsd at 0.05 alpha level = 2.965

### A 3.10. ANÁLISIS DE VARIANZA Y PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN PARA LA ACTIVIDAD DE AGUA DE PRODUCTOS PROCESADOS POR EXTRUSIÓN

Data file: AWEXTRUI  
Title: actividad de agua extruidos

Function: FACTOR

Experiment Model Number 3:  
Three Factor Completely Randomized Design

Data case no. 1 to 48.

Factorial ANOVA for the factors:  
Replication (Var 4: repeticiones) with values from 1 to 3  
Factor A (Var 1: Mezcla) with values from 1 to 4  
Factor B (Var 2: humedad) with values from 1 to 2  
Factor C (Var 3: temperatura) with values from 1 to 2

Variable 5: aw

Grand Mean = 0.314    Grand Sum = 15.070    Total Count = 48

#### A N A L Y S I S   O F   V A R I A N C E   T A B L E

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
2	Factor A	3	0.055	0.018	795.7274	0.0000
4	Factor B	1	0.002	0.002	76.4546	0.0000
6	AB	3	0.077	0.026	1126.8791	0.0000
8	Factor C	1	0.046	0.046	2018.2732	0.0000
10	AC	3	0.021	0.007	307.0001	0.0000
12	BC	1	0.001	0.001	32.8182	0.0000
14	ABC	3	0.006	0.002	89.7880	0.0000
-15	Error	32	0.001	0.000		
	Total	47	0.209			

Coefficient of Variation: 1.52%

s\_ for means group 2:    0.0014    Number of Observations: 12  
y

s\_ for means group 4:    0.0010    Number of Observations: 24  
y

s\_ for means group 6:    0.0020    Number of Observations: 6  
y

s\_ for means group 8:    0.0010    Number of Observations: 24  
y

s\_ for means group 10:    0.0020    Number of Observations: 6  
y

s\_ for means group 12:    0.0014    Number of Observations: 12

y

s\_ for means group 14: 0.0028 Number of Observations: 3

y

Data File : AWEXTRUI

Title : actividad de agua extruidos

Case Range : 89 - 104

Variable 5 : aw

Function : RANGE

Error Mean Square = 0.002000

Error Degrees of Freedom = 32

No. of observations to calculate a mean = 3

Tukey's Honestly Significant Difference Test

s\_ = 0.02582 at alpha = 0.050

x

Original Order				Ranked Order			
Mean	1 =	0.2400	CD	Mean	10 =	0.4500	A
Mean	2 =	0.2500	CD	Mean	14 =	0.4200	AB
Mean	3 =	0.3333	ABCD	Mean	13 =	0.3600	ABC
Mean	4 =	0.3200	ABCD	Mean	12 =	0.3600	ABC
Mean	5 =	0.1967	D	Mean	16 =	0.3500	ABC
Mean	6 =	0.3000	BCD	Mean	9 =	0.3433	ABC
Mean	7 =	0.2933	BCD	Mean	3 =	0.3333	ABCD
Mean	8 =	0.3100	BCD	Mean	4 =	0.3200	ABCD
Mean	9 =	0.3433	ABC	Mean	8 =	0.3100	BCD
Mean	10 =	0.4500	A	Mean	6 =	0.3000	BCD
Mean	11 =	0.2367	CD	Mean	7 =	0.2933	BCD
Mean	12 =	0.3600	ABC	Mean	15 =	0.2600	CD
Mean	13 =	0.3600	ABC	Mean	2 =	0.2500	CD
Mean	14 =	0.4200	AB	Mean	1 =	0.2400	CD
Mean	15 =	0.2600	CD	Mean	11 =	0.2367	CD
Mean	16 =	0.3500	ABC	Mean	5 =	0.1967	D



### A 3.11. ANÁLISIS DE VARIANZA Y PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN PARA EL GRADO DE EXPANSIÓN DE PRODUCTOS PROCESADOS POR EXTRUSIÓN

Data file: GEXPEXTR  
 Title: GRADO DE EXPANSION EXTRUIDOS  
 Function: FACTOR  
 Experiment Model Number 3:  
 Three Factor Completely Randomized Design

Data case no. 1 to 160.

Factorial ANOVA for the factors:  
 Replication (Var 4: REPETICIONES) with values from 1 to 10  
 Factor A (Var 1: MEZCLA) with values from 1 to 4  
 Factor B (Var 2: HUMEDAD) with values from 1 to 2  
 Factor C (Var 3: TEMPERATURA) with values from 1 to 2

Variable 5: G.EXP.

Grand Mean = 3.888    Grand Sum = 622.080    Total Count = 160

#### A N A L Y S I S   O F   V A R I A N C E   T A B L E

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
2	Factor A	3	3.161	1.054	9.3162	0.0000
4	Factor B	1	0.006	0.006	0.0553	
6	AB	3	4.510	1.503	13.2910	0.0000
8	Factor C	1	0.365	0.365	3.2253	0.0746
10	AC	3	0.458	0.153	1.3502	0.2605
12	BC	1	1.050	1.050	9.2811	0.0028
14	ABC	3	1.186	0.395	3.4967	0.0173
-15	Error	144	16.288	0.113		
	Total	159	27.024			

Coefficient of Variation: 8.65%

s\_ for means group 2:    0.0532    Number of Observations: 40  
 y

s\_ for means group 4:    0.0376    Number of Observations: 80  
 y

s\_ for means group 6:    0.0752    Number of Observations: 20  
 y

s\_ for means group 8:    0.0376    Number of Observations: 80  
 y

s\_ for means group 10:    0.0752    Number of Observations: 20  
 y

s\_ for means group 12:    0.0532    Number of Observations: 40

y

s\_ for means group 14: 0.1064 Number of Observations: 10  
y

Data File : GEXPEXTR  
Title : GRADO DE EXPANSION EXTRUIDOS

Case Range : 294 - 309  
Variable 5 : G.EXP.  
Function : RANGE

Error Mean Square = 0.1130  
Error Degrees of Freedom = 159  
No. of observations to calculate a mean = 10

Tukey's Honestly Significant Difference Test  
s\_ = 0.1063 at alpha = 0.050  
x

Original Order				Ranked Order			
Mean	1 =	3.902	BC	Mean	15 =	4.698	A
Mean	2 =	3.896	BC	Mean	16 =	4.114	B
Mean	3 =	3.910	BC	Mean	5 =	4.048	B
Mean	4 =	3.492	C	Mean	6 =	3.988	BC
Mean	5 =	4.048	B	Mean	14 =	3.972	BC
Mean	6 =	3.988	BC	Mean	3 =	3.910	BC
Mean	7 =	3.770	BC	Mean	1 =	3.902	BC
Mean	8 =	3.664	BC	Mean	2 =	3.896	BC
Mean	9 =	3.738	BC	Mean	10 =	3.804	BC
Mean	10 =	3.804	BC	Mean	12 =	3.792	BC
Mean	11 =	3.714	BC	Mean	7 =	3.770	BC
Mean	12 =	3.792	BC	Mean	9 =	3.738	BC
Mean	13 =	3.706	BC	Mean	11 =	3.714	BC
Mean	14 =	3.972	BC	Mean	13 =	3.706	BC
Mean	15 =	4.698	A	Mean	8 =	3.664	BC
Mean	16 =	4.114	B	Mean	4 =	3.492	C

### A 3.12 ANÁLISIS DE VARIANZA Y PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN PARA LA DENSIDAD APARENTE DE PRODUCTOS PROCESADOS POR EXTRUSIÓN

Data file: DENAPEXT  
Title: densidad aparente extrusion

Function: FACTOR

Experiment Model Number 3:  
Three Factor Completely Randomized Design

Data case no. 1 to 48.

Factorial ANOVA for the factors:  
Replication (Var 4: repeticiones) with values from 1 to 3  
Factor A (Var 1: mezcla) with values from 1 to 4  
Factor B (Var 2: humedad) with values from 1 to 2  
Factor C (Var 3: ptemperatura) with values from 1 to 2

Variable 5: densidad aparente

Grand Mean = 0.410    Grand Sum = 19.693    Total Count = 48

#### A N A L Y S I S   O F   V A R I A N C E   T A B L E

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
2	Factor A	3	0.045	0.015	121.8086	0.0000
4	Factor B	1	0.008	0.008	61.7271	0.0000
6	AB	3	0.004	0.001	11.2664	0.0000
8	Factor C	1	0.142	0.142	1138.6240	0.0000
10	AC	3	0.096	0.032	256.8105	0.0000
12	BC	1	0.002	0.002	18.5775	0.0001
14	ABC	3	0.010	0.003	26.0963	0.0000
-15	Error	32	0.004	0.000		
	Total	47	0.311			

Coefficient of Variation: 2.72%

s\_ for means group 2:    0.0032    Number of Observations: 12  
y

s\_ for means group 4:    0.0023    Number of Observations: 24  
y

s\_ for means group 6:    0.0046    Number of Observations: 6  
y

s\_ for means group 8:    0.0023    Number of Observations: 24  
y

s\_ for means group 10:    0.0046    Number of Observations: 6  
y

s\_ for means group 12: 0.0032 Number of Observations: 12  
 y

s\_ for means group 14: 0.0064 Number of Observations: 3  
 y

Data File : DENAPEXT  
 Title : densidad aparente extrusion

Case Range : 90 - 105  
 Variable 5 : densidad aparente  
 Function : RANGE

Error Mean Square = 0.003000  
 Error Degrees of Freedom = 32  
 No. of observations to calculate a mean = 8

Tukey's Honestly Significant Difference Test  
 s\_ = 0.01936 at alpha = 0.050  
 x

Original Order				Ranked Order			
Mean	1 =	0.3433	CD	Mean	2 =	0.5333	A
Mean	2 =	0.5333	A	Mean	4 =	0.4967	AB
Mean	3 =	0.2800	D	Mean	6 =	0.4900	AB
Mean	4 =	0.4967	AB	Mean	15 =	0.4867	AB
Mean	5 =	0.2967	D	Mean	13 =	0.4700	AB
Mean	6 =	0.4900	AB	Mean	10 =	0.4600	AB
Mean	7 =	0.3443	CD	Mean	14 =	0.4533	AB
Mean	8 =	0.4233	BC	Mean	12 =	0.4333	ABC
Mean	9 =	0.3367	CD	Mean	16 =	0.4267	BC
Mean	10 =	0.4600	AB	Mean	8 =	0.4233	BC
Mean	11 =	0.2900	D	Mean	7 =	0.3443	CD
Mean	12 =	0.4333	ABC	Mean	1 =	0.3433	CD
Mean	13 =	0.4700	AB	Mean	9 =	0.3367	CD
Mean	14 =	0.4533	AB	Mean	5 =	0.2967	D
Mean	15 =	0.4867	AB	Mean	11 =	0.2900	D
Mean	16 =	0.4267	BC	Mean	3 =	0.2800	D

### A 3.13 ANÁLISIS DE VARIANZA Y PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES DEL ALMIDÓN EN PRODUCTOS PROCESADOS POR EXTRUSIÓN

Data file: IAA-ISA

Title: IAA,ISA extruidos

Function: FACTOR

Experiment Model Number 3:

Three Factor Completely Randomized Design

Data case no. 1 to 48.

Factorial ANOVA for the factors:

Replication (Var 4: repeticiones) with values from 1 to 3

Factor A (Var 1: Composicionn mezcla) with values from 1 to 4

Factor B (Var 2: humedad) with values from 1 to 2

Factor C (Var 3: p temperatura) with values from 1 to 2

Variable 5: IAA

Grand Mean = 5.535    Grand Sum = 265.670    Total Count = 48

#### A N A L Y S I S   O F   V A R I A N C E   T A B L E

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
2	Factor A	3	0.120	0.040	0.4319	
4	Factor B	1	0.196	0.196	2.1268	0.1545
6	AB	3	4.603	1.534	16.6212	0.0000
8	Factor C	1	6.505	6.505	70.4583	0.0000
10	AC	3	10.364	3.455	37.4203	0.0000
12	BC	1	3.429	3.429	37.1460	0.0000
14	ABC	3	3.175	1.058	11.4650	0.0000
-15	Error	32	2.954	0.092		
Total		47	31.347			

Coefficient of Variation: 5.49%

s\_ for means group 2:    0.0877    Number of Observations: 12  
y

s\_ for means group 4:    0.0620    Number of Observations: 24  
y

s\_ for means group 6:    0.1240    Number of Observations: 6  
y

s\_ for means group 8:    0.0620    Number of Observations: 24  
y

s\_ for means group 10:    0.1240    Number of Observations: 6  
y

s\_ for means group 12: 0.0877 Number of Observations: 12  
Y

s\_ for means group 14: 0.1754 Number of Observations: 3  
Y

=====

Variable 6: ISA

Grand Mean = 5.338 Grand Sum = 256.240 Total Count = 48

A N A L Y S I S O F V A R I A N C E T A B L E

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
2	Factor A	3	11.111	3.704	13.3821	0.0000
4	Factor B	1	2.297	2.297	8.2993	0.0070
6	AB	3	15.595	5.198	18.7831	0.0000
8	Factor C	1	1.643	1.643	5.9359	0.0206
10	AC	3	15.292	5.097	18.4186	0.0000
12	BC	1	1.421	1.421	5.1360	0.0303
14	ABC	3	5.354	1.785	6.4483	0.0015
-15	Error	32	8.856	0.277		
Total		47	61.569			

Coefficient of Variation: 9.85%

s\_ for means group 2: 0.1519 Number of Observations: 12  
Y

s\_ for means group 4: 0.1074 Number of Observations: 24  
Y

s\_ for means group 6: 0.2148 Number of Observations: 6  
Y

s\_ for means group 8: 0.1074 Number of Observations: 24  
Y

s\_ for means group 10: 0.2148 Number of Observations: 6  
Y

s\_ for means group 12: 0.1519 Number of Observations: 12  
Y

s\_ for means group 14: 0.3037 Number of Observations: 3  
Y

Data File : IAA-ISA  
Title : IAA, ISA extruidos

Case Range : 91 - 106  
Variable 5 : IAA  
Function : RANGE

Error Mean Square = 1.058  
 Error Degrees of Freedom = 32  
 No. of observations to calculate a mean = 8

Tukey's Honestly Significant Difference Test  
 $s_ = 0.3637$  at  $\alpha = 0.050$   
 x

Original Order				Ranked Order			
Mean	1 =	5.253	ABCD	Mean	14 =	6.863	A
Mean	2 =	5.700	ABCD	Mean	11 =	6.810	A
Mean	3 =	5.573	ABCD	Mean	6 =	6.690	AB
Mean	4 =	5.320	ABCD	Mean	16 =	6.400	ABC
Mean	5 =	5.093	ABCD	Mean	2 =	5.700	ABCD
Mean	6 =	6.690	AB	Mean	10 =	5.683	ABCD
Mean	7 =	4.933	ABCD	Mean	3 =	5.573	ABCD
Mean	8 =	5.353	ABCD	Mean	8 =	5.353	ABCD
Mean	9 =	4.657	CD	Mean	4 =	5.320	ABCD
Mean	10 =	5.683	ABCD	Mean	1 =	5.253	ABCD
Mean	11 =	6.810	A	Mean	12 =	5.213	ABCD
Mean	12 =	5.213	ABCD	Mean	5 =	5.093	ABCD
Mean	13 =	4.850	BCD	Mean	7 =	4.933	ABCD
Mean	14 =	6.863	A	Mean	13 =	4.850	BCD
Mean	15 =	4.163	D	Mean	9 =	4.657	CD
Mean	16 =	6.400	ABC	Mean	15 =	4.163	D

Data File : IAA-ISA  
 Title : IAA, ISA extruidos

Case Range : 91 - 106  
 Variable 6 : ISA  
 Function : RANGE

Error Mean Square = 1.785  
 Error Degrees of Freedom = 32  
 No. of observations to calculate a mean = 8

Tukey's Honestly Significant Difference Test  
 $s_ = 0.4724$  at  $\alpha = 0.050$   
 x

Original Order				Ranked Order			
Mean	1 =	5.207	ABCD	Mean	9 =	7.660	A
Mean	2 =	5.560	ABCD	Mean	4 =	6.773	AB
Mean	3 =	6.697	ABC	Mean	3 =	6.697	ABC
Mean	4 =	6.773	AB	Mean	5 =	5.783	ABCD
Mean	5 =	5.783	ABCD	Mean	7 =	5.700	ABCD
Mean	6 =	5.607	ABCD	Mean	6 =	5.607	ABCD
Mean	7 =	5.700	ABCD	Mean	2 =	5.560	ABCD
Mean	8 =	4.733	BCD	Mean	14 =	5.373	ABCD

Mean	9 =	7.660	A	Mean	1 =	5.207	ABCD
Mean	10 =	4.260	CD	Mean	16 =	5.140	BCD
Mean	11 =	4.550	BCD	Mean	13 =	5.007	BCD
Mean	12 =	3.780	D	Mean	8 =	4.733	BCD
Mean	13 =	5.007	BCD	Mean	11 =	4.550	BCD
Mean	14 =	5.373	ABCD	Mean	10 =	4.260	CD
Mean	15 =	3.583	D	Mean	12 =	3.780	D
Mean	16 =	5.140	BCD	Mean	15 =	3.583	D



### A 3.14. ANÁLISIS DE VARIANZA Y PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD DEL ALMIDÓN EN PRODUCTO PROCESADO POR EXTRUSIÓN

Data file: DIGALMEXT  
 Title: Digestibilidad del almidon extruido

Function: FACTOR

Experiment Model Number 3:  
 Three Factor Completely Randomized Design

Data case no. 1 to 48.

Factorial ANOVA for the factors:  
 Replication (Var 4: repeticiones) with values from 1 to 3  
 Factor A (Var 1: mezcla) with values from 1 to 4  
 Factor B (Var 2: humedad) with values from 1 to 2  
 Factor C (Var 3: perf temperat) with values from 1 to 2

Variable 5: %hidrolisis

Grand Mean = 81.321    Grand Sum = 3903.395    Total Count = 48

#### A N A L Y S I S   O F   V A R I A N C E   T A B L E

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
2	Factor A	3	1201.719	400.573	808.0221	0.0000
4	Factor B	1	2.370	2.370	4.7799	0.0362
6	AB	3	429.661	143.220	288.8990	0.0000
8	Factor C	1	168.341	168.341	339.5723	0.0000
10	AC	3	492.934	164.311	331.4433	0.0000
12	BC	1	37.912	37.912	76.4752	0.0000
14	ABC	3	405.920	135.307	272.9358	0.0000
-15	Error	32	15.864	0.496		
	Total	47	2754.721			

Coefficient of Variation: 0.87%

s\_ for means group 2:    0.2033    Number of Observations: 12  
 y

s\_ for means group 4:    0.1437    Number of Observations: 24  
 y

s\_ for means group 6:    0.2874    Number of Observations: 6  
 y

s\_ for means group 8:    0.1437    Number of Observations: 24  
 y

s\_ for means group 10:    0.2874    Number of Observations: 6

y

s\_ for means group 12: 0.2033 Number of Observations: 12

y

s\_ for means group 14: 0.4065 Number of Observations: 3

y

Data File : DIGALMEXT

Title : Digestibilidad del almidon extruido

Case Range : 89 - 104

Variable 5 : %hidrolisis

Function : RANGE

Error Mean Square = 0.4960

Error Degrees of Freedom = 32

No. of observations to calculate a mean = 3

Tukey's Honestly Significant Difference Test

s\_ = 0.4066 at alpha = 0.050

x

	Original Order			Ranked Order		
Mean 1 =	73.64		K	Mean 10 =	98.52	A
Mean 2 =	68.81		L	Mean 7 =	91.92	B
Mean 3 =	76.94		HI	Mean 12 =	89.89	BC
Mean 4 =	85.83	D		Mean 6 =	88.11	C
Mean 5 =	82.53	E		Mean 4 =	85.83	D
Mean 6 =	88.11	C		Mean 5 =	82.53	E
Mean 7 =	91.92	B		Mean 9 =	82.02	EF
Mean 8 =	78.46		GH	Mean 14 =	79.99	FG
Mean 9 =	82.02		EF	Mean 11 =	78.72	GH
Mean 10 =	98.52	A		Mean 8 =	78.46	GH
Mean 11 =	78.72		GH	Mean 3 =	76.94	HI
Mean 12 =	89.89	BC		Mean 16 =	75.92	IJ
Mean 13 =	75.16		IJK	Mean 13 =	75.16	IJK
Mean 14 =	79.99		FG	Mean 15 =	74.65	JK
Mean 15 =	74.65		JK	Mean 1 =	73.64	K
Mean 16 =	75.92		IJ	Mean 2 =	68.81	L

## **4. FIGURAS**



**Figura A.4.1.** Mezclas acondicionadas



**Figura A.4.2.** Extrusor Brabender



**Figura A.4.3.** Producto a la salida del extrusor



**Figura A.4.4.** Secado del snack extruido



**Figura A.4.5.** Molino de piedra



**Figura A.4.6.** Mezcla del nixtamal con la harina de quinua



**Figura A.4.7.** Alimentación a los rodillos



**Figura A.4.8.** Moldeado del snack



**Figura A.4.9.** Snack a la salida del horno



**Figura A.4.10.** Snack a la salida de la fritura



**Figura A.4.11.** Análisis sensorial extruidos (prueba descriptiva y afectiva)





**Figura A.4.12.** Análisis sensorial laminados (prueba descriptiva y afectiva)



**Figura A.4.13.** Determinación de densidad aparente



**Figura A.4.14.** Medidor de Aw



**Figura A.4.15.** Determinación de la tasa de digestión del almidón



**Figura A.4.16.** Determinación de las propiedades funcionales del almidón



**Figura A.4.17.** Almacenamiento en condiciones aceleradas



**Figura A.4.18.** Análisis microbiológicos



**Figura A.4.19.** Determinación de Índice de peróxidos