



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
PEDRO RUIZ GALLO**



**FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE INDUSTRIAS  
ALIMENTARIAS**

Tesis

**OPTIMIZACIÓN DEL NIVEL DE SUSTITUCIÓN DE LA HARINA DE  
TRIGO POR HARINA DE QUINUA (*Chenopodium quinoa*), CAÑIHUA  
(*Chenopodium pallidicaule*) Y KIWICHA (*Amaranthus caudatus*) EN LA  
ELABORACIÓN DE PAN PANINI PRECOCIDO.**

PRESENTADO POR

BACH. CARLA ALEJANDRA PISFIL GONZALES

ASESORADO POR:

ING. CARMEN ANNABELLE CAMPOS SALAZAR

PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

LAMBAYEQUE – PERÚ

2017



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
PEDRO RUIZ GALLO**



**FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS  
ALIMENTARIAS**

Tesis

**OPTIMIZACIÓN DEL NIVEL DE SUSTITUCIÓN DE LA HARINA DE  
QUINUA (*Chenopodium quinoa*), CAÑIHUA (*Chenopodium pallidicaule*)  
Y KIWICHA (*Amaranthus caudatus*) EN LA ELABORACIÓN DE PAN  
PANINI PRECOCIDO.**

**PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO EN INDUSTRIAS  
ALIMENTARIAS**

**APROBADO POR EL JURADO**

---

Ing. Rubén Darío Sachún García

**PRESIDENTE**

---

Ing. Ysabel Nevado Rojas

**SECRETARIA**

---

Ing. Juan Francisco Robles Ruiz

**VOCAL**

**LAMBAYEQUE – PERÚ**

**2017**

## **Dedicatoria**

A Dios:

Porque ha estado conmigo en cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar. Con todo mi amor y respeto para el creador, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida. Por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorarte cada día más.

A mis padres:

Que privilegio tenerlos como padres, el gran regalo que Dios me dio, crecer sin olvidar tanto esfuerzo y sacrificio muchas veces incompendido, esto solo se le entrega a alguien muy querido. Gracias por ser un ejemplo a seguir, y enseñarme que con dedicación y esfuerzo todo es posible. Con todo mi cariño y amor, esta tesis se la dedico a ustedes.

Sra. Juana Betty Gonzales Gonzales

Sr. Alejandro Pisfil Custodio

A mis abuelos:

Tuve la dicha de tenerlos a mi lado, de recibir sus consejos que me sirvieron y me servirán para toda la vida. Gracias por darme unos padres maravillosos y sé que desde el cielo me cuidan e iluminan.

Humbelinda Gonzales Ayasta

Juan Gonzales Chavesta

Gregoria Custodio Mechan

Agustín Pisfil Rodríguez

## **Agradecimiento**

A mis hermanos por su apoyo moral durante la realización de esta tesis.

Blanca Elena Pisfil Gonzales

Maria Rosa Pisfil Gonzales

Percy Fernando Pisfil Gonzales

A mi asesora y maestra Ing. Carmen Annabella Campos Salazar por su apoyo y orientación durante el proceso de investigación, impulsándome siempre a seguir adelante.

Al Ing. Luis Francisco Márquez Villacorta por su apoyo incondicional en la realización de esta investigación.

A mis sobrinos, Jorge Luis, María Fernanda, Sofía Antonella, Fabrizio Alejandro, María Guadalupe y Fernando Alonso que con sus risas me siento muy afortunada de tenerlos conmigo.

A mis grandes amigos, por su infinita paciencia y apoyo constante que siempre me han brindado.

Karen Reyes Guerrero

Sandra Custodio Urcia

Iván Farroñay Antón

Mauricio Gonzales Santacruz

Cristina Effio Palacios

Emma Ximena Sencio Sánchez

German M. Carranza

Diana Suy Suy Pinglo

Marco Atoche Inoñan

Vicente Valdera Sandoval

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	XVI
ABSTRACT	XVII
INTRODUCCIÓN	1
I. FUNDAMENTO TEÓRICO	4
1.1. Trigo	4
1.1.1. Historia del trigo	4
1.1.2. Posición taxonómica	5
1.1.3. Descripción botánica	6
1.1.4. Valor nutricional	6
1.1.5. Harina de trigo	6
1.1.6. Importación del trigo	8
1.2. Quinoa	12
1.2.1. Historia de la quinoa	12
1.2.2. Posición taxonómica	12
1.2.3. Nombres comunes	12
1.2.4. Descripción botánica	13
1.2.5. Valor nutricional	13
1.2.6. Harina de quinoa	14
1.2.7. Producción y exportación de la quinoa	14
1.3. Kiwicha	16
1.3.1. Historia de la kiwicha	16
1.3.2. Posición taxonómica	20
1.3.3. Nombres comunes	20
1.3.4. Descripción botánica	20
1.3.5. Valor nutricional	21
1.3.6. Harina de kiwicha	21
1.3.7. Producción y exportación de la kiwicha	21
1.4. Cañihua	25

1.4.1. Historia de la cañihua	25
1.4.2. Posición taxonómica	25
1.4.3. Nombres comunes	27
1.4.4. Descripción botánica	27
1.4.5. Valor nutricional	27
1.4.6. Harina de cañihua	29
1.4.7. Producción y exportación de cañihua	29
1.5. Pan	29
1.5.1. Historia del pan	33
1.5.2. Tipos de pan	33
1.5.2.1. Según su formulación	34
1.5.2.2. Según su cocción	34
1.5.3. Insumos de panificación	35
1.5.3.1. Agua	35
1.5.3.2. Levadura	35
1.5.3.3. Sal	36
1.5.3.4. Ácido ascórbico	36
1.5.3.5. Harina	37
1.5.3.6. Propionato de calcio	37
1.5.3.7. Otros componentes del pan	39
1.5.4. Sistema de elaboración	39
1.5.5. Procesos de panificación	39
1.5.5.1. Amasado	39
1.5.5.2. División y pesado	39
1.5.5.3. Boleado o heñido	39
1.5.5.4. Reposo	42
1.5.5.5. Formado	42
1.5.5.6. Fermentación	42
1.5.5.7. Corte	43
1.5.5.8. Cocción	43

1.5.6. Análisis fisicoquímico de las harinas y del pan	43
1.6. Pan precocido	45
1.6.1. Ventajas del pan precocido	45
1.6.2. Pan Panini precocido	47
1.7. Evaluación sensorial	50
1.7.1. Aspectos ambientales	50
1.7.2. La muestra	50
1.7.3. Los panelistas	52
1.7.4. Características sensoriales del pan	53
1.8. Análisis de perfil de textura del pan	54
1.9. Método estadístico de superficie de respuesta	55
1.9.1. Diseño experimental Box-Benhken	59
1.10. Balance de materia	60
II. Materiales y métodos	63
2.1. Lugar de ejecución de la investigación	63
2.2. Materia prima e insumos	63
2.3. Materiales, reactivos y equipos	63
2.4. Métodos de análisis	65
2.4.1. Población y muestra	65
2.4.2. Variables en estudio	67
2.4.3. Método para el análisis fisicoquímico de las harinas y del pan optimizado	67
2.4.4. Proceso de elaboración del pan Panini precocido	70
2.4.5. Método para la Evaluación sensorial	70
2.4.5.1. Etapa de selección y entrenamiento de panelistas	91
2.4.6. Método para el Análisis de Perfil de Textura	95
2.4.7. Balance de materia	95
2.4.8. Análisis estadístico de los datos	98
III. Resultados	98
3.1. Resultados del análisis fisicoquímico de las harinas	98

3.2.	Resultados del análisis fisicoquímico del pan optimizado	98
3.3.	Resultados de Análisis de Perfil de Textura	103
3.4.	Resultados de Evaluación sensorial	112
3.5.	Balance de materia	116
IV.	Discusiones	121
V.	Conclusiones	127
VI.	Recomendaciones	129
VII.	Bibliografía	130
VIII.	Glosario	145
IX.	Anexo	146



## LISTA DE ANEXO

Anexo 01: Morfología del Trigo	147
Anexo 02: Fragmento de la Norma del Codex STAN 152-1985	148
Anexo 03: Morfología de la quinua	149
Anexo 04: Morfología de la kiwicha	150
Anexo 05: Morfología de la cañihua	151
Anexo 06: Variedades de Panini en el mundo	152
Anexo 07: Formulación de diversos tipos de panes	153
Anexo 08: Secuencia fotográfica de la realización de los análisis físicoquímicos en las harinas (quinua, kiwicha, cañihua y trigo), pan optimizado y pan patrón Panini	154
Anexo 09: Materia prima, insumos e ingredientes utilizados en la elaboración de pan Panini precocido.	156
Anexo 10: Proceso de elaboración del pan Panini precocido	157
Anexo 11: Ficha técnica del pan Panini precocido	158
Anexo 12: Formato de evaluación final para la evaluación del pan Panini precocido sustituido	160
Anexo 13: Codificación de cada tratamiento según el diseño Box Benhken	161
Anexo 14: Secuencia fotográfica de la evaluación final del pan Panini precocido	162
Anexo 15: Puntaje de cada panelista para los atributos textura, sabor, olor y color	163
Anexo 16: Pasos para la determinación de la textura instrumental de los tratamientos	164
Anexo 17: Gráficos de compresión vs tiempo de los 15 tratamientos y el pan patrón con su respectiva replica.	165
Anexo 18: Optimización de respuesta para las variables dureza, elasticidad y cohesividad	176
Anexo 19: Contorno de superficie de respuesta estimada para las variables dureza, elasticidad y cohesividad	177
Anexo 20: Diagrama de Pareto para las variables dureza, elasticidad y cohesividad	178

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01: Importación de trigo 2016	10
Gráfico 02: Exportación de quinua 2016	18
Gráfico 03: Exportación de kiwicha 2016	23
Gráfico 04: Exportación de quinua, kiwicha, cañihua y chía 2016	31
Gráfico 05: Carga de compresión vs tiempo del pan patrón	165
Gráfico 06: Replica carga de compresión vs tiempo del pan patrón	165
Gráfico 07: Carga de compresión vs tiempo del pan Panini tratamiento 1	165
Gráfico 08: Replica carga de compresión vs tiempo del pan Panini tratamiento 1	166
Gráfico 09: Carga de compresión vs tiempo del pan Panini tratamiento 2	166
Gráfico 10: Replica carga de compresión vs tiempo del pan Panini tratamiento 2	166
Gráfico 11: Carga de compresión vs tiempo del pan Panini tratamiento 3	167
Gráfico 12: Replica carga de compresión vs tiempo del pan Panini tratamiento 3	167
Gráfico 13: Carga de compresión vs tiempo del pan Panini tratamiento 4	167
Gráfico 14: Replica carga de compresión vs tiempo del pan Panini tratamiento 4	168
Gráfico 15: Carga de compresión vs tiempo del pan Panini tratamiento 5	168
Gráfico 16: Replica carga de compresión vs tiempo del pan Panini tratamiento 5	168
Gráfico 17: Carga de compresión vs tiempo del pan Panini tratamiento 6	169
Gráfico 18: Replica carga de compresión vs tiempo del pan Panini tratamiento 6	169
Gráfico 19: Carga de compresión vs tiempo del pan Panini tratamiento 7	169
Gráfico 20: Replica carga de compresión vs tiempo del pan Panini tratamiento 7	170
Gráfico 21: Carga de compresión vs tiempo del pan Panini tratamiento 8	170
Gráfico 22: Replica carga de compresión vs tiempo del pan Panini tratamiento 8	170

Gráfico 23: Carga de compresión vs tiempo del pan Panini tratamiento 9	171
Gráfico 24: Replica carga de compresión vs tiempo del pan Panini tratamiento 9	171
Gráfico 25: Carga de compresión vs tiempo del pan Panini tratamiento 10	171
Gráfico 26: Replica carga de compresión vs tiempo del pan Panini tratamiento 10	172
Gráfico 27: Carga de compresión vs tiempo del pan Panini tratamiento 11	172
Gráfico 28: Replica carga de compresión vs tiempo del pan Panini tratamiento 1	172
Gráfico 29: Carga de compresión vs tiempo del pan Panini tratamiento 12	173
Gráfico 30: Replica carga de compresión vs tiempo del pan Panini tratamiento 12	173
Gráfico 31: Carga de compresión vs tiempo del pan Panini tratamiento 13	173
Gráfico 32: Replica carga de compresión vs tiempo del pan Panini tratamiento 13	174
Gráfico 33: Carga de compresión vs tiempo del pan Panini tratamiento 14	174
Gráfico 34: Replica carga de compresión vs tiempo del pan Panini tratamiento 14	174
Gráfico 35: Carga de compresión vs tiempo del pan Panini tratamiento 15	175
Gráfico 36: Replica carga de compresión vs tiempo del pan Panini tratamiento 15	175
Gráfico 37: Diagrama de Pareto estandarizada para la variable dureza	178
Gráfico 38: Diagrama de Pareto estandarizada para la variable elasticidad	178
Gráfico 39: Diagrama de Pareto estandarizada para la variable cohesividad	178

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 01: Diseño de Box-Benhken para tres variables con tres niveles	61
Cuadro 02: Tipo de análisis fisicoquímicos de las harinas (trigo, quinua, kiwicha y cañihua) y del pan optimizado	68
Cuadro 03: Diseño Box-Benhken para los porcentajes de sustitución de quinua, kiwicha y cañihua con sus tres niveles y orden de elaboración	96
Cuadro 04: Base de cálculo en 1 kg de harina total empleada	120

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01: La planta del trigo	05
Figura 02: Planta de la quinua	11
Figura 03: Planta de kiwicha	19
Figura 04: Planta de la cañihua	26
Figura 05: Distintas formas del pan	32
Figura 06: Diagrama de flujo del proceso de elaboración del pan	41
Figura 07: Diagrama de flujos comparativos de las tendencias actuales en panificación	46
Figura 08: Pan panini precocido y su preparación	49
Figura 09: Superficie de Respuesta	57
Figura 10: Diseño de experimentos de Box-Benhken para tres variables	62
Figura 11: Balance de materia simple en proceso de panificación	62
Figura 12: Diagrama de flujo de elaboración de pan Panini precocido	69
Figura 13: Formato de la encuesta diseñada para la selección de Panelistas a entrenar.	73
Figura 14: Material didáctico relacionado a las características generales	77
Figura 15: Clasificación de posibles defectos a encontrar en los atributos del pan.	78
Figura 16: Prueba introductoria referente al atributo textura	78
Figura 17: Material didáctico referente al atributo Textura del pan.	79
Figura 18: Formato de Prueba triangulo-Segunda capacitación.	80
Figura 19: Hoja de datos de la segunda capacitación-Prueba triangulo	81
Figura 20: Material didáctico referente al atributo Sabor del pan	83
Figura 21: Prueba introductoria referente al atributo sabor	84
Figura 22: Formato de prueba Dúo-Trio - Tercera capacitación.	84
Figura 23: Hoja de datos de la tercera capacitación-Prueba Dúo-Trio	85
Figura 24: Material didáctico referente al atributo Olor del pan.	87
Figura 25: Prueba introductoria referente al atributo olor	88

Figura 26: Formato de prueba de Comparación Pareada al atributo olor	88
Figura 27: Hoja de datos de la cuarta capacitación-Prueba Comparación Pareada	89
Figura 28: Material didáctico referente al atributo Color del pan	89
Figura 29: Prueba introductoria referente al atributo color	90
Figura 30: Formato de prueba de ordenamiento – Quinta Capacitación	92
Figura 31: Hoja de datos de la tercera capacitación-Prueba Dúo-Trio	93
Figura 32: Formato de prueba Escala Hedónica	94
Figura 33: Balance de materia para obtener el mayor rendimiento de panes Paninis optimizados	97
Figura 34: Balance de materia de materias primas que influyen en las características fisicoquímicas del pan Panini	97
Figura 35: Superficie de respuesta estimada para la variable dureza a porcentaje constante de cañihua de 1.5	106
Figura 36: Superficie de respuesta estimada para la variable elasticidad a porcentaje constante de cañihua de 1.5	106
Figura 37: Superficie de respuesta estimada para la variable cohesividad a porcentaje constante de cañihua de 1.5	107
Figura 38: Efecto de los factores sobre la variable respuesta dureza	109
Figura 39: Efecto de los factores sobre la variable respuesta elasticidad	109
Figura 40: Efecto de los factores sobre la variable respuesta cohesividad	109
Figura 41: Interacción entre pares de factores sobre la variable dureza	110
Figura 42: Interacción entre pares de factores sobre la variable elasticidad	110
Figura 43: Interacción entre pares de factores sobre la variable cohesividad	110
Figura 44: Balance de materia de materias por etapas para obtener máximo rendimiento de panes Paninis precocidos optimizados	117
Figura 45: Balance de materia de componentes de las materias primas que influyen en las características fisicoquímicas del pan Panini precocido optimizado.	119

## LISTA DE TABLAS

Tabla 01: Composición típica de macro y micronutrientes del grano de trigo y su distribución en distintos productos de molienda	07
Tabla 02: Porcentaje de los principales componentes de la harina de trigo	09
Tabla 03: Importación del trigo entre los años 2015-2016	09
Tabla 04: Valor nutricional y contenido de aminoácidos en tres variedades de quinua	15
Tabla 05: Composición química y valor nutricional de harina de quinua (100 g)	15
Tabla 06: Exportación de quinua 2016	17
Tabla 07: Composición química y valor nutricional de la kiwicha cruda (100 g)	22
Tabla 08: Contenido nutricional en 100 g de producto de harina de kiwicha	22
Tabla 09: Exportación de kiwicha 2016	24
Tabla 10: Contenido de aminoácidos en los granos de cañihua (mg de aminoácidos/16g de nitrógeno)	28
Tabla 11: Composición química y aminoácidos (g/100g proteínas) de la harina de cañihua	30
Tabla 12: Exportación de cañihua 2016	30
Tabla 13: La composición media de las harinas panificables	38
Tabla 14: Niveles de uso del propionato de calcio	38
Tabla 15: Sistemas de elaboración de pan determinados por el tipo de levadura	40
Tabla 16: Análisis fisicoquímicos en harinas y pan	44
Tabla 17: Proceso de elaboración comparando pan normal y pan precocido	48
Tabla 18: Comparación entre un pan artesanal y un pan precocido	48
Tabla 19: Tipos de pruebas evaluación sensorial	51
Tabla 20: Definiciones de los parámetros mecánicos texturales	56
Tabla 21: Operacionalización de las variables, dimensiones, indicadores e índices	66
Tabla 22: Reclutamiento de jueces	72

Tabla 23: Hoja de vaciado de datos referente a la encuesta realizada	74
Tabla 24: Relación de candidatos a jueces y su condición durante las pruebas	75
Tabla 25: Análisis fisicoquímicos promedio de las harinas de trigo, quinua, kiwicha y cañihua (en 100 g de muestra) y su desviación estándar	99
Tabla 26: Análisis de varianza y prueba Tukey para la humedad en harinas sucedáneas	99
Tabla 27: Análisis de varianza y prueba Tukey para la ceniza en harinas de quinua, kiwicha, cañihua y trigo	100
Tabla 28: Análisis de varianza y prueba Tukey para la proteínas en harinas de quinua, kiwicha, cañihua y trigo	100
Tabla 29: Análisis de varianza y prueba Tukey para la grasa en harinas de quinua, kiwicha, cañihua y trigo	101
Tabla 30: Análisis de varianza y prueba Tukey para la fibra en harinas de quinua, kiwicha, cañihua y trigo	101
Tabla 31: Análisis de varianza y prueba Tukey para la acidez en harinas de quinua, kiwicha, cañihua y trigo	102
Tabla 32: Análisis fisicoquímico del pan optimizado y pan patrón (en 100 g de muestra)	102
Tabla 33: Resultado de la dureza, elasticidad y cohesividad obtenido en el Texturómetro	104
Tabla 34: Optimización de los factores para el pan Panini precocido	104
Tabla 35: Optimización de las variables de respuesta y corroboración de datos	105
Tabla 36: Análisis de varianza para la variable de respuesta dureza	111
Tabla 37: Análisis de varianza para la variable de respuesta elasticidad	111
Tabla 38: Análisis de varianza para la variable de respuesta cohesividad	113
Tabla 39: Promedio de puntajes en cada atributo	113
Tabla 40: Análisis de varianza para el atributo textura en los tratamientos	114
Tabla 41: Análisis de varianza para el atributo olor en los tratamientos	114
Tabla 42: Análisis de varianza para el atributo color en los tratamientos	115
Tabla 43: Análisis de varianza para el atributo sabor en los tratamientos	115
Tabla 44: Cantidad de residuo según peso de bollo (g)	118

## RESUMEN

El presente estudio tuvo como finalidad determinar la sustitución de harina de trigo por harina de quinua (3%, 6% y 9%), harina de kiwicha (3%, 6% y 9%) y harina de cañihua (1%, 1,5% y 2%) óptima para obtener el pan Panini precocido con características similares al pan patrón, analizando la textura instrumental con el diseño de Box Benhken. Para ello se evaluaron las características texturales dureza, elasticidad y cohesividad dando como resultado valores de 8,25N; 0,8 y 0,51 respectivamente. El tratamiento óptimo es el que contiene 9% de harina de quinua, 6% de harina de kiwicha y 1% de harina de cañihua, con un nivel de significancia del 95%.

El tratamiento con mayor grado de aceptación sensorial, aplicando el DBCA con 8 jueces semientrenados, es el tratamiento 7729 (9% harina de quinua, 3% harina de kiwicha y 1,5% harina de cañihua) siendo semejante a las cualidades sensoriales del pan Panini control, con un nivel de significancia del 95%. Tanto el tratamiento óptimo obtenido en el ATP como el de mayor grado de aceptación según los jueces semientrenados, no muestran diferencia alguna en cuanto a la evaluación de la textura, no influyendo el aumento de la kiwicha entre ambos análisis.

Aplicando el DCA en el análisis fisicoquímico (%humedad, %ceniza, %proteínas, %grasas y %acidez como ac. láctico), de las harinas de trigo (10,34; 0,92; 13,3; 1,99 y 0,17); de quinua (11,38; 1,98; 11,95; 3,83 y 0,12); de kiwicha (9,54; 2,07; 10,03; 2,43 y 0,09) y cañihua (4,27; 2,74; 15,75; 3,90 y 0,15) se estableció que existe diferencia significativa entre las harinas con un nivel de confianza de 95%. Además el pan Panini optimizado (con pseudocereales), contiene 7,77% menos de humedad, 0,55% más de cenizas y 4,3% mayor en contenido proteico que en el pan Panini control.

**PALABRA CLAVE:** Sustitución, pseudocereales, optimización, Box Benhken, Panini, Texturómetro, características organolépticas.



## ABSTRACT

The purpose of this study was to determine the substitution of wheat flour for quinoa flour (3%, 6% and 9%), kiwifruit flour (3%, 6% and 9%) and cañihua flour (1%, 1%, 5% and 2%) to obtain the precooked Panini bread with similar characteristics to the standard bread, analyzing the instrumental texture with the Box Benhken design. For this purpose, the hardness, elasticity and cohesiveness characteristics were evaluated, resulting in values of 8.25N; 0.8 and 0.51 respectively. The optimal treatment is the one that contains 9% of quinua flour, 6% of kiwifruit flour and 1% of cañihua flour, with a level of significance of 95%.

The treatment with the highest degree of sensorial acceptance, applying the DBCA with 8 trained judges, is the treatment 7729 (9% quinua flour, 3% kiwifruit flour and 1.5% cañihua flour), being similar to the sensorial qualities of bread Panini control, with a level of significance of 95%. Both the optimal treatment obtained in the ATP and the one of greater degree of acceptance according to the trained judges, do not show any difference in the evaluation of the texture, not influencing the increase of the kiwicha between both analyzes.

Using the DCA in the physicochemical analysis (% moisture, %ash,% protein,% fat and% acidity as lactic acid), wheat flour (10,34; 0,92; 13,3; 1,99 and 0,17); of quinoa (11,38; 1,98; 11,95; 3,83 and 0,12); of kiwicha (9,54; 2,07; 10,03; 2,43 and 0,09) and cañihua (4.27, 2.74, 15.75, 3.90 and 0.15) were established to exist significant difference between flours with a 95% confidence level. In addition, optimized Panini bread (with pseudocereals) contains 7,77% less moisture, 0,55% more ash and 4,3% higher protein content than Panini control pan.

**KEYWORD:** Substitution, pseudocereals, optimization, Box Behnken, Panini, Texturometer, organoleptic characteristics.

## INTRODUCCIÓN

El pan es el producto perecedero resultante de la cocción de una masa obtenida por la mezcla de harina de trigo y agua potable, fermentada por la adición de levaduras como *Saccharomyces cerevisiae*. Cuando se emplean harinas de otros cereales, el pan se designa con el apelativo correspondiente a la clase de cereal utilizado (Martin, et al., 2007). Es un hecho, el pan es un alimento saludable y necesario en nuestra dieta, cuyo consumo, siempre y cuando sea en cantidades apropiadas, no implica ningún riesgo para mantener un peso corporal saludable (Astiz et al., 2012); sin embargo este producto teniendo tal aceptabilidad en el mercado no provee al consumidor un pan fresco, de buena calidad y a cualquier momento del día; debido a que este producto, luego de su elaboración, con el tiempo empieza a cambiar ciertas propiedades y características físicas y químicas.

El adicionar pseudocereales reemplazando cierto porcentaje la harina de trigo, beneficia aumentando la cantidad de proteínas, grasas totales, cenizas, fibra y en el valor energético, y una disminución en el contenido de carbohidratos y agua (Astiz et al., 2012); el incremento del valor proteico llega hasta en un 2,22%, siempre y cuando el porcentaje de sustitución no supere el 20%, esto se debe a que si se aumenta dicho porcentaje provocaría pérdidas de volumen, aumento de color y de grosor de la corteza, aumento de olor y sabor característico, que se quiere evitar (García, 2011). El uso de pseudocereales en la formulación del pan Panini precocido debe optimizarse a fin de establecer los porcentajes adecuados de harina de quinoa, kiwicha y cañihua evitando que esta adición afecte la textura y característica sensorial encontrando un pan similar al patrón.

El porcentaje de grasa disminuye conforme el porcentaje de sustitución de las harinas es mayor a un 10% (García, 2011); lo que no sucede con el porcentaje de fibra el cual aumenta conforme aumenta el porcentaje de sustitución (Arone, 2015), beneficiando al buen funcionamiento de nuestro organismo, sin embargo en cantidades mayores provocaría que no se absorban adecuadamente los minerales ingeridos. Aunque no existen todavía datos concluyentes sobre la recomendación de

los distintos tipos de fibra, sigue siendo adecuado indicar una dieta que aporte de 20-35 g/día de fibra de diferentes fuentes (Álvarez y González, 2016).

El pan pre cocido, denominado así porque su cocción no es completa y que requiere procesos de conservación, tales como refrigeración, congelación y atmósferas modificadas. La cocción es completada al momento de consumo, obteniendo un pan caliente. Por ello, resulta primordial seleccionar la materia prima e insumos de calidad e incrementar el control sobre las mismas (harinas más fuertes, mayor cantidad de agua, aumento de cantidad de la masa madre, etc.) (Industria Alimenticia, 2006). El mercado de este tipo de pan va en aumento, por las ventajas que ofrece al consumidor de obtener un pan recién horneado (Tinoco, 2007).

El pan panini precocido es un producto rápido de realizar que hoy se consume en todo el mundo teniendo 28 variedades de panini (*Doner Kebab, Vegemite Sándwich, Cemita*, entre otros) (Caligiuri, 2014) y su per cápita en EEUU casi llega a 200 anuales. Este tipo de pan proporciona un sabor dulce y agradable a su sándwich en hora del almuerzo. En el Perú se conoce poco, sin embargo, es un producto típico de un tipo sándwich de la cadena “Starbucks Coffee” el cual ofrece el producto untado con algunas especias como aceituna, mozzarella, tocino, entre otros; siendo fortalecido con pseudocereales mejoraría la calidad de vida de las personas que lo consumen.

El presente trabajo de investigación busca que este tipo de pan pueda incursionar en más cadenas de cafeterías o comida rápida como Vegana, Gloria Jean’s, McCafé, Hollys Coffee, o servicios alimentarios para infantes y niños como Qaliwarma, con sabor agradable, textura suave incorporándosele sucedáneos de harinas de pseudocereales (quinua, kiwicha y cañihua) en su formulación, incrementando el valor proteico en beneficio del consumidor, asimismo, se realizará la optimización instrumental determinando el TPA (análisis de perfil de textura) según el método Box Benhken; el análisis fisicoquímicos siguiendo un Diseño Completamente al Azar y la evaluación sensorial de las diferentes muestras con diferentes porcentajes de sustitución con Diseño de Bloques Completamente al Azar.

Según lo dicho se tiene como objetivo general optimizar el nivel de sustitución de la harina de quinua (*Chenopodium quinoa*), cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) y kiwicha (*Amaranthus caudatus*) en la elaboración de pan tipo Panini precocido.

Complementando el presente estudio se tiene como objetivos específicos caracterizar fisicoquímicamente cada tipo de harina sucedánea a emplear incluyendo el trigo (humedad, ceniza, grasa, fibra, proteína y acidez) y el pan optimizado (humedad, ceniza, proteínas, fibra y acidez); establecer el proceso y los parámetros fisicoquímicos para la elaboración de pan Panini precocido; evaluar los atributos color, olor, sabor y textura en los panes obtenidos en cada tratamiento, seleccionando el de mayor grado de aceptación; determinar y optimizar con el diseño Box-Benhken los parámetros de textura tales como dureza, elasticidad y cohesividad en cada tratamiento.

# **I. FUNDAMENTO TEÓRICO**

## **1.1. Trigo**

El trigo es uno de los tres cereales más importantes producidos a nivel mundial junto al maíz y el arroz y es el más consumido por el hombre en la civilización occidental desde inicios de la humanidad; del trigo se extrae el grano que es utilizado en la industria de harina, elaborándose: pan, fideos, galletas y una gran variedad de productos alimenticios; a su vez es utilizado en consumo directo para la preparación de muchos platos (MINAG, 2013) (Figura 01).

### **1.1.1. Historia del trigo**

En el aporte dado por el Programa Desarrollo Rural Sostenible (2005) indican que el trigo, “rey de los cereales”, tiene su origen en el viejo mundo, específicamente en Asia Menor, Asia Central y África del Norte. Según los restos prehistóricos, el trigo se cultiva desde aproximadamente 3000 años antes de Cristo. En el Perú, el trigo fue introducido por los españoles en forma casual alrededor del año 1540, en una remeza de garbanzos. Fueron tres damas españolas las que difundieron e introdujeron los primeros trigos, los cuales se sembraron en los alrededores de Lima y adquirieron gran importancia (MINAG, 2013).

### **1.1.2. Posición taxonómica**

Según Manangón (2014) señala que la taxonomía del trigo es:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Poales

Familia: Poaceae

Género: Triticum

Especie: Vulgare, aestivum

Nombre científico: *Triticum aestivum* L.



**Figura 01: La planta del trigo**

**Fuente: Cantos, 2013**

### **1.1.3. Descripción botánica**

Cantos (2013) manifiesta que el trigo es una planta herbácea, que presenta una raíz fasciculada (numerosas ramificaciones en su mayoría a una profundidad de 25 cm); el tallo se alarga durante el encañado y llega a 7 u 8 hojas envainadoras a lo largo de la longitud de un entrenudo; en casi todas las variedades, el trigo que es al principio macizo se vuelve después hueco, salvo en los nudos (Manangón, 2014). Las hojas del trigo constan de vaina y limbo y prácticamente no tienen peciolo, el limbo de la hoja tiene forma de lámina triangular alargada paralelinervia y borde entero liso y la vaina es abrazadora respecto del tallo o caña (Carrera, et al, 2005); la inflorescencia es una espiga, el cual lleva insertadas espiguillas alternamente de derecha e izquierda (Anexo 01). El trigo es una planta autógama, (la fecundación de la flor tiene lugar antes de su apertura). La madurez o llenado del grano consiste en la acumulación de carbohidratos en el grano, siendo provistos en su mayor parte por el área foliar.

### **1.1.4. Valor nutricional**

Zúñiga (2007), menciona que el aporte en fibra de las harinas de trigo a la dieta de la población podría aumentarse al incluir cáscara de grano en las harinas, sin embargo, la mayoría de los consumidores rechaza el color oscuro y el sabor ligeramente amargo de harinas y productos derivados que incluyen la cáscara o el grano entero, aportando solo una fracción de la fibra presente en el grano entero. El almidón es un polisacárido formado por una multitud de moléculas de glucosa, compuesta por amilosa (se presenta en forma cristalina, debido al gran número de enlaces por puentes de hidrógeno que existen entre los grupos hidroxilos, constituye el 30% del almidón total) y amilopectina (es un polímero ramificado, constituye el 70% del almidón total). La Tabla 01 muestra la composición típica de macro y micronutrientes en el grano del trigo, distribuidos en distintos subproductos.

### **1.1.5. Harina de trigo**

La harina de trigo posee constituyentes aptos para la formación de masas (proteína - gluten), pues la harina y agua mezclados en determinadas proporciones, producen

**Tabla 01: Composición típica de macro y micronutrientes del grano de trigo y su distribución en distintos productos de molienda**

<b>Nutriente</b>	<b>Unidades por 100g</b>	<b>Grano</b>	<b>Harina de grano entero</b>	<b>Refinada</b>	<b>Cáscara</b>
Análisis proximal					
Proteínas	g	12,6	13,7	9,7	15,6
Almidón	g	62,4	60,0	58,9	14,1
Ceniza	g	1,57	1,60	0,58	5,79
Fibra dietética	g	12,2	12,2	5,5	42,8
Minerales					
Hierro	mg	3,19	3,88	1,26	10,6
Fosforo	mg	288	346	107	1,01
Potasio	mg	363	405	149	1,18
Zinc	mg	2,65	2,93	1,02	7,27
Vitaminas					
Tiamina	mg	0,38	0,45	0,19	0,52
Riboflavina	mg	0,12	0,22	0,07	0,58
Niacina	mg	5,46	6,37	1,20	13,6
Vitamina B-6	mg	0,30	0,34	0,04	1,30

**Fuente: Zúñiga (2007)**



una masa consistente, tenaz, con ligazón entre sí, que en nuestra mano ofrece una determinada resistencia, a la que puede darse la forma deseada y que resiste la presión de los gases producidos por la fermentación para obtener el levantamiento de la masa y un adecuado desarrollo de volumen, en el Perú los diferentes tipos de harinas se clasifican: harina especial (para pan), harina extra (de menos calidad, pero que se puede mezclar con la especial); y las harinas industriales, que se usan para pastas, galletas y panetones. Para que la harina tenga un grado adecuado de finura deberá pasar por una malla o tamiz N° 70 mostrado en el apéndice del CODEX STAN 152-1985 (fragmento mostrado en el Anexo 02). La harina está compuesto por muchos elementos importantes en la formulación de pan (Tabla 02); entre los glúcidos presentes uno de los más importantes tanto por su cantidad como por su función es el almidón ya que al entrar en contacto con el agua hidrata la masa en el amasado, provee un sustrato para la fermentación, y mientras más empaquetados están los gránulos de almidón, mayor será la solidez de la miga (Reque, 2007).

#### **1.1.6. Importación del trigo**

La importación de trigo hasta fines del año 2016 alcanza los U\$ 387 millones a un precio promedio de U\$ 0.234 kilo mostrado en la Tabla 03, Canadá proviene 69% del total de las importaciones, le sigue USA con el 22%; liderando las adquisiciones Alicorp con el 33% (Gráfico 01) del total entre 19 empresas importadoras (Koo, 2016).

### **1.2. Quinua**

Mujica, Izquierdo & Marathee (2001), mencionan que la quinua es una planta herbácea con características peculiares en su morfología, coloración y comportamiento en diferentes zonas agroecológicas donde se cultiva (Figura 02), es uno de los granos más importantes de los andes, siendo semilla de una hierba, aunque es considerado un grano. Pertenece a la familia de las quenopodiáceas (como la espinaca) pero se compara con los cereales por su composición y forma de consumo (Vergara, 2015).

**Tabla 02: Porcentaje de los principales componentes de la harina de trigo (100g)**

Componente	Cantidad	Unidad
Proteínas	10,5	g
Calorías	353	Kcal
Grasas	1,30	g
Carbohidratos	74,1	g
Fibra dietaria	2,7	g
Ceniza	0,50	g
Fosforo	1,40	mg
Hierro	0,03	mg
Tiamina	0,15	mg
Niacina	0,05	mg

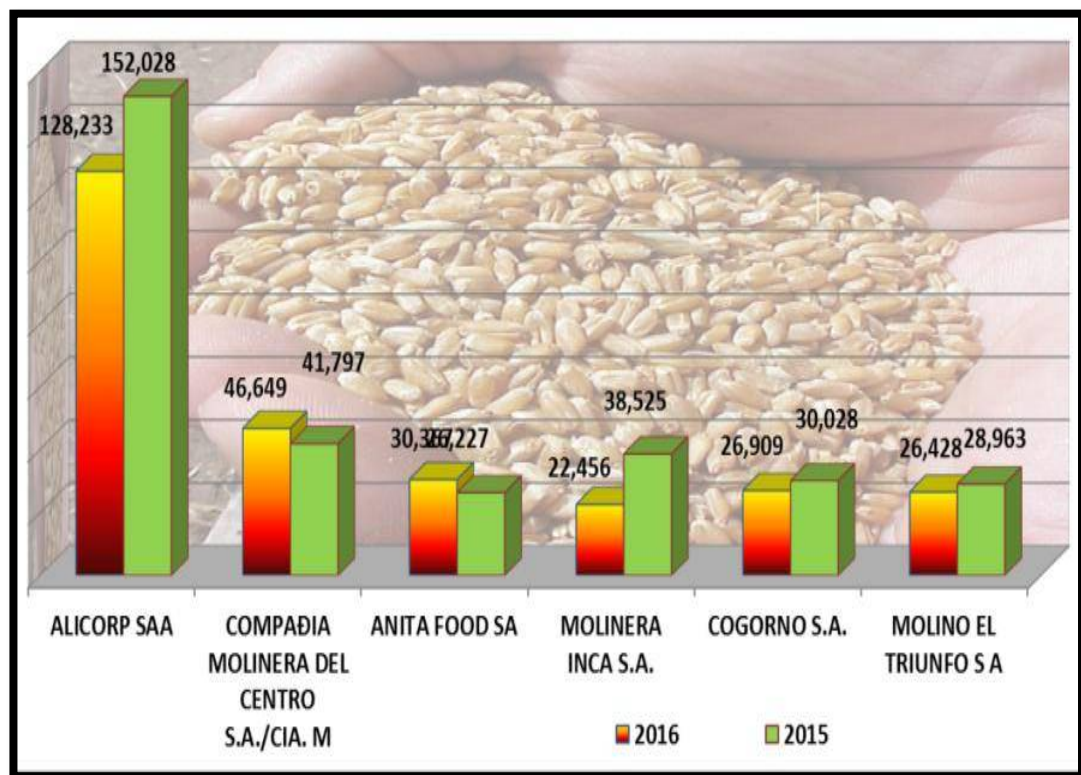
**Fuente: Reyes, et al., (2009)**

**Tabla 03: Importación del trigo entre los años 2015-2016**

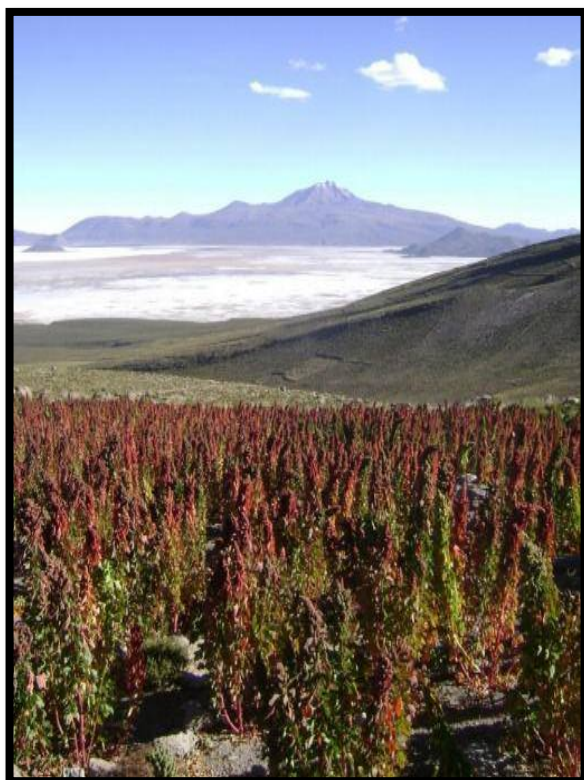
Mes	2016			2015		
	FOB	Kilos	Prec.	CIF	Kilos	Prec.
			Prom			Prom
En-Mzo	98 995 064	404 804 945	0,733	111 340 572	369 654 412	0,904
Abr-Jun	103 067 106	438 184 578	0,704	115 289 822	407 981 248	0,854
Jul-Set	98 216 867	428 807 996	0,689	137 159 406	516 656 105	0,794
Oct-Dic	86 804 893	381 144 380	0,683	96 582 996	389 903 693	0,744
Totales	387 113 662	1 653 078 359	0,234	460 372 796	1 684 195 458	0,273
Promedio	32 259 472	137 756 530		38 364 400	140 349 621	
mes						
% Crec.	-16%	-2%	-14,3%	-16%	-2%	-14,6%
Anual						

**Fuente: Elaboración propia adaptado de SUNAT (2016) & Koo (2016)**

**Gráfico 01: Importación de trigo 2016**



**Fuente: SUNAT (2016) & Koo (2016)**



**Figura 02: Planta de la quinua**  
**Fuente: MDRyT & CONACOPROQ (2009)**

### 1.2.1. Historia de la quinua

La quinua es una planta andina procedente de los alrededores del lago Titicaca, ubicado en Perú y Bolivia, fue cultivada y utilizada por las civilizaciones prehispánicas, reemplazada por los cereales a la llegada de los españoles, a pesar de constituir un alimento básico de la población de ese entonces (Sierra Exportadora, 2013). En el pasado ha tenido amplia distribución geográfica, que abarcó Sudamérica, desde Nariño en Colombia hasta Tucumán en la Argentina; según Mujica, Izquierdo, & Marathee, (1996) fue cultivada por las culturas precolombinas, Aztecas y Mayas en los valles de México (Huauzontle). En la actualidad tiene distribución mundial: en América, desde Canadá hasta Chile; en Europa, Asia y el África, obteniendo resultados aceptables en cuanto a producción y adaptación.

### 1.2.2. Posición Taxonómica

La quinua, según lo mencionado por MDRyT & CONACOPROQ (2009) es un pseudo cereal originario de los Andes, cuya posición taxonómica es la siguiente:

Reino	: Vegetal
División	: Fenerógamas
Clase	: Dicotiledoneas
Sub Clase	: Angiospermas
Orden	: Centrospermales
Familia	: Chenopodiáceas
Género	: <i>Chenopodium</i>
Sección	: <i>Chenopodia</i>
Subsección	: <i>Cellulata</i>
Especie	: <i>Chenopodium Quinoa</i>

### 1.2.3. Nombres comunes

La quinua recibe diferentes nombres en el área andina que varían entre localidades y de un país a otro, así como también recibe nombres fuera del área andina que varían

con los diferentes idiomas, en el Perú: Quinua, Jiura, Quiuna; en Ecuador: Quinua, Juba, Subacguque, Ubaque, Ubate; en Bolivia: Quinua, Jupha, Jiura. Quechua: Kiuna, Quinua, Parca; Aymara: Supha, Jopa, Jupha, Jauira, Aara, Ccallapi, Vocali, Jiura; en Chile: Quinua, Quingua, Dahuie; en España: Quinua, Quinoa, Quingua, Triguillo, Trigo inca, Arrocillo, Arroz del Perú, Kinoa. (Mujica, 2001).

#### **1.2.4. Descripción botánica**

La quinua es una planta anual, dicotiledónea, usualmente herbácea, que alcanza una altura de 0,2 a 3,0 m. Las plantas pueden presentar diversos colores que van desde verde a rojo y colores intermedios entre estos. El tallo principal puede ser ramificado o no, depende de la raza, densidad de siembra y de las condiciones del medio en que se cultiven, es de sección circular en la zona cercana a la raíz, transformándose en angular a la altura de las ramas y hojas. (PROINPA, 2011).

Las hojas son de carácter polimórfico en una sola planta; las basales son grandes y pueden ser romboidales, mientras que las hojas superiores son lanceoladas, sus gránulos contienen células ricas en oxalato de calcio y son capaces de retener una película de agua, lo que aumenta la humedad relativa de la atmósfera que rodea a la hoja (Rojas, 2003). Las flores son muy pequeñas y densas, lo cual hacen difícil la emasculación; el fruto es un aquenio indehiscente que contiene un grano que puede alcanzar hasta 2,66 mm de diámetro de acuerdo a la variedad (Anexo 03) (Rojas, 2003).

#### **1.2.5. Valor nutricional**

Las bondades peculiares del cultivo de la quinua están dadas por su alto valor nutricional. El contenido de proteína de la quinua varía entre 13.81 y 21.9% dependiendo de la variedad; debido al elevado contenido de aminoácidos esenciales la quinua es considerada como el único alimento del reino vegetal que provee todos los aminoácidos esenciales siendo superior al trigo, cebada y soya, comparado favorablemente con la cantidad de proteína que otorga la leche (PROINPA, 2013 & León, 2003).

El almidón de la quinua ha sido estudiado muy poco, sería importante estudiar sus propiedades funcionales. El almidón de quinua tiene una excelente estabilidad frente al congelamiento y en especial a la retrogradación (Arzapalo, et al, 2015). El almidón de quinua contiene entre 7 a 12% de amilosa y 88 a 93% de amilopectina (Pumacahua, 2013), los almidones de quinua demoran más en “cocinar” debido a que el agua tiene mayor dificultad en ingresar al interior de las moléculas. El valor nutritivo y el contenido de aminoácidos de la quinua en tres variedades de quinua se aprecian en la Tabla 04.

#### **1.2.6. Harina de quinua**

La Harina de quínoa o quinua es un alimento que se obtiene al moler el grano de quínoa previamente lavado, también los granos de quinua se tuestan y con ellos se produce harina. La harina de quinua es producida, se comercializa y consume en Perú y Bolivia, sustituyendo muchas veces a la harina de trigo, enriqueciendo así productos de panificación y en muchos casos en pastelería (Arroyave & Esguerra, 2006). En la Tabla 05 muestra la composición y valor nutricional de la harina de quinua.

La harina de quinoa está compuesta por altos contenidos de proteínas que llegan a un 15-18% (en comparación, la del trigo llega de 1-15% aproximado). Además presenta proteínas del tipo globulinas, parecidas a las globulinas del amaranto, distintas a las del trigo y de calidad biológica superior. La ausencia de gluten la vuelve recomendable para los pacientes celiacos (intolerantes al gluten), y posee un balance de aminoácidos muy semejante al de la carne, por lo que podría reemplazar su consumo.

#### **1.2.7. Producción y exportación de la quinua**

Según los reportes del Ministerio de Agricultura (2014) señalaron que Puno constituye el principal productor de quinua con aproximadamente el 82% de la siembra, le siguen en orden de importancia Junín, Arequipa, Cusco, Huancavelica, Áncash, Ayacucho y Apurímac; en el mundo se distribuye en los Andes, desde

**Tabla 04: Valor nutricional y contenido de aminoácidos en tres variedades de quinua (%)**

Componentes (%)		Quinua	
Grasas		6.1	
Hidratos de carbono		71	
Calorías (100g)		350	
Proteína	Nariño	Amarilla de Marangani	Quinua comercial
Histidina	2,6	2,8	2,7
Isoleucina	3,7	3,9	3,4
Leucina	6,4	6,9	6,1
Lisina	6,4	6,3	5,6
Metionina+ cisteína	3,9	3,7	4,8
Fenylalanina + tirosina	6,8	7,2	6,2
Treonina	3,3	3,4	3,4
Triptófano	1,2	1,1	1,1
Aminoácido limitante	Leucina	—	Leucina y lisina

**Fuente: Elaboración propia, basado en ALADI & FAO (2014)**

**Tabla 05: Composición química y valor nutricional de harina de quinua (100 g)**

Elemento	Unid	Valor
Calorías	Cal	341
Agua	g	13,7
Proteínas	g	12,1
Grasas	g	2,60
Carbohidratos	g	72,1
Fibra	g	3,10
Ceniza	g	2,50
Calcio	mg	181
Fósforo	mg	61,0
Hierro	mg	3,70
Vit.B1(Tiamina)	mcg	0,19
Vit.B2(Riboflamina)	mcg	0,24

**Fuente: Reyes, et al. (2009)**



Colombia hasta Chile y Argentina, y también ha sido introducido en otros países del hemisferio norte.

En la Tabla 06 muestra el avance en cuanto a la exportación de la quinua hasta fines del año 2016, notándose un claro incremento en su consumo. La exportación de quinua (SUNAT, 2016 & Koo, 2016), muestra que el principal país al que se exporta es Estados Unidos con un 34% del total, seguido de Holanda con un 11% (Gráfico 02).

### **1.3. Kiwicha**

La Kiwicha no es de hecho un cereal, pertenece a otra rama botánica que incluye a verduras como la remolacha y la planta de espinaca, es la especie menos conocida aunque su difusión en el mundo ha sido muy amplia, de los cuales solo 4 variedades se conoce: *Amaranthus hipocondriacus*, *Amaranthus cruentus*, *Amaranthus caudatus* y *Amaranthus edulis* (Figura 03).

#### **1.3.1. Historia de la Kiwicha**

De acuerdo a los cronistas españoles el consumo de la Kiwicha se hallaba ampliamente extendido en la población local al momento de la llegada de los europeos. Se han encontrado granos de kiwicha en tumbas de más de 4,000 años de antigüedad, siendo los Incas quienes aprovecharon al máximo este excelente cultivo andino, para ellos la kiwicha era el alimento por excelencia debido a sus propiedades nutritivas y medicinales.

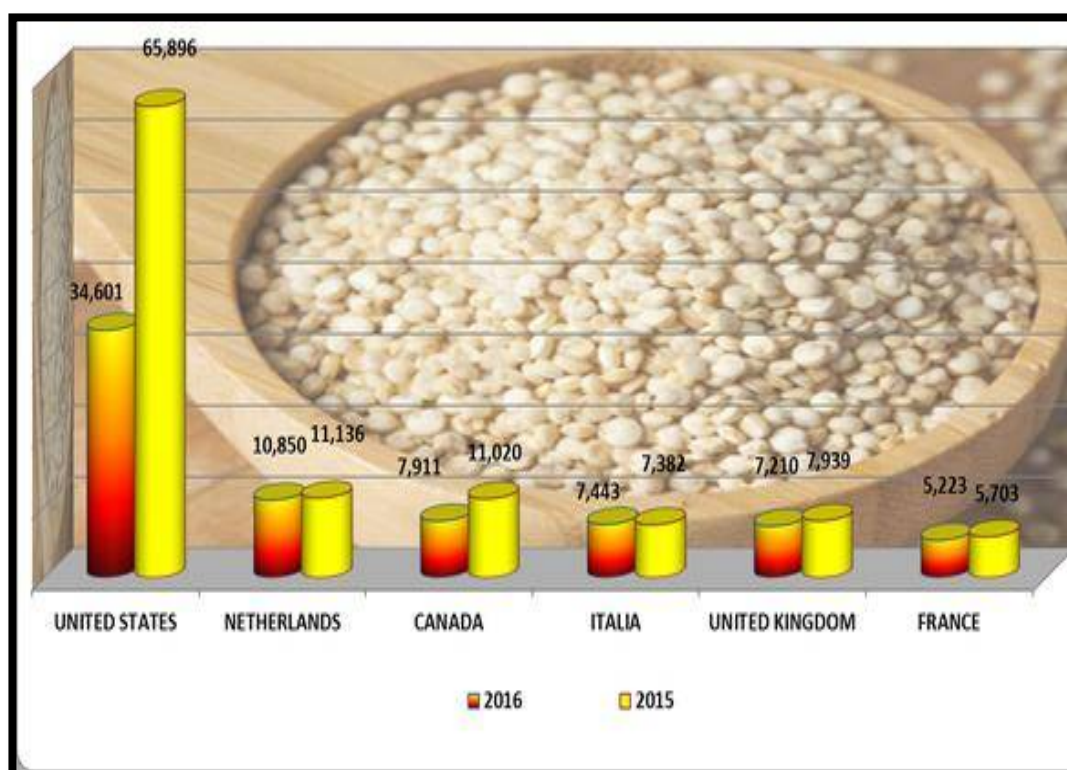
Después de la conquista, los españoles consideraron ello como un sacrilegio y prohibieron su cultivo y su consumo, sin embargo se siguió consumiendo a escondidas (Espinoza y Quispe, 2011); en la actualidad, la NASA la utiliza en la dieta de los astronautas llegando a cultivarla y cosecharla durante sus viajes espaciales.

**Tabla 06: Exportación de quinua 2016**

Mes	2016			2015		
	FOB	Kilos	Prec. Prom	FOB	Kilos	Prec. Prom
En-Mzo	19 532 248	8 281 102	7,05	30 848 277	7 053 903	13,15
Abr-Jun	24 837 579	10 472 073	7,16	38 134 890	9 753 201	11,78
Jul-Set	30 989 976	13 265 869	7,01	39 501 715	12 133 099	9,8
Oct-Dic	23 327 333	10 315 355	6,8	33 709 043	12 139 624	8,33
Totales	101 790 908	43 784 602	2,32	142 193 925	41 079 827	3,46
Promedio mes	8 482 576	3 648 717		11 849 494	3 423 319	
% Crec. Anual	-28%	-7%	-33%	-28%	13%	-36%

**Fuente: Elaboración propia, adaptado de SUNAT (2016) & Koo, (2016)**

**Gráfico 02: Exportación de quinua 2016**



**Fuente: SUNAT (2016) & Koo, (2016)**



**Figura 03: Planta de Kiwicha**

**Fuente: Sierra Exportadora (2013)**

### **1.3.2. Posición taxonómica**

Según el aporte de Herrera & Montenegro (2012) mencionan que la kiwicha es una planta de la familia Amaranthaceae, género Amaranthus. El género Amaranthus ha estado muy ligado al ser humano a lo largo de la historia, ya que ha sido aprovechado en forma silvestre y cultivado por distintos pueblos y civilizaciones, dándole gran uso a su grano.

Reino	:	Vegetal
División	:	Fanerogama
Filo	:	Magnoliophyta
Clase	:	Magnoliopsida
Orden	:	Caryophyllales
Familia	:	Amaranthaceae
Género	:	Amaranthus
Especie	:	Caudatus

### **1.3.3. Nombre comunes**

Recibe diferentes nombres, siendo conocido en la región andina del Perú como kiwicha en el Cusco, achita en Ayacucho, achis en Áncash, coyo en Cajamarca y qamaya en Arequipa. En Bolivia se le denomina coimi; millmi en Argentina; y sangoracha en Ecuador (Tapia, 2000).

### **1.3.4. Descripción botánica**

El amaranto o kiwicha es una especie anual, herbácea, ligeramente arbustiva, cuyos colores de panoja varían de verde, amarillo y rojo hasta morado. Las hojas son de forma oval, de color verde o púrpura con nervaduras resaltantes. El tallo es cilíndrico anguloso, de 0,60 a 3 m de altura, de colores que varían y que generalmente coinciden con el color de las hojas. Las inflorescencias pueden ser de forma amarantiforme o glomerulada, son muy atractivas y pueden variar de erectas a caídas o postradas con colores muy variados. La semilla es muy pequeña, lisa y brillante, de

color generalmente blanco, aunque existen de color amarillo, rojo y los amarantos silvestres son negros (Anexo 04) (Tapia, & Fries, 2007).

### **1.3.5. Valor nutricional**

El valor energético de la kiwicha es mayor que el de otros cereales. Contiene de 15 a 18% de proteínas, mientras que el maíz, por ejemplo, alcanza únicamente el 10%. El almidón del amaranto presenta dos tipos: glutinoso o waxy, con 1% de amilosa, y no glutinoso o no waxy con 6 a 12% de amilosa, lo que indica que hay un alto contenido de amilopectina (Calixto & Arnao, 2004). Por otra parte, las semillas contienen un alto valor de aminoácidos, como la lisina (Tabla 07). El grano de kiwicha tiene un contenido de calcio, fósforo, hierro, potasio, zinc, vitamina E y complejo de vitamina B. Su fibra, comparada con la del trigo es muy fina y suave. No es necesario separarla de la harina, es más, juntas constituyen una gran fuente de energía.

### **1.3.6. Harina de kiwicha**

La harina de kiwicha constituye una gran fuente de energía gracias a sus carbohidratos complejos, tiene una composición nutricional más equilibrada que los cereales convencionales y una mayor cantidad de proteínas de calidad. No contiene gluten por lo que es apto para celiaco. La harina integral tiene gran interés por su alto contenido en lisina, vitaminas y minerales (Espinoza & Quispe, 2011). La harina de amaranto no sirve para fabricar pan ya que no posee gluten, si se empleara para este fin, se sugiere mezclar en proporción bajos con harina de trigo u otras similares, siendo esta sustitución no mayor a un 20% (Herrera & Montenegro, 2012). La composición nutricional presente en la harina de kiwicha se muestra en la Tabla 08.

### **1.3.7. Producción y exportación de la kiwicha**

La exportación de kiwicha según lo reportado por la SUNAT, 2016 & Koo, 2016, muestran que el principal país al que se exporta es Japón con un 42%, seguido de Alemania con un 17%, contando también con Corea, Estados Unidos, entre otros (Gráfico 03). En la Tabla 09 muestra la comparación de la importación en los años 2015-2016.

**Tabla 07: Composición química y valor nutricional de la kiwicha cruda (100 g)**

Elemento	Unid	Valor	Elemento	Unid	Valor
Calorías	Cal	377	Calcio	mg	236
Agua	g	12,0	Fósforo	mg	453
Proteínas	g	13,5	Ceniza	g	2,40
Grasas	g	7,10	Vit. B1(Tiamina)	mcg	0,30
Carbohidrato	g	64,5	Vit.B2 (Riboflamina)	mcg	0,01
Fibra	g	2,50	Ac. Ascórbico reduc.	mcg	1,30
<b>Aminoácidos en 100 g. de proteína</b>					
	Triptófano		g		1,50
	Lisina		g		8,00
	Treonina		g		3,60
	Metionina		g		4,20
	Leucina		g		5,70
	Fenilalanina		g		7,70
	Isoleucina		g		3,70

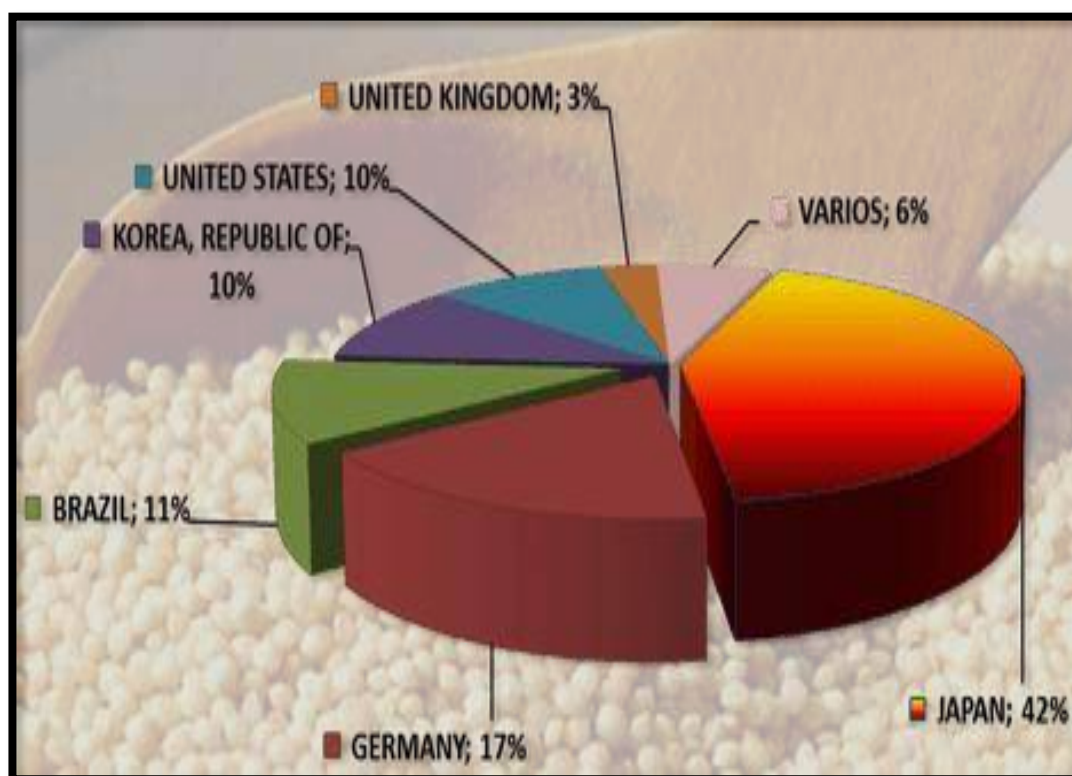
**Fuente:** Peralta, et al., (2008); Herrera & Montenegro (2012)

**Tabla 08: Contenido nutricional en 100 g de producto de harina de kiwicha**

<b>Composición en 100 g de producto</b>	
Humedad	10,1
Proteínas	17,8
Grasa	3,2
Carbohidratos	61,7
Fibra	5,1
<b>Minerales (mg)</b>	
Calcio (Ca)	459,31
Fosforo (P)	77,840
Fierro (Fe)	6,3000
<b>Vitaminas (mg)</b>	
Tiamina/Vitamina B1	0,0300
Riboflavina/Vitamina B2	0,1400

**Fuente:** Elaboración propia basado en Mosquera, Pacheco, & Martínez (2012)

**Gráfico 03: Exportación de kiwicha 2016**



**Fuente: SUNAT (2016) & Koo (2016)**



**Tabla 09: Exportación de kiwicha 2016**

Mes	2016			2015		
	FOB	Kilos	Prec. Prom	FOB	Kilos	Prec. Prom
Ene-Mzo	597 789	246 913	7,19	113 682	32 394	11,88
Abr-Jun	662 127	270 740	7,37	502 967	151 873	10,64
Jul-Set	379 104	195 619	7,04	276 240	94 808	8,79
Oct-Dic	137 791	66 217	6,21	292 111	132 679	6,77
Totales	1 854 057	779 489	2,38	1 185 000	411 754	2,88
Promedio mes	185 406	77 949		98 750	34 313	
% Crec. Anual	88%	127%	-17%	-52%	-28%	-32%

**Fuente: Elaboración propia adaptado de SUNAT (2016) & Koo (2016)**

## 1.4. Cañihua

La cañihua es un grano muy nutritivo perteneciente al igual que la quinua a la familia de las Quenopodeaceas considerado dentro del grupo de cereales, la cañihua es de menor tamaño que la quinua y más oscura, su tamaño oscila entre 20 y 60 cm (Figura 04), pero a diferencia de la quinua, esta no contiene saponinas (Quispe, 2013).

### 1.4.1. Historia de la cañihua

Es designada como una especie diferente a la quinua en 1908, pero no fue hasta 1929 en que el botánico suizo Paul Aellen creó la denominación de *Chenopodium pallidicaule* para este cultivo. (Tapia, 2000); fue domesticado por los pobladores de la cultura Tiahuanaco, sin embargo el cultivo de la qañiwa no ha tenido mayor difusión fuera de las fronteras del altiplano de Perú y Bolivia, más específicamente de las serranías de Cochabamba, en Bolivia, y de Cusco, Ayacucho, Huancavelica y Junín, en Perú; durante los tiempos incaicos la Cañihua era un alimento exclusivo del Inca y su corte, teniendo la población común prohibido consumir este alimento "real".

### 1.4.2. Posición taxonómica

Es una planta que pertenece a la familia *Chenopodiaceae*. Su semejanza a la quinua ha provocado confusión por mucho tiempo hasta que Aellen lo clasificó en 1929 como especie propia. Según Apaza (2010) señala que la taxonomía de la cañihua es:

Reino	:	Vegetal
División	:	Angiospermophyta
Clase	:	Dicotyledoneae
Sub clase	:	Archichlamydeae
Orden	:	Centrospermales
Familia	:	Chenopodiaceae
Género	:	Chenopodium
Especie	:	Chenopodium pallidicaule Aellen.



**Figura 04: Planta de la cañihua**

**Fuente: Apaza (2010)**

### **1.4.3. Nombres comunes**

La cañihua botánicamente es conocida como *Chenopodium pallidicaule* Aellen, en el Perú se le conoce como kañiwa y en Bolivia como cañahua; en el Altiplano de Perú es conocido con diferentes nombres según el idioma, las zonas homogéneas de producción y el uso, así en Quechua se denomina como Kañiwa, cañahua, cañigua, qañiua, cañiwa y en Aymara como kañawa, cañihua, kañihua (Mujica, et al, 2002).

### **1.4.4. Descripción botánica**

Planta herbácea, ramificada desde la base, altura de 50 a 60 cm y período vegetativo entre 140 y 150 días. El color de la planta (tallos y hojas) cambia según el ecotipo en la fase fenológica de grano pastoso; de verde a anaranjado, amarillo claro, rosado claro, rosado oscuro, rojo y púrpura (Apaza, 2010), el grano no contiene saponina, es de forma subcilíndrico, cónico, subcónico y subelipsoidal de 1,0 a 1,2 mm de diámetro, el embrión es curvo y periforme. Tanto los tallos en su parte superior, como hojas e inflorescencias están cubiertos de vesículas de color blanco o ligeramente rosado que las protegen del frío; las hojas alternas presentan pecíolos cortos y finos, las láminas son engrosadas, presentan tres nervaduras bien marcadas en la cara inferior que se unen después en la inserción del pecíolo; las inflorescencias son axilares o terminales, cubiertas totalmente por el follaje que las protege del efecto de las temperaturas (Anexo 05) (Tapia & Fries, 2007).

### **1.4.5. Valor nutricional de la cañihua**

Es un alimento considerado nutracéutico o alimento funcional, con elevado contenido proteico (15,7 a 18,8%, superior a la quinua, incluso en fibra) y una proporción importante de aminoácidos esenciales, esta calidad proteica en combinación con un contenido de carbohidratos (63,4%) y aceites vegetales (7,6%), la hacen altamente nutritiva. La ciencia ha demostrado que la quinua, la kiwicha y cañihua tienen un alto valor nutritivo, superior al arroz o el trigo (Apaza, 2010). En la Tabla 10 muestra el contenido nutricional y aminoácidos de la cañihua.

**Tabla 10: Contenido de aminoácidos en los granos de cañihua (mg de aminoácidos/16g de nitrógeno)**

<b>Elemento</b>	<b>Unid</b>	<b>Valor</b>	<b>Elemento</b>	<b>Unid</b>	<b>Valor</b>
Humedad	%	10,2	Fibra	%	5,3
Grasa	%	6,34	Carbohidrato	%	55,46
Proteínas	%	16,9	Ceniza	%	5,8
<b>Aminoácidos mg de aa/16 g de nitrógeno</b>					
Triptófano	mg	0,9	Valina	mg	4,2
Lisina	mg	5,3	Metionina	mg	3,0
Histidina	mg	2,7	Leucina	mg	6,1
Arginina	mg	8,3	Fenilalanina	mg	3,7
Treonina	mg	3,3	Isoleucina	mg	3,4
Serina	mg	3,9	Ac. Glutámico	mg	13,6
Prolina	mg	3,2	Glicina	mg	5,2

**Fuente: Elaboración propia basado en Bravo (2010)**

#### **1.4.6. Harina de cañihua**

La cañihua no tiene ningún sabor amargo se utiliza después de haber sido cocido en seco (tostado), luego molido. A esta se le conoce como “kañihuaco” en Peru y a partir de esta harina se han hecho ensayos de panificación y estudiado los rendimientos de harina. (Quispe, 2013). La composición química y aminoácidos presentes en la harina de cañihua se muestran en la Tabla 11. La harina de kañiwa cruda mantiene el contenido de fósforo, proteínas y calorías que la convierten en un alimento energético por excelencia.

Puede utilizarse combinando 30%-70% de harina de kañiwa-trigo para cualquier preparación. Un ejemplo es la investigación hecha por Herrera (2007), realizó pruebas para obtención de galletas enriquecidas con fibra dietaria utilizando salvado de kañiwa 10, 20, 30 y 40%; determinó que las galletas con 30% de salvado tuvieron mayor preferencia en cuanto aroma, sabor y textura.

#### **1.4.7. Producción y exportación de la cañihua**

Según SUNAT (2016) & Koo (2016) la exportación de cañihua en el 2015 y mediados del año 2016 se reporta en la Tabla 12. La exportación de los pseudocereales aumenta cada año siendo el primer país de exportación Estado Unidos con un 32% al igual que Alemania (Gráfico 04).

### **1.5. Pan**

Según la «Reglamentación Técnico Sanitaria para la Fabricación, circulación y Comercio del Pan y Panes Especiales» el pan y sus distintos tipos (Figura 05) se definen de la siguiente manera (Madrid & Cenzano, 2001; Callejo, 2002), el pan es el producto perecedero resultante de la cocción de una masa obtenida por la mezcla de harina de trigo, sal comestible y agua potable, fermentada por especies propias de la fermentación panaria, como *Saccharomyces cerevisiae*.

**Tabla 11: Composición química y aminoácidos (g/100g) de la harina de cañihua**

Componentes	Harina	Componente	Harina
Humedad	5,980	Fibra	3,370
Proteína	16,21	Ceniza	3,540
Grasa	2,17	Carbohidrato	58,73
<b>Aminoácidos (g/100g en proteínas)</b>			
Ac. aspártico	2,900	Isoleucina	0,900
Ac. glutámico	8,300	Leucina	2,800
Arginina	102,0	Lisina	2,000
Fenilalanina	1,600	Prolina	5,300
Glicina	19,10	Serina	7,300
Histidina	7,800	Tirosina	2,700

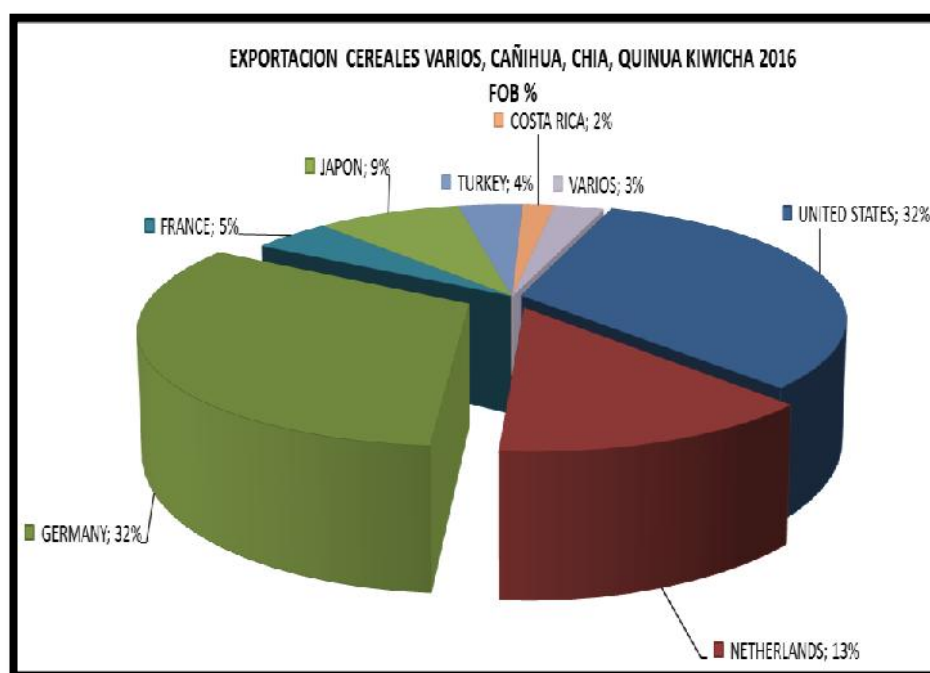
**Fuente: Elaboración propia, basado en Bravo, et al (2010)**

**Tabla 12: Exportación de cañihua 2016**

Mes	2016			2015		
	FOB	Kilos	Prec. Prom	FOB	Kilos	Prec. Prom
Enero	275 936	69 000	4,00	134 845	41 853	3,22
Febrero	196 459	39 681	4,95	218 574	52 694	4,15
Marzo	246 718	82 342	3,00	139 358	31 951	4,36
Abril	272 357	69 436	3,92	54 277	16 381	3,31
Mayo	185 502	45 783	4,05	131 019	34 115	3,84
Junio	_____	_____	_____	69 732	16 081	4,34
,Julio	_____	_____	_____	3 443	577	5,97
Agosto	_____	_____	_____	191 975	44 184	4,34
Setiembre	_____	_____	_____	68 499	21 451	3,19
Octubre	_____	_____	_____	186 447	31 322	5,95
Noviembre	_____	_____	_____	3 653	499	7,32
Diciembre	_____	_____	_____	115 377	42 563	2,71
Totales Año	1 176 972	306 242	3,84	1 317 199	333 671	3,95
Promedio mes	235 394	61 248	109 767	27 806	27 806	
% Crec. Anual	114%	120%	-70%	-56%	-56%	

**Fuente: Elaboración propia adaptado de SUNAT (2016) & Koo (2016).**

**Gráfico 04: Exportación de quinua, kiwicha, cañihua y chía 2016**



**Fuente: Koo (2016)**





**Figura 05: Distintas formas del pan**  
**Fuente: Bernabé, Llin & Pérez (2007)**

El almidón en la panificación ha cumplido diferentes funciones siendo algunas de ellas: diluye el gluten a una determinada consistencia favoreciendo la formación de la miga del pan; la superficie del gránulo proporciona una buena adherencia entre el gluten y el almidón, formando una fina película alrededor del gas producido durante la fermentación; toma agua del gluten durante la gelatinización, haciendo que éste se vuelva rígido y reduciendo la expansión del mismo (Bernabé, 2009).

### **1.5.1. Historia del pan**

El pan constituye la base de la alimentación desde hace 7000 u 8000 años, al principio era una pasta plana, no fermentada, elaborada con una masa de granos machacados groseramente y cocida, muy probablemente sobre piedras planas calientes. Parece que fue en Egipto donde apareció el primer pan fermentado, cuando se observó que la masa elaborada el día anterior producía burbujas de aire y aumentaba su volumen, y que, añadida a la masa de harina nueva, daba un pan más ligero y de mejor gusto.

Durante los siglos XIX y XX los oficios familiares dan paso a la construcción de fábricas que incrementan la capacidad de producción de alimentos básicos, entre ellos el pan y los productos de panadería, llegándose en nuestros días a dos tendencias hasta cierto punto contrapuestas. Por un lado, los cambios en el estilo de vida y la difusión de los congeladores y de los hornos microondas han conllevado un aumento de la demanda de alimentos (entre ellos el pan) de más cómoda preparación y adecuados para su almacenamiento en congeladores (Mesas y Alegre, 2002).

### **1.5.2. Tipos de pan**

Recibe apelativos muy diferentes según la forma, el modo, el peso, etc., y según también las distintas localidades de los distintos países. Lo mencionado por Mesas & Alegre (2002) basado en el Código Alimentario Español diferencia dos tipos de pan según su formulación: pan común y pan especial, y según su cocción: pan completamente cocido y pan precocado.

### **1.5.2.1. Según su formulación**

#### **1.5.2.1.1. Pan común**

Se define como el de consumo habitual en el día, elaborado con harina de trigo, sal, levadura y agua, al que se le pueden añadir ciertos coadyuvantes tecnológicos y aditivos autorizados. Dentro de este tipo se incluyen: Pan bregado que es de miga dura, español o candeal, es el elaborado con cilindros refinadores y Pan de flama o de miga blanda, es el obtenido con una mayor proporción de agua que el pan bregado y normalmente no necesita del uso de cilindros refinadores en su elaboración.

#### **1.5.2.1.2. Pan especial**

Es aquel que, por su composición, por incorporar algún aditivo o coadyuvante especial, por el tipo de harina, por otros ingredientes especiales (leche, huevos, grasas, cacao, etc.), por no llevar sal, por no haber sido fermentado, o por cualquier otra circunstancia autorizada, no corresponde a la definición básica de pan común. Como ejemplos de pan especial tenemos: Pan integral, es aquel en cuya elaboración se utiliza harina integral, es decir, la obtenida por trituración del grano completo, sin separar ninguna parte del mismo y Pan de cereales, es el elaborado con harina de trigo más otra harina en proporción no inferior al 51%.

### **1.5.2.2. Según su cocción**

#### **1.5.2.2.1. Pan cocido**

Consiste en aquellos panes cuya cocción ha sido completada, la masa se elabora como cualquier pan tradicional. Los panes anteriormente mencionados son ejemplos de este tipo de pan.

#### **1.5.2.2.2. Pan pre cocido**

Consiste en una cocción en dos tiempos. La masa se elabora como en el proceso tradicional, una vez que en la primera cocción ha cogido estructura, se saca del horno, se enfría y posteriormente se empaca y conserva. Como ejemplos de pan pre cocido tenemos el pan panini descrito más adelante.

### **1.5.3. Insumos de panificación**

A raíz de las anteriores definiciones, las materias primas utilizadas en la elaboración del pan son: harina, agua, sal, levadura y otros componentes, evidentemente la utilización de las 4 primeras conduce a la elaboración de pan común, la ausencia de alguna de ellas o la inclusión de algún componente especial conlleva la elaboración de pan especial (Miralbés, 2000; Callejo, 2002).

#### **1.5.3.1. Agua**

Es el segundo componente mayoritario de la masa y es el que hace posible el amasado de la harina. El agua hidrata la harina facilitando la formación del gluten, con ello y con el trabajo mecánico del amasado se le confieren a la masa sus características plásticas: la cohesión, la elasticidad, la plasticidad y la tenacidad o nervio. La presencia de agua en la masa también es necesaria para el desarrollo de las levaduras que han de llevar a cabo la fermentación del pan. Mesas y Alegre (2002) basado en Siebel (1994), reconociendo la importancia de la frescura en la aceptación por los consumidores, decía: se está usando en todo el mundo mayores adiciones de agua, lo que se traduce en masas más sensibles que requieren un equipo especial.

#### **1.5.3.2. Levadura**

Mesas y Alegre (2002) basado en Humanes (2011); menciona que en la panadería se llama levadura al componente microbiano aportado a la masa con el fin de hacerla fermentar de modo que se produzca etanol y CO<sub>2</sub>. Este CO<sub>2</sub> queda atrapado en la masa la cual se esponja y aumenta de volumen, a este fenómeno se le denomina levantamiento de la masa, asimismo los microorganismos presentes en la levadura son principalmente levaduras que son las responsables de la fermentación alcohólica, pero también se pueden encontrar bacterias que actúan durante la fermentación dando productos secundarios que van a conferir al pan determinadas características organolépticas, en concreto una cierta acidez.

Existen tres tipos de levaduras: la levadura natural o levadura de masa, que se prepara a partir de la microbiota de la propia harina, poco utilizada en la actualidad,

su principal aplicación es la elaboración de la masa madre empleada en el sistema de elaboración mixto; la levadura comercial o levadura de panadería que se prepara industrialmente a partir de cultivos puros generalmente de *Saccharomyces cerevisiae*, se comercializa de forma prensada, líquida, deshidratada activa o instantánea (Callejo, 2002); y la levadura química o impulsores de masas, que son aditivos gasificantes que básicamente es la mezcla de un ácido y un compuesto alcalino que con el amasado y el calor de la cocción reaccionan generando CO<sub>2</sub>.

#### **1.5.3.3. Sal**

Es un compuesto de Cloro y Sodio llamado también Cloruro de Sodio. Comercialmente se obtiene de salinas, lagos subterráneos y de minas (ASEMAC, 2012). Su objetivo principal es dar sabor al pan haciendo la masa más tenaz, actúa como regulador de la fermentación, favorece la coloración de la corteza durante la cocción y aumenta la capacidad de retención de agua en el pan. Entre las funciones que tiene la sal tenemos: mejora el sabor, fortalece el gluten en las harinas débiles, resalta los sabores de otros ingredientes, controla la actividad de la levadura, tiene una acción bactericida sobre microbios indeseables al proceso, entre otros.

#### **1.5.3.4. Ácido ascórbico**

El ácido ascórbico, o vitamina C, es el aditivo más utilizado en la panificación europea, donde se le ha asignado el código E-300. Se presenta como un polvo blanco ligeramente amarillento, casi inodoro, y de gusto ácido. No es frecuente que lo utilice el panadero como producto puro, sino que a veces lo incorpora el harinero (Tejada, 2013). El ácido ascórbico cuando la cantidad excede de lo recomendado las masas son más elásticas, difíciles de formar (secas), panes de sección redonda, cortezas de color pálido; en cambio si es por falta, las masas se relajan es decir, pegajosas, falta de desarrollo en el horno, color de la corteza rojizo (SENA, 2013), siendo la dosis máxima según la Reglamentación Técnico Sanitaria Pan y Panes Especiales Real para un pan común de 0,03%.

#### **1.5.3.5. Harina**

La denominación harina designa exclusivamente el producto obtenido de la molienda del endospermo del grano de trigo limpio. Si se trata de otros granos de cereales o de leguminosas hay que indicarlo, por ejemplo: harina de maíz, harina de cebada, etc. Si en la harina aparece no sólo el endospermo, sino todos los componentes del grano se llama harina integral (Mesas & Alegre, 2002). En la Tabla 13 muestra la composición media en las cuales oscila las harinas panificables.

El 85% de las proteínas son Gliadinas y Gluteninas, proteínas insolubles que en conjunto reciben el nombre de gluten debido a su capacidad para aglutinarse cuando se las mezcla con agua dando una red o malla que recibe igualmente el nombre de gluten. Esta propiedad que poseen las proteínas del trigo y que no poseen las proteínas de otros cereales, es la que hace panificables las harinas de trigo y la que proporciona las características plásticas de la masa de pan (Calaveras, 2004).

#### **1.5.3.6. Propionato de calcio**

El propionato de calcio es una de las sales del ácido propiónico. Esta sal tiene menor actividad antimicrobiana que el ácido del que se deriva, sin embargo presenta la ventaja de no ser corrosiva. Además, al ser mezclada con los demás ingredientes de la masa, no altera el color, olor, sabor, volumen ni tiempo de horneado normal del pan, presenta un ligero sabor a queso que es imperceptible en el pan, y es digerido y metabolizado sin problema por el organismo humano (Balarezo, 2011). Es el principal inhibidor de mohos en productos horneados, siendo las concentraciones sugeridas para su uso son de 0,15% hasta 0,38% (Tabla 14) (Grundy, 1996). Tiene baja actividad antimicrobiana en contra de las bacterias (excepto el *B. mesentericus*), y no tiene efecto sobre las levaduras, por lo cual es muy usado en la elaboración de productos que en su formulación llevan levaduras como es el caso del pan (Balarezo, 2011). Algunas pruebas realizadas han corroborado que agregando propionato de calcio en una concentración del 0,1% al pan, la aparición de mohos en el producto se retrasa hasta 8 días aproximadamente (Grundy, 1996 & Balarezo, 2011).

**Tabla 13: La composición media de las harinas panificables**

<b>Caracterización</b>	<b>Valores</b>
Humedad	13-15 %
Proteínas	9-14% (85% gluten)
Almidón	68-72%
Cenizas	0,5-0,65%
Materias grasa	1-2%
Azucares fermentables	1-2%

**Fuente: elaboración propia adaptado de Calaveras (2004)**

**Tabla 14: Niveles de uso del propionato de calcio**

<b>Producto</b>	<b>Método de aplicaciones</b>
Pan	2 g/kg de harina, o 3 g/kg de harina debido al ambiente húmedo
Pasteles	1-4 g/kg de pasta, se adiciona con el polvo para hornear
Pie	1,5-3,0 g/kg de masa

**Fuente: Elaboración propia-2016 adaptado de Calaveras (2004)**

#### **1.5.3.7. Otros componentes del pan**

Sus objetivos son: o bien aumentar el valor nutritivo del pan o bien proporcionarle un determinado sabor. Su empleo da siempre panes especiales, entre los más comunes: azúcares, leche, materias grasas, huevos, frutas, etc. O algún cereal distinto al trigo.

#### **1.5.4. Sistema de elaboración**

Existen tres sistemas generales de elaboración de pan que vienen determinados principalmente por el tipo de levadura utilizado (Tabla 15) (Callejo, 2002; Mesas & Alegre, 2002).

#### **1.5.5. Procesos de panificación**

La Figura 06 muestra el diagrama de flujo del proceso de elaboración del pan diferenciando entre operaciones activas y fases de reposo e indicando las operaciones opcionales según los distintos métodos de elaboración. El proceso de elaboración consta de las siguientes etapas (Cauvain y Young, 2007).

##### **1.5.5.1. Amasado**

Consiste en mezclar los distintos ingredientes según el tiempo establecido por el tipo de pan a elaborar y conseguir las características plásticas de la masa así como su perfecta oxigenación. Se realiza en amasadoras, que constan de una artesa móvil.

##### **1.5.5.2. División y pesado**

Su objetivo es dar a las piezas el peso justo. Si se trata de piezas grandes se suelen pesar a mano. En las grandes panificadoras donde el rendimiento horario oscila entre las 1000 y 5000 piezas se suele recurrir a las divisoras volumétricas continuas.

##### **1.5.5.3. Boleado o Heñado**

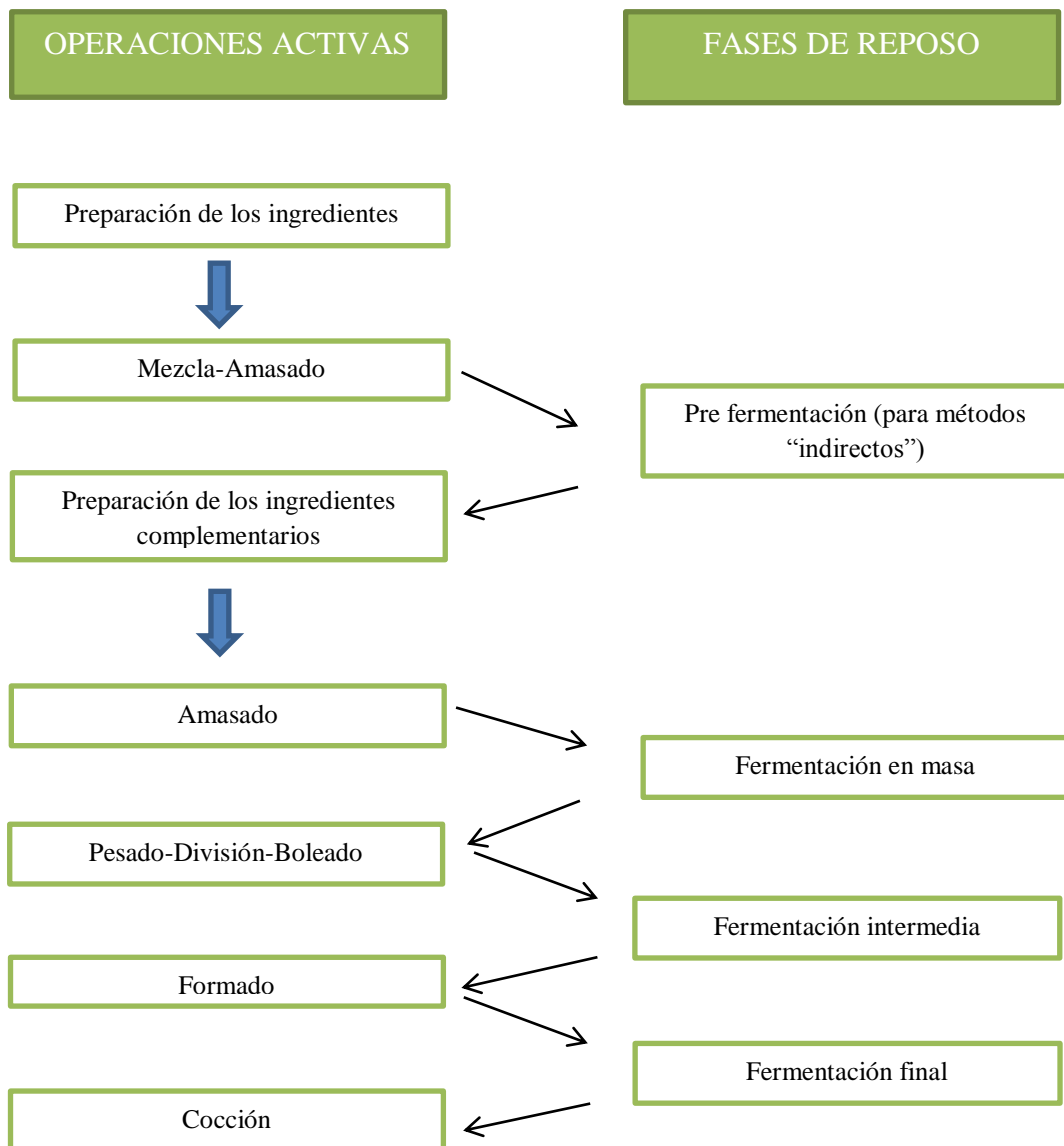
Consiste en dar forma de bola al fragmento de masa y su objetivo es reconstruir la estructura de la masa tras la división. Puede realizarse a mano o mecánicamente por medio de boleadoras siendo las más frecuentes las formadas por un cono truncado giratorio.



**Tabla 15: Sistemas de elaboración de pan determinados por el tipo de levadura**

<b>Método</b>	<b>Descripción</b>
Directo	Es el menos frecuente y se caracteriza por utilizar exclusivamente levadura comercial. Requiere un periodo de reposo de la masa de unos 45 minutos antes de la división de la misma. No es útil en procesos mecanizados con división automática volumétrica
Espanja	También llamado poolish, es el sistema universalmente empleado en la elaboración de pan francés y pan de molde. Consiste en elaborar una masa líquida (esponja) con el 30 – 40% del total de la harina, levadura (comercial) y litros de agua como kilos de harina. Se deja reposar unas horas, se incorpora el resto de la harina y agua y a partir de ahí se procede como en el método directo (Mesas & Alegre, 2002), el tiempo que se va a dejar la esponja es: tiempo de 2 horas 15 gramos de levadura.
Mixto	Es el sistema más frecuente en la elaboración de pan común. Utiliza simultáneamente masa madre (levadura natural) y levadura comercial. Requiere un reposo previo a la división de la masa de sólo 10–20 minutos. Es el más recomendable cuando la división de la masa se hace por medio de divisora volumétrica

**Fuente: Elaboración propia basado en Callejo (2002); Mesas & Alegre (2002)**



**Figura 06: Diagrama de flujo del proceso de elaboración del pan**

**Fuente: Mesas & Alegre (2002)**

#### **1.5.5.4. Reposo**

Su objetivo es dejar descansar la masa para que se recupere de la degasificación sufrida durante la división y boleado. Esta etapa puede ser llevada a cabo a temperatura ambiente en el propio obrador o en cámaras de bolsas, en las que se controlan la temperatura y el tiempo de permanencia en la misma.

#### **1.5.5.5. Formado**

Su objetivo es dar la forma que corresponde a cada tipo de pan. Si la pieza es redonda, el resultado del boleado proporciona ya dicha forma. Si la pieza es grande o tiene un formato especial suele realizarse a mano.

#### **1.5.5.6. Fermentación**

Consiste básicamente en una fermentación alcohólica llevada a cabo por levaduras que transforman los azúcares fermentables en etanol, CO<sub>2</sub> y algunos productos secundarios. Los objetivos de la fermentación son la formación de CO<sub>2</sub>, para que al ser retenido por la masa ésta se esponje, y mejorar el sabor del pan como consecuencia de las transformaciones que sufren los componentes de la harina. La masa panaria contiene solo el 0,5 % de glucosa y fructosa, procedente de la harina, cantidad adecuada para iniciar la fermentación y activar el sistema de la levadura.

La producción de gas como consecuencia de la fermentación continúa mientras la levadura tenga sustrato para continuar su crecimiento. Si la producción de gas continúa, la masa no aumentará su volumen si éste no es retenido. No todo el gas generado durante la fermentación y cocción de la masa va a ser retenido cuando el pan salga del horno (Bernabé, 2009). En un sentido amplio la fermentación se produce durante todo el tiempo que transcurre desde que se han mezclado todos los ingredientes (amasado) hasta que la masa ya dentro del horno alcanza unos 50 °C en su interior.

En la práctica se habla de varias fases: la pre-fermentación, correspondiente a la elaboración de la masa madre o de la esponja en los métodos indirectos; la

fermentación en masa, que va desde que finaliza el amasado hasta que la masa se divide en piezas; la fermentación intermedia, que es el periodo de reposo que se da a la masa en las cámaras de bolsas tras el boleado y antes del formado; y la fermentación final, que es el periodo de reposo que se da a las piezas individuales desde que se practicó el formado hasta que se inicia el horneado del pan.

#### **1.5.5.7. Corte:**

Operación intermedia que se hace después de la fermentación, justo en el momento en que el pan va a ser introducido en el horno. Consiste en practicar pequeñas incisiones en la superficie de las piezas. Su objetivo es permitir el desarrollo del pan durante la cocción.

#### **1.5.5.8. Cocción**

Su objetivo es la transformación de la masa fermentada en pan, lo que conlleva: evaporación de todo el etanol producido en la fermentación, evaporación de parte del agua contenida en el pan, coagulación de las proteínas, transformación del almidón en dextrinas y azúcares menores y pardeamiento de la corteza. Se da temperaturas que van desde los 220 a 260 °C, aunque el interior de la masa nunca llega a rebasar los 100 °C.

#### **1.5.6. Análisis fisicoquímico de las harinas y del pan**

Los análisis fisicoquímicos de las harinas y pan ayudan a determinar su calidad de acuerdo al proceso industrial a la cual se destine (Tabla 16). Para el caso del pan, uno de los factores más importantes es la fuerza potencial de la harina porque es necesario que el gluten tenga la capacidad de expansión reteniendo el gas producido por la levadura en contacto con los azúcares y, al mismo tiempo, la capacidad de mantener este gas durante todo el tiempo de dicha expansión (Dendy & Dobraszczyk, 2001; Vásquez & Matos, 2009).

**Tabla 16: Análisis fisicoquímicos en harinas y pan**

<b>Análisis fisicoquímico</b>	<b>Norma Técnica</b>	<b>Descripción</b>
Humedad	AOAC 925.10	El método se basa en la determinación gravimétrica de la pérdida de masa, de la muestra desecada hasta masa constante en estufa de aire
Ceniza	AOAC 923.03	El método se basa en la destrucción de la materia orgánica presente en la muestra por calcinación y determinación gravimétrica del residuo.
Proteínas	NTP 205.005:1979	Se basa en la destrucción de la materia orgánica con ácido sulfúrico concentrado, formándose sulfato de amonio que en exceso de hidróxido de sodio libera amoníaco, el que se destila.
Grasas	NTP 205.006:1980	Son compuestos insolubles en agua pero solubles en disolventes orgánicos como éter, cloroformo, benceno o acetona. Todas las grasas contienen CHO, y algunos también contienen fósforo y nitrógeno
Fibra	NTP 205.003:1980	Es la pérdida de masa que corresponde a la incineración del residuo orgánico que queda después de la digestión con soluciones de ácido sulfúrico e hidróxido de sodio en condiciones específicas.

**Fuente: Elaboración propia basada en \* ISPCH (2009); ISPCH (2011); ISPCH (2010); ISPCH (2012); ISPCH (2014); Thompson (2014)**

## **1.6. Pan precocido**

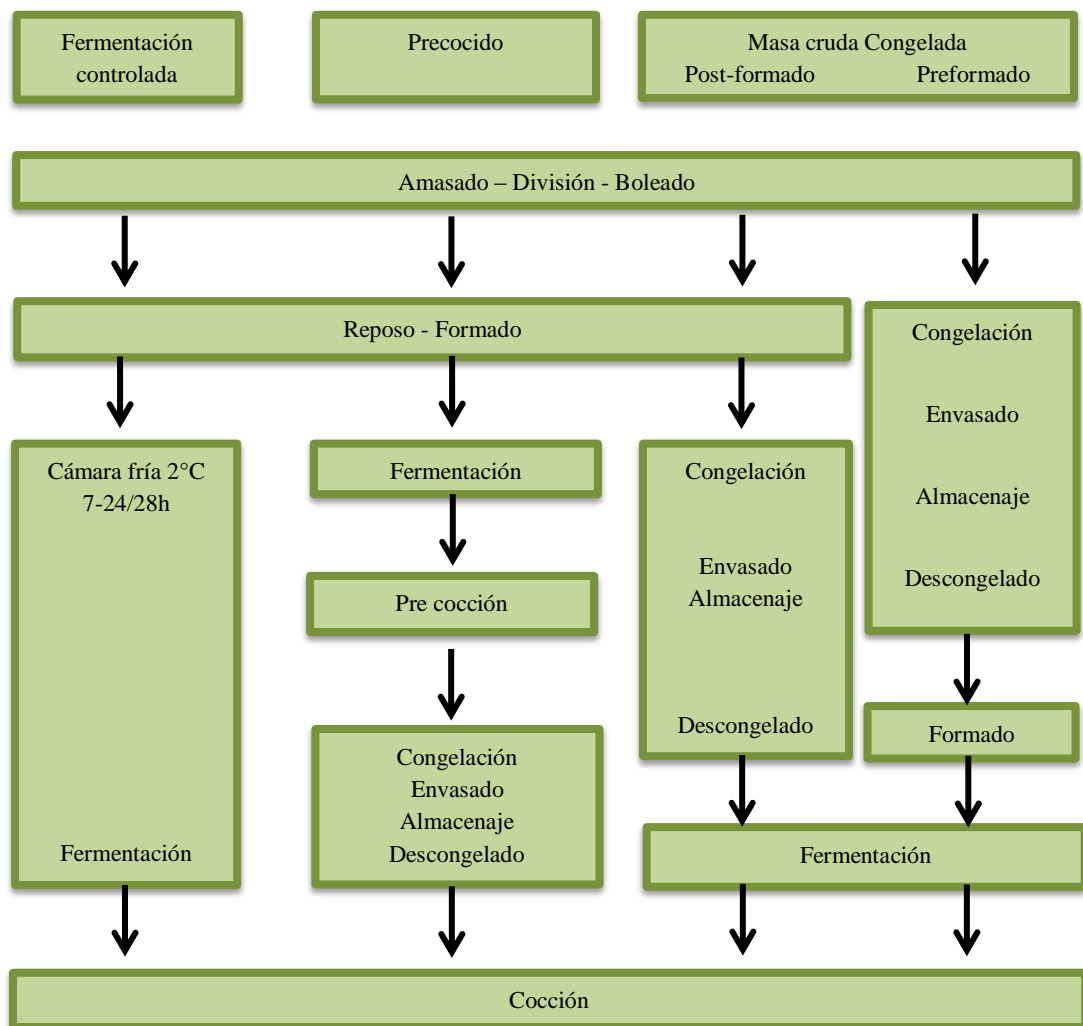
Es un tipo de pan cuya cocción no es completa, es decir, consiste en cocer el pan en 2 etapas (en la primera fase se hornea aproximadamente un tercio del tiempo de cocción total del pan), mediando entre ellas un periodo de congelación, refrigeración o atmosferas modificadas más o menos largo, lo que permite disponer de pan caliente de forma constante en terminales de cocción sin necesidad de disponer en ellos de personal altamente cualificado como es el caso del empleo de masas congeladas (Mesas, J. & Alegre, M., 2002).

En la Figura 07 se comparan los diagramas de flujo de las tendencias actuales de panificación que conllevan aplicación de frío. En ella se constata que salvo por el momento de aplicación del frío el proceso es semejante en todos los casos. Esta tecnología de horneado o bien horneado final, conocida en el mundo anglosajón como *bake off technology* (BOT), es un método adecuado para prevenir el envejecimiento del pan y obtener producto a cualquier hora del día con una calidad similar a la del pan fresco.

Determinadas cadenas de panadería y grandes superficies utilizan esta alternativa de panificación (Balarezo, 2011). Cuando se utiliza el proceso mixto en la elaboración del pan precocido, es aconsejable añadir masa madre deshidratada, cuyas propiedades se pueden controlar mejor que en la masa madre obtenida por el método tradicional, permitiendo así obtener, masas de características muy similares (Sánchez, 2003).

### **1.6.1. Ventajas del pan precocido**

- Disponibilidad de pan caliente a cualquier hora del día
- Amplia gama de productos y ahorro de tiempo y mano de obra en los puntos finales de distribución.
- Ahorro de tiempo y de fácil terminación de cocción.
- Pueden surgir algunos inconvenientes cuando se efectúa un proceso de elaboración poco cuidadoso, entre ellos pan con menos volumen, envejecimiento rápido y descascarillado.



**Figura 07: Diagrama de flujos comparativos de las tendencias actuales en panificación**

**Fuente: Mesas & Alegre (2002).**

Al pan precocido se le atribuye un menor volumen, un envejecimiento más rápido y mayor tendencia al descascarillado que al pan obtenido mediante el proceso convencional. El proceso de elaboración de un pan precocido varía al de un pan tradicional (Tabla 17). Generalmente, la cantidad de agua requerida es ligeramente superior que en la panificación por método convencional, ya que al tratarse de una harina más fuerte la absorción es mayor (Balarezo, P. 2011), (Tabla 18).

La producción de panes precocidos requiere algunas modificaciones en las líneas de panificación, concretamente en la etapa de horneado, enfriamiento y conservación (Hillebrand 2005). La principal diferencia entre la panificación convencional y la tecnología del precocido estriba en cómo se hornean los productos. Los productos precocidos permanecen en el horno hasta que la estructura de la miga se ha formado, y por ello es necesario reducir la temperatura de horneado.

Después del horneado deben enfriarse a temperatura ambiente antes de introducirse en la cadena de conservación; cuando la temperatura interna del producto es demasiado alta se reseca excesivamente la corteza y esto se traduce en un descascarillado posterior; se requiere mayor energía o tiempo para conseguir la descongelación del producto. Respecto al proceso de congelación de los panes precocidos, el 90% del producto precocido debería estar congelado a la salida de la línea de congelación. Una congelación prolongada puede producir resecamientos no deseables en la superficie del producto, y un acortamiento de la etapa de congelación conlleva un colapso de la miga (Hillebrand, 2005 & Balarezo, 2011).

### **1.6.2. Pan panini precocido**

Es un pan poco conocido en el Perú, la palabra panini es el plural de panino (panecillo) en italiano, en Estados Unidos el término se usa como singular para referirse a los sándwiches o bocadillos que se tuestan entre dos planchas calientes (Figura N° 08). Como resultado el pan queda deliciosamente crujiente en el exterior y el relleno se calienta simultáneamente desde ambos lados (De Diego, 2015).



**Tabla 17: Proceso de elaboración comparando pan normal y pan precocido**

<b>Pan normal</b>	<b>Pan precocido</b>
Dosificación (pesaje)	Dosificación (pesaje)
Amasado	Amasado
División y boleado	Reposo
Reposo (15 min)	División y boleado
Formado	Reposo
Fermentación (90 min)	Formado
Corte	Fermentación
Cocción	Corte
	1era cocción
	Enfriamiento
	Congelación
	Descongelación
	2da cocción

**Fuente: Elaboración propia basado en Industria Alimenticia (2006)**

**Tabla 18: Comparación entre un pan artesanal y un pan precocido**

<b>Ingredientes</b>	<b>Pan común artesanal</b>	<b>Pan común precocido</b>
Harina	5 kg	5 kg
Agua	3 l	3.15 l
Sal	100 g	100 g
Levadura	150 g	150 g
Mejorante	15 g	10 g
Masa madre	500 g	1 kg

**Fuente: Industria Alimenticia (2006) & Calaveras (2004)**



Figura 08a: Pan Panini precocido



Figura 08b: Cocción Pan  
Panini precocido



Figura 08c: Pan Panini  
Cocido

**Figura 08: Pan panini precocido y su preparación**

**Fuente: Elaboración propia-2017**

El panini o panino es una variedad de sándwich de origen italiano, es un pan precocido, de corteza y miga suave, de forma alargada, existiendo 28 variedades de panini en el mundo como el *Doner Kebab*, *Vegemite Sándwich*, entre otros (Anexo 06). La comparación de ingredientes, insumos, etc. del panini con otros panes como el cachito, ciabata y baguetino se muestra en el Anexo 07.

### **1.7. Evaluación sensorial**

La evaluación sensorial de los alimentos es una función primaria del hombre y de una forma consciente, acepta o rechaza los alimentos de acuerdo con las sensaciones que experimenta al consumirlos. De esta forma, se establecen unos criterios para la selección de los alimentos, criterios que inciden sobre calidad sensorial del alimento (Ibáñez & Barcina, 2001). Sin embargo, vemos que esta disciplina es considerada por muchos como "poco seria" y que proporciona datos dudosos (Gallegos, 2010).

En la actualidad, el análisis sensorial de alimentos se está imponiendo como una herramienta para el control de calidad (pruebas discriminativas), el desarrollo de nuevos productos (pruebas descriptivas) y evaluar la aceptación de los productos por consumidores (pruebas afectivas) en todo tipo de alimentos (Tabla 19) (Monje, 2012).

#### **1.7.1. Aspectos ambientales**

Las dimensiones de estas salas pueden variar según las posibilidades materiales y financieras, no obstante deben resultar cómodas y confortables, debiendo estar situada muy cerca una de otra (preferentemente colindante) pero sin que exista una comunicación entre ellas que origine el paso de ruidos, olores, etc (Espinosa, 2007); en toda área dedicada al análisis sensorial, las paredes deberán ser pintadas de colores neutros y deben estar exentos de olores.

#### **1.7.2. La muestra**

El área de preparación de la muestra, debe estar debidamente equipada con equipos y utensilios propios de una cocina (Espinosa, 2007). Servir el alimento o preparación

**Tabla 19: Tipos de pruebas evaluación sensorial.**

<b>Prueba</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Clases</b>	<b>Características</b>	<b>Tipo de prueba</b>	<b>Cuando utilizar</b>	<b>Tipo, número y característica del panel o juez</b>
Discriminativa	Determinar si dos productos son percibidos de manera diferente por el consumidor	1. Apareada simple 2. Dúo-trío 3. Triangular 4. Comparación múltiple 5. Ordenamiento	- Es objetiva-analítica - No se requiere conocer la sensación subjetiva. - La posibilidad de desarrollar nuevos métodos han sido agotados	Analítica	El efecto de cambios en materia prima, procesos, empaques. Diferencia entre dos o más muestras. Magnitud e importancia de las muestras.	De 12 a 20 jueces semi entrenados para pruebas sencillas y 7 a 12 jueces entrenados para pruebas más complicadas.
Descriptiva	Determinar la naturaleza de las diferencias sensoriales	1. Escala estructurada 2. Escala estándar 3. Estimación de magnitud	no / de - Es objetiva-analítica - Proporciona una mayor información - Tiene un mayor potencial de desarrollar nuevos métodos	Analítica	Permite: Definir y medir propiedades de los alimentos. Conocer la magnitud o intensidad de los atributos del producto. Describir el producto.	Jueces que han recibido entrenamiento más intenso, con experiencia en productos específicos y con habilidad para comunicar y describir atributos.
Afectiva	Determinar la aceptabilidad de consumo de un producto	1. Preferencia 2. Aceptación 3. Escala hedónica: verbal o gráfica	- Es subjetiva - Presenta mayor variabilidad - Los resultados son más difíciles de interpretar - Las apreciaciones cambian con: tiempo, practica, instrucciones, etc	Analítica	Se desea conocer si la muestra o producto: gusta o disgusta, es aceptado o rechazado, si se prefiere a otro, se desea adquirirla o no, grado de satisfacción producida	Se requiere un mínimo de 30 jueces, consumidores potenciales o habituales sin entrenamientos en pruebas sensoriales y sin ninguna relación con el proceso.

**Fuente: Elaboración propia adaptado de Liria (2007).**

siendo preparadas o no en el mismo día debe tener la misma temperatura para todos los panelistas (Liria, 2007).

### **1.7.3. Los Panelistas**

Los catadores constituyen el instrumento de medición de la evaluación de la calidad sensorial de los alimentos (Torricela, 2007). Para facilitar el reclutamiento de los miembros del panel, todos los candidatos deberán llenar cuestionarios indicando cuáles son sus alimentos preferidos, además de su grado de interés en el proyecto que se llevará a cabo. También deberán mencionar todo tipo de restricciones y alergias alimentarias que padezcan y las fechas y horas en que están dispuestos a participar en los paneles.

#### **1.7.3.1. Tipos de Panelistas**

El número de jueces necesarios para que una prueba sensorial sea válida depende del tipo de juez que vaya a ser empleado, existen cuatro tipos de jueces: el juez experto, el juez entrenado, el juez semi entrenado o de laboratorio y el juez consumidor (Medina, 2013).

**Juez experto:** Persona que por su gran sensibilidad en evaluar las características de un tipo de alimento y percibir sus diferencias, puede ser considerada como un gran experto en ese alimento (Bello, 2000). El juez experto tiene una gran experiencia en probar un determinado tipo de alimento, posee una gran sensibilidad para percibir las diferencias entre muestras y para distinguir y evaluar las características del alimento (Medina, 2013).

**Juez entrenado:** persona que posee bastante habilidad para la detección de alguna propiedad sensorial o algún sabor o textura en particular, que ha recibido cierta enseñanza teórica y práctica acerca de la evaluación sensorial, y que sabe qué es exactamente lo que se desea medir en una prueba (Medina, 2013).

**Juez semi entrenado o de laboratorio:** Se trata de personas que han recibido un entrenamiento teórico similar al de los jueces entrenados, que realizan pruebas sensoriales con frecuencia y poseen suficiente habilidad, pero que generalmente solamente participan en pruebas discriminativas sencillas, las cuales no requiere de una definición muy precisa de términos o escalas (Medina, 2013).

**Juez consumidor:** personas que no tienen que ver con las pruebas, ni trabajan con alimentos como investigadores o empleados de fábricas procesadoras de alimentos, ni han efectuado evaluaciones sensoriales periódicas. Por lo general son personas tomadas al azar, ya sea en la calle, o en una tienda, escuela, etc. (Medina, 2013). Por otro lado Espinosa (2007) menciona dos tipos de jueces: el juez analítico y el juez afectivo. El juez analítico es el individuo que entre un grupo de candidatos ha demostrado una sensibilidad sensorial específica para uno o varios productos; en cambio el juez afectivo es el individuo que no tiene que ser seleccionado ni adiestrado, son consumidores escogidos al azar representativo de la población a la cual se estima está dirigido el producto que se evalúa.

#### **1.7.4. Características sensoriales del pan**

La calidad sensorial del pan se percibe a partir de la vista, olfato, gusto, oído y tacto (Gutiérrez, 2016); y juega un papel muy importante en la dimensión de la calidad total del producto. Desde el punto de vista del consumidor, la calidad sensorial es uno de los factores más importantes para la aceptación de un producto (Dewettinck et al., 2008), Hay algunas propiedades (atributos) que se perciben por medio de un solo sentido, mientras que otras son detectadas por dos o más sentidos. A continuación se describen algunos atributos.

- **Atributos de apariencia:** El número de alveolos y la variación del tamaño de los mismos en la miga van a influir en las propiedades relacionadas con la textura del pan y están muy relacionados con el contenido en proteína de la harina y las condiciones de fermentación. La percepción de la miga al tacto o en la boca está muy influenciada por el tamaño y la estructura de las alveolos:

cuando son finos, con paredes delgadas y uniformes en tamaño, la textura es más suave y más elástica (Lassoued et al., 2008; Callejo, 2016).

- **Atributos de olor:** El olor del pan es otro de los factores determinantes en la aceptación por el consumidor. Aunque han sido identificados un gran número de compuestos volátiles relacionados con el aroma del pan, sólo unos pocos tienen una incidencia determinante en su olor final (Callejo, 2016). La fermentación de la masa origina componentes aromáticos fundamentalmente en la miga, mientras que el proceso de cocción influye fundamentalmente en el olor de la corteza (Callejo, 2016)
- **Atributos de sabor:** El sabor se percibe principalmente por la lengua, aunque también por la cavidad bucal (por el paladar blando pared posterior de la faringe y la epiglotis). Las papilas gustativas de la lengua registran los 4 sabores básicos: dulce en la punta, lo salado y ácido en los bordes y amargo en el extremo posterior (Sancho, 2002). El pan es un producto con un sabor característico, debido en parte a que los ingredientes que lo componen, exceptuando la sal, tienen un sabor poco diferenciador, como es el caso de la harina o de la levadura (ATECPAN, 2004).
- **Atributos de textura:** La textura de la miga del pan está relacionada con la cantidad de agua añadida a la masa y con el posible empleo de harinas especiales en el proceso, pero los factores más determinantes son la cantidad y la calidad de la proteína (Kihlberg, 2004). La textura juega un papel importante en la aceptación global de un producto, debido a que los consumidores esperan cierta crocantes, suavidad, que no logran todos los alimentos (Carpenter, 2002 & Acosta, V., 2013).

### **1.8. Análisis de Perfil de Textura del pan**

La textura es un atributo de calidad utilizado en la industria de los alimentos, tanto en frescos como procesados, para evaluar la aceptabilidad y la calidad; entre las características principales encontramos la dureza, que es importante ya que estima la frescura de ellas. Para el pan, el perfil de textura se mide cortando las hogazas y colocando la muestra sobre el equipo, es necesario someter la muestra de pan a dos

ciclos compresión-descompresión 80-90% con respecto a su altura inicial, del cual se pueden obtener datos de parámetros texturales como la dureza, elasticidad, cohesividad, adhesividad, resortabilidad, gomosidad, masticabilidad, fractura, entre otros (Konopacka & Plochanski, 2004).

De dichos parámetros texturales son los tres primeros fundamentales y los demás obtenidos mediante cálculos matemáticos (Vega, 2014). La Tabla 20 ilustra cada una de las propiedades mecánicas antes mencionadas, comparándolas físicas y sensorialmente.

El comportamiento de alimento esponjoso que tiene el pan, hace que durante la primera compresión (A1) pase por tres etapas: Deformación de la matriz original, colapso de las paredes celulares y densificación. Durante la segunda compresión (A2) las células de aire, que son las que contribuyen a la resistencia original de la espuma, presentan una resistencia muy baja o nula, ya que se debilitan o eliminan durante el colapso de la primera compresión, que rompe las paredes celulares; esto resulta especialmente importante para cadenas de producción muy automatizadas, así como para respectivos proveedores de productos, sus ingredientes y sistemas alimentarios (Torres, 2015).

### **1.9. Método estadístico de superficie de respuesta**

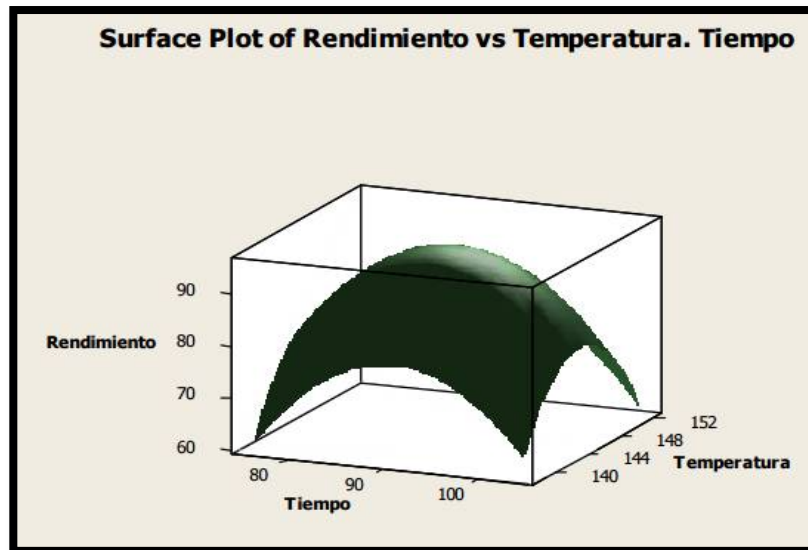
Los orígenes de la metodología de superficies de respuesta (en inglés, Response Surface Methodology - RSM) se remiten al trabajo de Box y Wilson (1951); pero ha sido durante los últimos 20 años en que dicha metodología ha tenido un desarrollo considerable tanto en aspectos teóricos como en aplicaciones en escenarios reales. El propósito inicial de estas técnicas es diseñar un experimento que proporcione valores razonables de la variable respuesta, suele utilizarse para refinar los modelos después de determinar los factores importantes utilizando los diseños factoriales, especialmente si se sospecha que existe curvatura en la superficie de respuesta (Figura 09) (Hernández & Reyes, 2007) y, a continuación, determinar el modelo matemático que mejor se ajusta a los datos obtenidos.



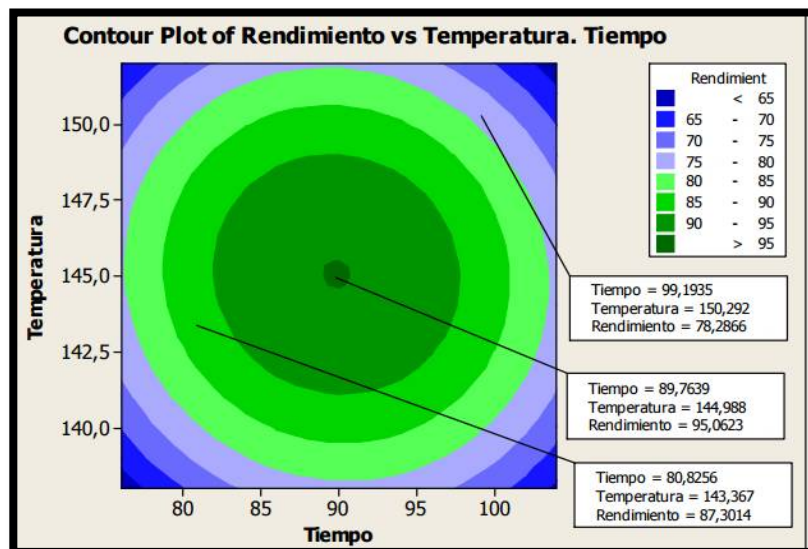
**Tabla 20: Definiciones de los parámetros mecánicos texturales**

<b>Físicas</b>		<b>Sensoriales</b>
<b>Propiedades primarias</b>		
Dureza	Fuerza necesaria para alcanzar una deformación dada	Fuerza requerida para comprimir una sustancia entre los molares (en caso de sólidos) o entre la lengua y el paladar (en caso de semisólidos)
Cohesividad	Extensión a la que un material puede ser deformado antes de que se rompa	Grado en que una sustancia es comprimida entre los dientes antes de romper
Viscosidad	Velocidad de flujo por unidad de fuerza	Fuerza requerida para llevar un líquido de la cuchara a la lengua
Elasticidad	Velocidad a la que un material deformado vuelve a su condición inicial después de que la fuerza que causa la deformación es retirada	Grado en que un producto vuelve a su forma original una vez que ha sido comprimido con los dientes
<b>Propiedades secundarias</b>		
Fracturabilidad	Fuerza con la que un material fractura: un producto con una alta dureza y un bajo grado de cohesividad	Fuerza con la que una muestra se desmigaja, agrieta o se hace pedazos
Masticabilidad	Energía requerida para masticar un alimento sólido hasta el estado adecuado para ser tragado: un producto con dureza, cohesividad y elasticidad	Periodo de tiempo requerido para masticar la muestra a una velocidad constante de fuerza aplicada para reducirla a una consistencia adecuada para tragar
Gomosidad	Energía requerida para desintegrar un semisólido a un estado líquido para ser tragado: un producto con un bajo grado de dureza y alto grado de cohesividad	Espesura que persiste durante la masticación; energía requerida para desintegrar un semisólido a un estado adecuado para tragar

**Fuente: Elaboración propia basado en Szczesniak (2002) & García (2012)**



Superficie de respuesta- Modelo de segundo orden



Contorno de Superficie de Respuesta

**Figura 09: Superficie de Respuesta**  
Fuente: Cuesta, s.f

- Diseños  $2^k$ : el cuál indica que se estimará el efecto que sobre la característica de calidad presentan k factores, cada uno de estos probado en 2 niveles (nivel alto y nivel bajo); se probarán entonces  $2^k$  tratamientos.
- Diseños fraccionados  $2^{k-p}$ : el cuál indica que se estimará el efecto que sobre la característica de calidad presentan k factores, pero no se probarán todos los  $2^k$  posibles tratamientos, sino que el número de tratamientos se reduce a  $2^{k-p}$ , permitiendo de esta manera estimar más efectos a un menor costo.
- Otros métodos alternativos son los diseños Simplex y los diseños de PlacketBurman.

La ecuación matemática de un modelo de primer orden con factores  $X_1$  y  $X_2$  es:

$$u_y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_{12} x_1 x_2 + \xi$$

Donde:

$u_y$  = Valor promedio de la variable de respuesta (Rendimiento).

$\beta_0$  = Valor promedio de la respuesta, en ausencia del efecto de los factores  $x_1$  y  $x_2$

$\beta_1$  = Razón de cambio (efecto lineal) del factor 1 sobre la respuesta promedio.

$\beta_2$  = Razón de cambio (efecto lineal) del factor 2 sobre la respuesta promedio.

$\beta_{12}$  = Razón de cambio del efecto de interacción entre  $x_1$  y  $x_2$  sobre la respuesta promedio.

$\xi$  = Término de error (efectos no explicados por el modelo).

Para un experimento con modelo de segundo orden el objetivo primordial es modelar el comportamiento del proceso en una región muy precisa y relativamente pequeña, para determinar la combinación de factores que con mayor probabilidad se puede considerar como candidato a óptimo (Cuesta, s.f.), los diseños de segundo orden de uso más frecuente son:

- Diseño equirradial: consiste en puntos igualmente espaciados sobre una esfera.

- Diseño Central Compuesto (DCC): Es el más utilizado, debido a su flexibilidad, se puede construir a partir de un diseño factorial  $2^k$  constituyendo la porción factorial del DCC, agregando puntos sobre los ejes que se denomina porción axial y puntos al centro que se denominan porción central; resulta clave para las propiedades del diseño la distancia entre el centro del diseño y la porción axial
- Diseño de Box-Benhken: Un tipo de diseño que presenta ser una alternativa razonable contra el central compuesto fue inventado para situaciones cuando el experimentador desea correr solamente 3 niveles de los factores

La ecuación matemática de un modelo de segundo orden con factores  $X_1$  y  $X_2$  es:

$$u_y = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \beta_{11}X_1^2 + \beta_{22}X_2^2 + \beta_{12}X_1X_2 + \xi$$

Donde:

$\mu_y$  = Valor promedio de la variable de respuesta (Rendimiento).

$\beta_0$  = Valor promedio de la respuesta, en ausencia del efecto de los factores  $x_1$  y  $x_2$

$\beta_1$  = Razón de cambio (efecto lineal) del factor 1 sobre la respuesta promedio.

$\beta_2$  = Razón de cambio (efecto lineal) del factor 2 sobre la respuesta promedio.

$\beta_{11}$  = Razón de cambio (efecto cuadrático) del factor 1 sobre la respuesta promedio.

$\beta_{22}$  = Razón de cambio (efecto cuadrático) del factor 2 sobre la respuesta promedio.

$\beta_{12}$  = Razón de cambio del efecto de interacción entre  $x_1$  y  $x_2$  sobre la respuesta promedio.

$\xi$  = Término de error (efectos no explicados por el modelo).

### 1.9.1. Diseño experimental Box-Benhken

El diseño Box – Benhken es un diseño cuadrático independiente que no posee un diseño factorial o una factorial fraccional. Estos diseños son giratorios (o casi giratorios) pero ellos poseen capacidad limitada de bloqueo ortogonal comparado

con el Diseño Compuesto Central, los diseños de Box-Behnken parten siempre de tres niveles en cada variable. Su algoritmo de generación de experimentos consiste en plantear diseños factoriales completos a dos niveles (Tomando el nivel alto y el bajo) entre parejas de variables, manteniendo el resto de variables en su nivel intermedio. Además se realizan tres réplicas del punto central (con todas las variables en nivel intermedio).

El diseño de Box-Behnken con 3 variables (la representación gráfica del diseño de 4 variables es demasiado compleja y poco aclaratoria) (García, et al., 2010) se muestra en el Cuadro 01, esquematizando la generación del experimento en la Figura 10. Los puntos del diseño se localizan en la mitad de las aristas del cubo centrado en el origen, lo que permite que los tratamientos tomen valores más pequeños que en un factorial  $3^2$  (Siqueiros, 2004).

Los diseños de Box-Behnken también pueden resultar útiles si se conoce la zona de operación segura de su proceso. Los diseños centrales compuestos suelen tener puntos axiales fuera del "cubo". Estos puntos podrían no estar en la región de interés o podrían ser imposibles de realizar, porque están más allá de los límites seguros de operación. Los diseños de Box-Behnken no tienen puntos axiales, por lo que se puede estar seguro de que todos los puntos de diseño se encuentran dentro de la zona de operación segura.

#### **1.10. Balance de materia**

El balance de materia, puede definirse como una contabilidad de entradas y salidas de masa en un proceso o de una parte de éste. No es más que la aplicación de la ley de conservación de la masa que expresa “La masa no se crea ni se destruye”. Los balances de materia se aplican a cualquier sistema al que se le hayan definido sus fronteras, no importa si su naturaleza es física, química o abstracta. Son una de las herramientas básicas de análisis de los sistemas, así como también lo son: el balance de energía, las reacciones físico-químicas entre otras (Gómez, s/f). En la Figura 11 muestra la materia prima que entra al proceso es la misma que sale más su residuo.

**Cuadro 01: Diseño de Box-Benhken para tres variables con tres niveles**

Variables			
Experimento	A	B	C
1	1	1	0
2	1	-1	0
3	-1	1	0
4	-1	-1	0
5	1	0	1
6	1	0	-1
7	-1	0	1
8	-1	0	-1
9	0	1	1
10	0	1	-1
11	0	-1	1
12	0	-1	-1
13	0	0	0
14	0	0	0
15	0	0	0

**Fuente: Elaboración propia basada en Siqueiros (2004)**

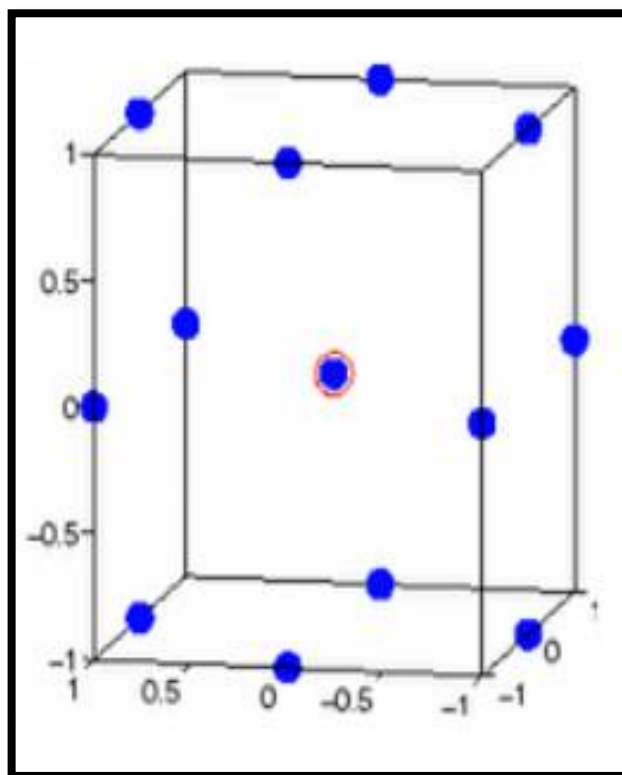


Figura 10: Diseño de experimentos de Box-Benhken para tres variables  
Fuente: García, et al., (2010)

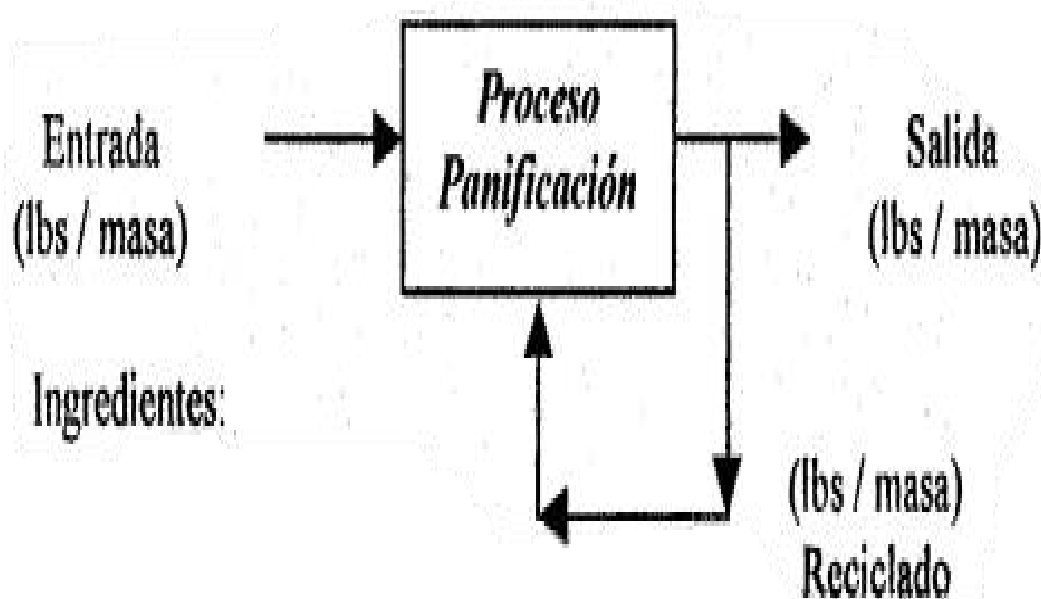


Figura 11: Balance de materia simple en proceso de panificación  
Fuente: Reyes, 2000

## **II. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1. Lugar de ejecución de la investigación**

El presente trabajo se desarrolló en la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo-Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias (FIQIA), en los Laboratorios de: Alimentos I y II, Físico-química y Química Orgánica, en el ambiente de Unidad de Producción (Panificadora Industrial) de la FIQIA. Asimismo se hizo uso del Laboratorio de Alimentos I perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela de Ingeniería de Industrias Alimentarias de la Universidad Privada Antenor Orrego (UPAO) de la ciudad de Trujillo.

### **2.2. Materiales prima e insumos**

#### **2.2.1. Materia prima**

- Harina de trigo especial Nicolini

#### **2.2.2. Insumos**

- Harina de quinua “Renacer”
- Harina de kiwicha “La Salud, alimentos saludables”
- Harina de cañihua “La Salud, alimentos saludables”
- Levadura instantánea “Okedo”
- Azúcar blanca “Bell’s”
- Sal yodada “Marina”
- Leche en polvo “Anchor”
- Manteca “Tropical”
- Ácido ascórbico
- Propionato de calcio “Fleischmann”

### **2.3. Materiales, reactivos y equipos**

#### **2.3.1. Materiales de vidrio**

- Crisol



- Buretas de 25 ml
- Desecador
- Fiolas de 250 ml
- Matraz de Erlenmeyer de 250 ml
- Probetas de 50, 100 y 1000 ml
- Varilla de agitación
- Vasos de vidrio de 100 y 250 ml.

### **2.3.2. Materiales de metal**

- Rodillo
- Soporte universal
- Trípode

### **2.3.3. Materiales de plástico**

- Bolsas de polipropileno
- Bolsas de polietileno
- Jarras medidoras de 250 ml
- Platos descartables
- Vasos

### **2.3.4. Reactivos**

- Acetona
- Ácido clorhídrico comercial 1N
- Ácido sulfúrico
- Agua destilada
- Etanol 95%
- Éter de petróleo
- Fenolftaleína solución alcohólica 1%
- Hidróxido de sodio 0.1N
- Indicador de nitrógeno

### **2.3.5. Equipos**

- Amasadora a espiral NOVA
- Baño de agua termostatzado THELCO
- Balanza analítica con precisión de 0.01g BH-300 EXCELL
- Cocina eléctrica
- Equipo de titulación
- Equipo Soxhlet
- Estufa de precisión THELCO MODEL 18
- Horno rotativo NOVA
- PHmetro
- Maquina cilindradora o rollera manual
- Mufla a 525 °C
- Texturómetro Instron modelo 3342, Capacidad: 500N

## **2.4. Métodos de análisis**

### **2.4.1. Población**

La población fue 1000 sacos de 50 kg de harina especial de la empresa Comercial Rimarachin, con dirección Calle Nicolás Cuglievan N° B-1, Chiclayo, Perú.

### **2.4.2. Muestra**

Se tomó como muestra 39 kg de harina especial

### **2.4.3. Variables en estudio**

En esta investigación, tomando en cuenta los objetivos propuestos, se diferenciaron las siguientes variables dependientes e independientes con sus respectivas dimensiones, indicadores e índices, mostrados en la Tabla 21.

**Tabla 21: Operacionalización de las variables, dimensiones, indicadores e índices**

Variable	Dimensiones	Indicadores	Índices
Independiente	Harina quinua, kiwicha y cañihua	Contenido de cada harina en el producto	%
Dependiente	TPA	Dureza	N
		Cohesividad	
		Elasticidad	
	Análisis fisicoquímicos	Humedad	
		Ceniza	
		Proteína	%
		Grasa	
		Acidez	
		Fibra	
	Evaluación sensorial de las muestras en estudio	Sabor	Puntaje para
		Aroma	cada
		Color	Atributo
		Olor	

**Fuente: Elaboración propia-2016**

#### **2.4.4. Método para el Análisis fisicoquímico de las harinas y del pan optimizado**

Los análisis fisicoquímicos de las harinas (humedad, ceniza, proteínas, grasas, fibra y acidez), se desarrollaron siguiendo un diseño completamente al azar (DCA) con dos repeticiones, empleando las normas descritas en el Cuadro 02, así como las fórmulas para su cálculo. Para el pan optimizado se realizó la comparación con el pan patrón, con la finalidad de determinar su diferencia fisicoquímica, ilustradas en el Anexo 08.

#### **2.4.5. Proceso de elaboración del pan Panini precocido**

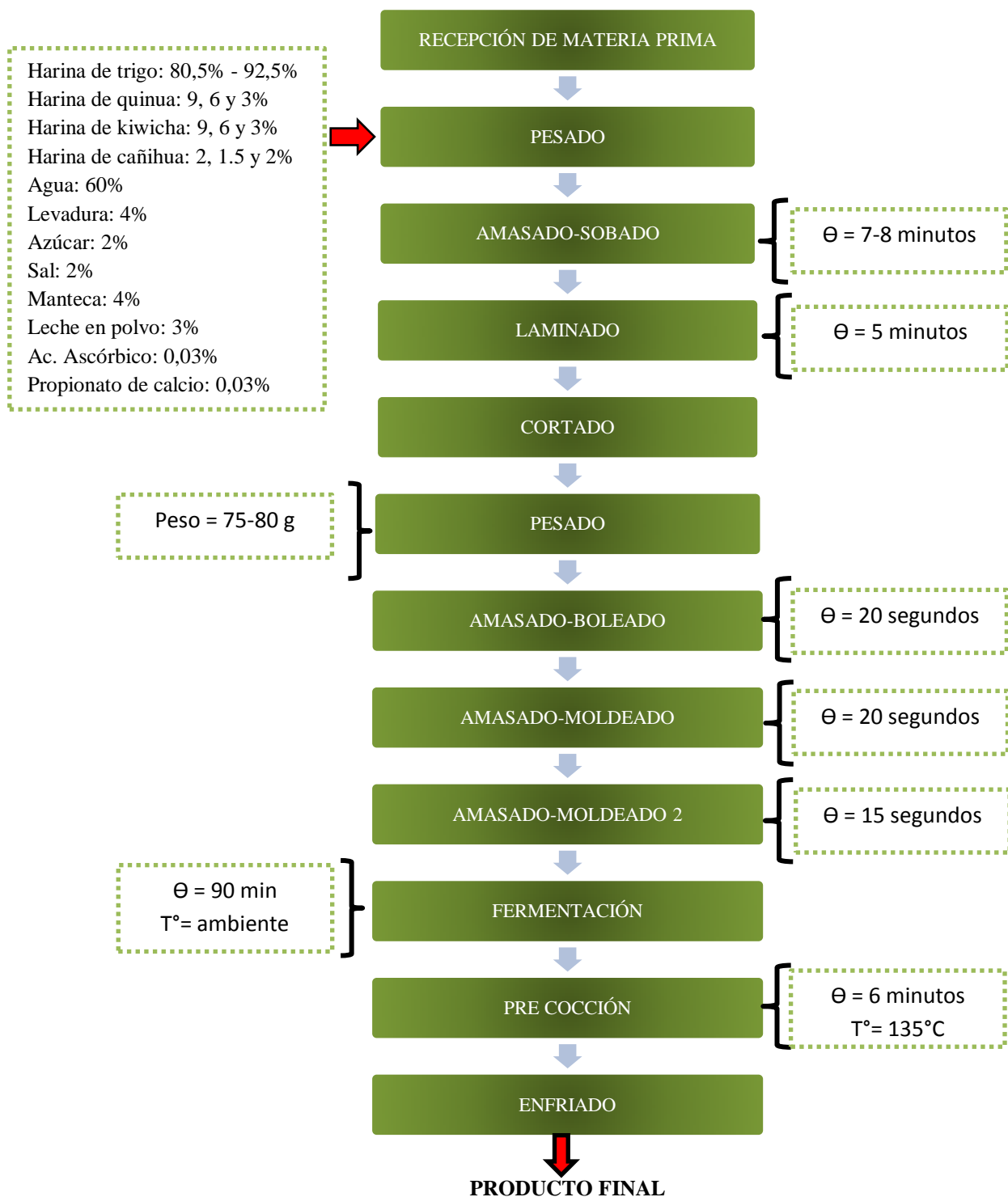
Para la elaboración del pan Panini, se ajustaron a la de un pan precocido tradicional, seleccionando materia prima e insumos de marca conocida (Anexo 09), el mismo que se detalla a continuación, siendo ilustrado en el Anexo 10, empleando el diagrama de flujo mostrado en la Figura 12.

- 2.4.5.1. Pesado:** consistió en dosificar con exactitud la cantidad de materia prima, insumos e ingredientes que intervienen en la fórmula, haciendo uso de una balanza siguiendo los niveles de sustitución según el diseño Box Benhken.
- 2.4.5.2. Amasado-Sobado:** esta etapa se realizó en una amasadora, se mezclaron la materia prima, insumos e ingredientes a una baja velocidad en un tiempo de 7-8 minutos.
- 2.4.5.3. Laminado:** se realizó en una laminadora manual, para homogenizar todos los componentes y terminar de darle la consistencia al producto por un tiempo de 5 minutos.
- 2.4.5.4. Cortado y Pesado:** consistió en cortar la masa laminada y facilitar el pesado (75-80g por pieza) y por un tiempo no mayor a 15 minutos.
- 2.4.5.5. Amasado-Boleado:** se realizó manualmente para dar forma de bola a las porciones de masa obtenidos del pesado.
- 2.4.5.6. Amasado-Moldeado:** consiste en amasar los bollos dándole una forma semi alargada, posteriormente se completa y define el tamaño de pan a 20x5x3 cm (largo, ancho y espesor).

**Cuadro 02: Tipo de análisis fisicoquímicos de las harinas (trigo, quinua, kiwicha y cañihua), pan control y pan optimizado.**

<b>Análisis fisicoquímico de harina y pan optimizado</b>	<b>Fórmula</b>	<b>Norma</b>
Humedad	$\%HUMEDAD = \frac{P_2 - P_3}{P_2 - P_1} \times 100$	AOAC 925.10, 18th Ed. AOAC 935.36, 18th Ed
Ceniza	$\%CENIZAS = \frac{C_3 - C_1}{C_2 - C_1} \times 100$	NTP 205.004:1979 AOAC 935.39, 18th Ed.
Proteínas	$\%N = \frac{14 \times N \times V \times 100}{m \times 1000}$ $\%PROTEINA = \frac{14 \times N \times V \times 100 \times FACTOR}{m \times 1000}$ <p>V= 50 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,1 N - gasto NaOH 0,1 N o gasto de HCl 0,1 N m= masa de muestra, en gramos</p>	NTP 205.005:1979 AOAC 984.13, 18th Ed
Grasa	$\%GRASA\ CRUDA = \frac{m_2 - m_1}{m} \times 100$ <p>m = peso de la muestra m<sub>1</sub> = tara de matraz solo m<sub>2</sub> = peso matraz con grasa</p>	NTP 205.006:1980
Acidez	$\%ACIDEZ\ como\ acido\ sulfurico$ $= \frac{V_S - N_S}{Pm} \times 4.9$	NTP 205.039. 1975 NTP 206.008. 1976
Fibra	$\%Fibra = \left( \frac{P_2 - P_3}{P_1} \right) \times 100$ <p>P1= peso de la muestra (g) P2= peso de la muestra insoluble (g) P3= peso de las cenizas</p>	NTP 205.003:1980 reemplazada por la NTP 205.003:2016

**Fuente: Elaboración propia-2016**



**Figura 12: Diagrama de flujo de elaboración de pan Panini precocido**

**Fuente:** Elaboración propia- 2017 basada en Comunicación vía email, recibido por el supervisor del Área de Calidad de la empresa que facilitó la información el día 01 de enero de 2017, NTP 206.004.1988, Balarezo (2011) y Álvarez & Tusa (2008-2009), STPS (2012).

**2.4.5.7. Fermentación:** se realiza a temperatura ambiente por un espacio de 90 minutos.

**2.4.5.8. Pre cocción:** se realizó a una temperatura de 135°C por un tiempo de 6 minutos, ajustado a la ficha técnica mostrado en el Anexo 11

**2.4.5.9. Enfriado:** se enfrió los panes a temperatura ambiente por 40 minutos, llevándolos posteriormente a refrigeración hasta realización de los análisis.

#### **2.4.6. Método para la Evaluación sensorial**

El análisis de las características sensoriales del pan Panini precocido para los 13 tratamientos (provenientes del diseño Box Benhken, pues 2 de los 15 tratamientos son iguales) y la muestra patrón (100% harina de trigo cuya codificación es 8152) fue ajustado a un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) para determinar el grado de aceptación, usando el método de escala hedónica de 9 puntos con 8 jueces semientrenados evaluando sabor, color, olor y textura (cuyo formato se encuentra en el Anexo 12).

Estas pruebas se realizaron en cabinas acondicionadas por el investigador en tres días diferentes, pues el número de muestras no puede exceder a 6. La codificación de cada tratamiento se siguió según la tabla de números aleatorios, mostrado en el Anexo 13. La etapa de selección y entrenamiento de panelistas se describe a continuación, obteniendo el puntaje mostrado de forma extensiva en el Anexo 15.

##### **2.4.6.1. Etapa de selección y entrenamiento de panelistas**

La población de candidatos a jueces estuvo conformada por alumnos de la Escuela de Ingeniería de Industrias Alimentarias de la UNPRG, USAT y USS con conocimientos previos de Análisis Sensorial en Alimentos. En la fase de selección fueron 26 los participantes, de los cuales 8 fueron los que calificaron para ser panelistas semientrenados fijos, puesto que para un panel conformado por jueces semientrenados el número requerido de participantes debe ser como mínimo 7 y

como máximo 15 jueces (Larmond, 1977), asignándole un código a cada panelista mostrado en la Tabla 22.

### **Etapas I: Preselección de candidatos a jueces**

Los criterios de preselección fueron el interés, la disponibilidad de tiempo, la salud, hábitos, preferencias de los panelistas respecto al producto y las ganas de aprender más sobre el producto. Por lo cual se diseñó una encuesta mostrado en la Figura 13 y vaciado de datos Tabla 23 donde se especificaron los puntos de interés relacionados al perfil del juez, así como su conocimiento relacionado al producto. Para obtener la calificación de la encuesta se tomaron en cuenta 6 preguntas críticas:

1. ¿Presenta usted intolerancia al gluten? (calificación de 20 puntos)
2. ¿Usted fuma? ¿Con qué frecuencia? (calificación de 10 puntos)
3. ¿Estaría usted dispuesto en participar en degustación de un alimento precocido? (calificación de 30 puntos)
4. ¿Usted consume pan? (calificación de 20 puntos)
5. ¿Cuántas veces a la semana consume pan? (calificación de 10 puntos)
6. Se encuentra en condiciones para detectar sabor, olor, color, etc. (calificación de 10 puntos).

Para la secuencia del entrenamiento se empleó: cinco capacitaciones teórico-práctico, cuatro pruebas discriminativas y un pre examen aplicando la prueba de escala hedónica con la finalidad de seleccionar los de mayor percepción para el análisis sensorial. En la Tabla 24 se presentan los candidatos a jueces y la condición que alcanzaron durante el estudio sensorial.

La calificación total de esta encuesta es de 100 puntos, siendo 60% el puntaje necesario para pasar a la siguiente etapa. Una vez aplicada la encuesta y seleccionados los candidatos se dio a conocer la disponibilidad de tiempo, horarios y preferencias de los panelistas, asimismo se dio a conocer la naturaleza general del estudio para el cual los candidatos debían ser entrenados, destacando la importancia de su participación, seriedad y concentración para el buen desarrollo del estudio.



**Tabla 22: Reclutamiento de jueces**

<b>N°</b>	<b>Código</b>	<b>Participantes</b>	<b>Género</b>
<b>1</b>	M6Y7Q	Ana Aldaz Flores	F
<b>2</b>	Q2W3A	Elizabeth Guevara Zavaleta	F
<b>3</b>	E4R5Z	Erika Ayasta Effio	F
<b>4</b>	T6Y7W	Maritza Chavesta Fenco	F
<b>5</b>	U8I9S	Álvaro Sosa Silva	M
<b>6</b>	O0P1X	Daniel Valdera Flores	M
<b>7</b>	A2S3E	Anany Santos Cubas	F
<b>8</b>	D4F5D	Gustavo Fernández	M
<b>9</b>	G6H7C	Juan Vidaurre	M
<b>10</b>	J8K9R	Leslie Hernández	F
<b>11</b>	L0Ñ1F	María Irigoín Herrera	F
<b>12</b>	Z2X3V	Maricarmen Tantalean Briones	F
<b>13</b>	C4V5T	Percy Ramos	M
<b>14</b>	B6N7G	Shirley Ballena Reluz	F
<b>15</b>	M8Q9B	Víctor Vílchez Piedra	M
<b>16</b>	A1Z2Y	Janeth Velásquez Arbañil	F
<b>17</b>	W3S4H	Iván Farroñay Antón	M
<b>18</b>	X5E6U	Karen Reyes Guerrero	F
<b>19</b>	D7C8N	Marco Atoche	M
<b>20</b>	R9F0J	Mauricio Gonzales Santa Cruz	M
<b>21</b>	V1T2M	Sandra Custodio Urcia	F
<b>22</b>	G3B4I	Vicente Valdera Sandoval	M
<b>23</b>	Y5H6K	Emma Ximena Sencio Sánchez	F
<b>24</b>	N7U8O	Cristina Effio Palacios	F
<b>25</b>	J9M0L	Diana Suy Suy Pinglo	F
<b>26</b>	F1L3P	German Carranza	M

**Fuente: Elaboración propia-2017**

Encuesta pan Panini precocido	
Nombre: _____	
Edad: _____	Sexo _____
Fecha _____	
1. ¿Presenta usted intolerancia al gluten?	7. ¿Qué tipo de pan consume con mayor frecuencia?
( ) Sí	( ) Pan integral
( ) No	( ) Pan salado
2. ¿Usted fuma?	( ) Pan dulce
( ) Sí	( ) Pan sin gluten
( ) No	8. ¿Alguna vez ha consumido un producto de panadería/pastelería realizado con harinas que no sean de trigo?
3. ¿Estaría usted dispuesto en participar en degustación de un alimento precocido?	( ) Sí
( ) Sí	( ) No
( ) No	9. ¿Cambiaría los productos de panadería que actualmente consume por productos hechos con otros tipos de harina (diferente al Trigo)?
Porqué: _____	( ) Sí
	( ) No
4. Se encuentra en condiciones para detectar textura, sabor, olor y color	10. ¿Ha probado productos de panadería realizados con alguno de las siguientes harinas?
( ) Sí	( ) Harina de quinua
( ) No	( ) Harina de Kiwicha
5. ¿Usted consume pan?	( ) Harina de papa
( ) Sí	( ) Harina de cañihua
( ) No	( ) Harina de Yuca
6. ¿Cuántas veces a la semana consume pan?	
( ) Menos de 3 veces	
( ) 3 a 5 veces	
( ) Más de 5 veces	

**Figura 13: Formato de la encuesta diseñada para la selección de Panelistas a entrenar**

**Fuente: Elaboración propia-2016**

**Tabla 23: Hoja de vaciado de datos referente a la encuesta realizada**

Calificación del Cuestionario													
Pregunta del cuestionario													Puntaje
Generalidades	¿Usted consume pan?												15
	¿Cuántas veces a la semana consume pan?												10
	¿Qué tipo de pan consume con mayor frecuencia?												5
Salud	Usted ¿Fuma?												10
	¿Presenta intolerancia al gluten?												10
Relacionado al producto	¿Estaría usted dispuesto en participar en degustación de un alimento precocido?												15
	¿Se encuentra en condiciones para detectar textura, sabor, olor y color?												10
	¿Alguna vez ha consumido un producto de panadería/pastelería realizado con harinas que no sean de trigo?												10
	¿Cambiaría los productos de panadería que actualmente consume por productos hechos con otros tipos de harina (diferente al Trigo)?												10
	¿Ha probado productos de panadería realizados con alguno de las siguientes harinas?												5
TOTAL													100
Puntuación asignada													
N°	Participante	Preguntas										Total de puntos	Condición
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10		
1	Ana	√	√	X	√	√	X	X	X	√	X	55	No apto
2	Elizabeth	√	√	X	√	X	X	X	√	√	X	50	No apto
3	Erika	√	√	X	√	X	√	X	X	√	√	55	No apto
4	Maritza	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	100	Apto
5	Álvaro	√	√	√	√	√	√	√	√	√	X	95	Apto
6	Daniel	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	100	Apto
7	Anany	√	√	√	√	√	X	√	√	√	√	90	Apto
8	Gustavo	√	√	√	√	√	√	√	X	√	√	90	Apto
9	Juan	√	√	√	√	√	√	√	√	√	X	95	Apto
10	Leslie	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	100	Apto
11	María	√	√	√	√	√	√	√	X	√	√	90	Apto
12	Maricarmen	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	100	Apto
13	Percy	√	√	√	√	√	X	√	√	X	X	75	Apto
14	Shirley	√	√	√	√	√	√	√	√	X	√	90	Apto
15	Víctor	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	100	Apto
16	Janeth	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	100	Apto
17	Iván	√	√	√	√	√	√	√	X	√	√	90	Apto
18	Karen	√	√	√	√	√	√	√	X	X	√	80	Apto
19	Marco	√	√	√	√	√	√	√	X	√	√	90	Apto
20	Mauricio	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	100	Apto
21	Sandra	√	√	√	√	√	X	X	√	X	X	70	Apto
22	Vicente	√	√	√	√	√	√	√	X	√	√	90	Apto
23	Ximena	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	100	Apto
24	Cristina	√	√	√	√	√	√	√	X	√	√	90	Apto
25	Diana	√	√	√	√	√	X	√	X	√	√	80	Apto
26	German	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	100	Apto

**Fuente: Elaboración propia-2017**

**Tabla 24: Relación de candidatos a jueces y su condición durante las pruebas**

Nº	Participantes	Encuesta	Prueba triangular	Prueba Dúo-Trio	Prueba de Comparación Pareada	Prueba de Ordenamiento	Pre examen
1	Ana Aldaz Flores	No apto	—	—	—	—	—
2	Elizabeth Guevara Zavaleta	No apto	—	—	—	—	—
3	Erika Ayasta Effio	No apto	—	—	—	—	—
4	Maritza Chavesta Fenco	APTO	No apto	—	—	—	—
5	Álvaro Sosa Silva	APTO	No apto	—	—	—	—
6	Daniel Valdera Flores	APTO	No apto	—	—	—	—
7	Anany Santos Cubas	APTO	No apto	—	—	—	—
8	Gustavo Fernández	APTO	APTO	No apto	—	—	—
9	Juan Vidaurre	APTO	APTO	No apto	—	—	—
10	Leslie Hernández	APTO	APTO	No apto	—	—	—
11	María Irigoín Herrera	APTO	APTO	No apto	—	—	—
12	Maricarmen Tantalean Briones	APTO	APTO	No apto	—	—	—
13	Percy Ramos	APTO	APTO	APTO	No apto	—	—
14	Shirley Ballena Reluz	APTO	APTO	APTO	No apto	—	—
15	Víctor Vílchez Piedra	APTO	APTO	APTO	APTO	No apto	—
16	Janeth Velásquez Arbañil	APTO	APTO	APTO	APTO	No apto	—
17	Iván Farroñay Antón	APTO	APTO	APTO	APTO	No apto	—
18	Karen Reyes Guerrero	APTO	APTO	APTO	APTO	No apto	—
19	Marco Atoche	APTO	APTO	APTO	APTO	APTO	Panel definitivo
20	Mauricio Gonzales Santa Cruz	APTO	APTO	APTO	APTO	APTO	Panel definitivo
21	Sandra Custodio Urcia	APTO	APTO	APTO	APTO	APTO	Panel definitivo
22	Vicente Valdera Sandoval	APTO	APTO	APTO	APTO	APTO	Panel definitivo
23	Emma Ximena Sencio Sánchez	APTO	APTO	APTO	APTO	APTO	Panel definitivo
24	Cristina Effio Palacios	APTO	APTO	APTO	APTO	APTO	Panel definitivo
25	Diana Suy Suy Pinglo	APTO	APTO	APTO	APTO	APTO	Panel definitivo
26	German Carranza	APTO	APTO	APTO	APTO	APTO	Panel definitivo

**Fuente: Elaboración propia-2017**

**Etapla II: Primera capacitación Teórico-Práctico Características generales del pan.** A los futuros panelistas seleccionados se les entregó un material didáctico acerca de las características generales del pan (Figura 14) y los posibles defectos a presentarse en los atributos del pan (Figura 15). Asimismo se realizó una introducción a la evaluación del atributo textura de manera general en cuatro panes pre cocidos similares a los que se usaron en la evaluación definitiva (elaborados por el investigador) cortadas en 4x5x3 (largo, ancho y espesor) debidamente codificadas, con diferentes porcentajes de sustitución, aplicando la prueba triangulo (Figura 16). Se realizó dos horas después de que el panelista haya consumido alimentos. En esta prueba no hubo eliminación de candidatos.

**Etapla III: Segunda Capacitación Teórico-Práctico: Textura del pan Panini.** A los jueces que fueron seleccionados según la encuesta antes mencionada se les entregó un material didáctico donde se explica ciertas medidas para determinar la textura del pan (Figura 17). El objetivo de esta etapa fue evaluar el grado de sensibilidad en el sentido del tacto, auditivo y gusto del panelista. Asimismo se realizó una introducción a la evaluación del atributo textura evaluando dureza, elasticidad y cohesividad en 3 panes pre cocidos (elaborados por el investigador) cortadas en 4x5x3 (largo, ancho y espesor) debidamente codificadas, con diferentes porcentajes de sustitución de harina de quinua, kiwicha y cañihua (Figura 18) y hoja de vaciado de datos (Figura 19) a cada uno de los panelistas. Estas pruebas se realizaron dos horas después de que el panelista haya consumido alimentos. Se presentan las distribuciones de las muestras tal como se indica en la prueba triangular: ABA, AAB, BAA, BBA, BAB Y ABB; presentando de esta manera a cada muestra, un número igual de veces en cada una de las posiciones angulares del triángulo, formándose así 6 ensayos o series de muestras. Cada juez prueba las muestras presentadas indicándole que no puede probar la muestra por segunda vez evitando confusiones por parte del panelista.

**Análisis de datos:** durante esta etapa se eliminaron algunos candidatos que contestaron mal más del 60% de las respuestas. Cada juez realiza un total de 6 ensayos, aceptándose como acierto mínimos 4.

Características generales del pan precocido		
Términos	Definiciones	
<b>Análisis sensorial:</b>	Examen de las propiedades organolépticas de un producto realizable con los sentidos. Es cualitativo cuando se refiere a la descripción de la naturaleza de los productos.	
<b>Evaluación Sensorial</b>	Disciplina de la Ciencia de los Alimentos que comprende una serie de técnicas para medir de manera exacta y precisa la respuesta del consumidor hacia los alimentos.	
<b>Juez sensorial:</b>	Persona que está dispuesta a participar en una prueba para evaluar un producto valiéndose de la capacidad perceptiva de una o varios de los sentidos.	
<b>Dureza:</b>	Fuerza requerida para comprimir una sustancia entre las muelas	
<b>Cohesividad</b>	Grado hasta el que se comprime una sustancia entre los dientes antes de romperse	
<b>Elasticidad</b>	Grado hasta el cual regresa un producto a su forma original una vez que ha sido comprimido entre los dientes	
Características	Atributos	Pan de corteza suave
Aspecto Externo	Color	Color uniforme, dorado claro o ambarino intenso según la variedad. Superficie inferior de un tono más claro
	Forma superficie, limpieza	Debe tener la forma diseñada de acuerdo a la variedad. Superficie lisa y limpia, con brillo. Sin ampollas, manchas, pecas o cuarteaduras
Aspecto al corte	Poros y espacios vacíos	Miga de poros ligeramente abiertos. Puede contener algunos espacios vacíos de pequeño tamaño.
	Color de la miga	Color uniforme blanco marfil, crema o dorado claro según la variedad
Olor	Tipicidad	Armónico a pan fresco. Nota ligeramente dulzona
Textura	Dureza de la corteza y la miga	Corteza blanda. Miga blanda
	Cohesividad y elasticidad	Cohesivo no desboronable. Miga elástica. Se recupera fácil y completamente después de una fuerza deformante.
	Gomosidad y masticación	No gomoso. Se requiere poco esfuerzo para desintegrar el producto hasta que esté listo para deglutir
Sabor	Tipicidad	Armónico a pan fresco ligeramente dulce

**Figura 14: Material didáctico relacionado a las características generales**  
**Fuente: Elaboración propia, basado en Hernández (2005) y Zamora (2008)**

Atributos	Leves	Graves	Críticos
Desarrollo		Poco desarrollo o desarrollo excesivo	
Color	Color no uniforme. Defectos en la tonalidad de la miga. Color de la miga no uniforme. Presencia de pecas.	Defectos en la intensidad del color. Poros muy abiertos o cerrados. Exceso de oquedades o tamaño excesivo.	
Forma, superficie y limpieza	Deformación. Presencia de ampollas, manchas, pecas. Cuarteaduras (en pan de corteza dura). Rugosidad, poco brillo.	Cuartheaduras en el caso del pan de corteza suave. Suciedad.	Insectos.
Poros y espacios vacíos	Exceso de dulce en pan suave. Exceso o falta de sal. Sabor a cereal crudo.	Sabor ácido, a quemado.	
Color de la miga		No crujiente en caso de panes cocidos.	
Tipicidad del olor	Olor poco intenso, olor alcohólico, no armónico, a cereal crudo, a levadura	Olor quemado, olor ácido, viejo.	Olores extraños (ej: moho, rancio, combustible, medicinal, sacco, podrido).
Dureza de la corteza y de la miga	Excesivamente duro (Pan de corteza dura)	Miga Dura Blando (Pan de corteza dura) Duro (Pan de corteza suave).	
Cohesividad y elasticidad	Adhesivo		
Gomosidad y masticación	Gomoso, difícil de deglutir		
Tipicidad del sabor	Defectos en la intensidad del sabor típico	Desviaciones en la tipicidad del sabor	Sabores extraños (ej: moho, rancio, combustible, medicinal, podrido)

**Figura 15: Clasificación de posibles defectos a encontrar en los atributos del pan.**

**Fuente: Elaboración propia-2017**

<b>PRUEBA TRIANGULO</b>		
<p>Consiste en presentar tres muestras simultáneamente: dos de ellas son iguales y una diferente, el juez tiene que identificar la muestra diferente. Las muestras deben presentar a cada panelista en diferente orden. Las posibilidades de combinación son: <math>n! = 1 \times 2 \times 3 = 6</math>; Muestras A y B. Combinaciones ABA AAB BAA BBA BAB ABB.</p>		
<b>Análisis de textura del pan</b>		
<b>Nombre:</b> _____	<b>Fecha:</b> _____	
<b>Nombre del producto:</b> _____		
<b>Prueba Sensorial:</b> Prueba de triangulo		
<p>Frente a usted hay muestras 6 muestras de pan panini con distintos porcentajes de sustitución de harinas colocados en dos ensayos, usted debe observarlas y evaluar de acuerdo a cada uno cual es la muestra diferente.</p>		
Indique el código de la muestra que usted considera diferente		
	Muestras	Muestra diferentes
Primer ensayo	4908 – 3632 – 6183	
Segundo ensayo	8243 – 7077 – 7713	

**Figura 16: Prueba introductoria referente al atributo textura**

**Fuente: Elaboración propia-2017**



### Evaluación sensorial: Textura del pan

Las características texturales pueden ser captadas por los dedos (firmeza, suavidad, jugosidad), por los receptores bucales (lengua, dientes y paladar): dureza, masticabilidad, elasticidad, cohesividad, harinosidad, adhesividad, grasosidad. Existen además características sensoriales que pueden ser captadas por la vista y cuyo conjunto se denomina "Aspecto textural", dependiendo ésta del tamaño, forma y orientación de las partículas.

	Físicas	Sensoriales
Dureza	Fuerza necesaria para alcanzar una deformación dada	Fuerza requerida para comprimir una sustancia entre los molares (en caso de sólidos)
Cohesividad	Extensión a la que un material puede ser deformado antes de que se rompa	Grado en que una sustancia es comprimida entre los dientes o dedos antes de romper
Elasticidad	Velocidad a la que un material deformado vuelve a su condición inicial después de que la fuerza que causa la deformación es retirada	Grado en que un producto vuelve a su forma original una vez ha sido comprimido con los dientes

#### Diferencias entre mecanismos texturales instrumentales y sensoriales.

**Dureza:** Atributo mecánico textural relacionado con:

- La fuerza requerida para lograr una deformación o penetración de un producto.
- En la boca esto se percibe por la compresión del producto entre los dientes (sólido) o entre la lengua y el paladar (semi-sólido).
- Los principales adjetivos correspondientes a los diferentes niveles de dureza son los siguientes:

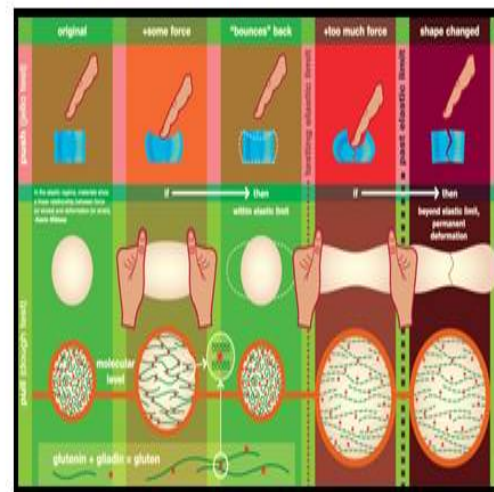
- Blando: Nivel bajo Ej. Queso crema
- Firme: Nivel moderado Ej. Pan
- Duro : Nivel alto Ej: caramelo duro



**Elasticidad:** Atributo mecánico textural relativo a:

- La rapidez de recuperación después de una fuerza de deformación y
- Grado al cual un material deformado retorna a su condición original cuando cesa la fuerza deformadora. Existen los términos descriptivos: plástico, maleable, elástico, considerados como los principales adjetivos relacionados con la elasticidad:

- Ausencia: Plástico: Ej. Margarina
- Nivel medio: maleable: Ej: el Marshmallow
- Nivel alto: Elástico : Ej. Calamares, almejas



**Cohesividad:** Atributo mecánico textural, relacionado con la cohesividad y la fuerza necesaria para romper un producto en migajas o piezas, incluye la propiedad de Fracturabilidad, masticabilidad, y gomosidad. En el caso del pan con corteza dura la cohesividad es ligeramente desboronable. En el caso de pan con corteza suave la cohesividad es no desboronable.

**Figura 17: Material didáctico referente al atributo Textura del pan.**

**Fuente:** Elaboración propia-2016



### Análisis de textura del pan

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

Nombre del producto: \_\_\_\_\_

**Prueba Sensorial:** Prueba de triangulo

Frente a usted hay muestras 3 muestras de pan panini con distintos porcentajes de sustitución de harinas colocados en seis ensayos, usted debe observarlas y evaluar de acuerdo a cada uno cual es la muestra diferente.

Recomendación: no volver a degustar la misma muestra dos veces, puede provocar error al momento de colocar su respuesta.

Indique el código de la muestra que usted considera diferente		
	Muestras	Muestra diferentes
Primer ensayo	7609 – 5371 – 5509	
Segundo ensayo	7609 – 5509 – 5371	
Tercer ensayo	5371 – 5509 – 7609	
Cuarto ensayo	5371 – 7609 – 5509	
Quinto ensayo	5509 – 5371 – 7609	
Sexto ensayo	5509 – 7609 – 5371	

**Figura 18: Formato de Prueba triangulo-Segunda capacitación**

**Fuente: Elaboración propia-2016**

Investigador a cargo: \_\_\_\_\_

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

**Distribución de muestras:**

7609 – 5371 – 5509 (Igual–Diferente–Igual)      5371 – 7609 – 5509 (Igual–Igual–Diferente)      5371 – 5509 – 7609 (Diferente–Igual–Igual)

7609 – 5509 – 5371 (Igual–Igual–Diferente)      5509 – 5371 – 7609 (Igual–Diferente–Igual)      5509 – 7609 – 5371 (Igual–Igual–Diferente)

**Presentación de las muestras a los jueces**

Distribución de muestras	Código del Participante											
	T6Y7W	U8I9S	O0P1X	A2S3E	D4F5D	G6H7C	J8K9R	L0Ñ1F	Z2X3V	B6N7G	M8Q9B	A1Z2Y
7609–5371–5509	X	√	√	√	√	√	√	√	√	√	X	X
7609–5509–5371	X	√	√	X	√	√	√	√	√	√	√	√
5371–5509–7609	√	X	√	√	√	√	√	√	X	√	√	√
5371–7609–5509	X	√	X	X	X	√	√	X	√	√	√	√
5509–5371–7609	√	X	X	√	X	√	√	√	X	X	√	X
5509–7609–5371	√	X	X	X	√	√	√	√	√	X	√	√
Numero de aciertos (Total)	3	3	3	3	4	6	6	5	4	4	5	4

	C4V5T	W3S4H	X5E6U	D7C8N	R9F0J	V1T2M	G3B4I	Y5H6K	N7U8O	J9M0L	F1L3P
7609–5371–5509	√	X	√	√	X	√	√	√	√	√	√
7609–5509–5371	√	√	X	√	√	√	X	√	√	X	√
5371–5509–7609	√	√	X	√	√	√	√	√	√	√	√
5371–7609–5509	√	X	√	√	√	√	√	√	√	X	√
5509–5371–7609	√	√	√	X	√	√	√	√	√	√	√
5509–7609–5371	√	√	√	√	X	√	√	X	√	√	√
Numero de aciertos (Total)	6	4	4	5	4	6	5	5	6	4	6

**Figura 19: Hoja de datos de la segunda capacitación-Prueba triangular**

**Fuente: Elaboración propia-2017**

#### **Etapla IV: Tercera capacitación Teórico-Práctico Sabor del pan precocido**

**Panini.** Esta prueba se dio para los jueces que fueron seleccionados por tener alta sensibilidad gustativa en el análisis sensorial y aptitud para la descripción en las pruebas anteriores, y que además demostraron las cualidades antes mencionadas para ser panelistas semientrenados. Se entregó un material didáctico donde se explica ciertas medidas para determinar el sabor del pan (Figura 20). El objetivo de esta etapa fue evaluar el grado de sensibilidad en el sentido del gusto del panelista. Asimismo se realizó una introducción a la evaluación del atributo sabor en cuatro panes pre cocidos (elaborados por el investigador) cortadas en 4x5x3 (largo, ancho y espesor) debidamente codificadas, con diferentes porcentajes de sustitución y aplicando la prueba Dúo-Trío (Figura 21) a cada uno de los panelistas. Estas pruebas se realizaron dos horas después de que el panelista haya ingerido alimentos. En esta prueba no hubo eliminación de candidatos a jueces.

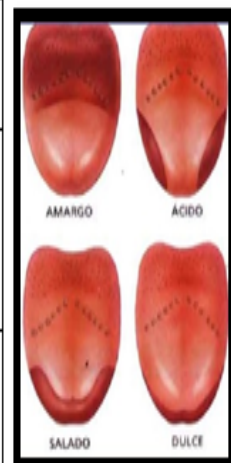
**Etapla V: Aplicación de la prueba sensorial.** Se realizaron 6 pruebas de dúo trío en panes precocidos con diferentes porcentajes de sustitución para evaluar el atributo sabor. La prueba comprende de 6 muestras (Figura 22 y la hoja de vaciado de datos Figura 23). Las muestras fueron presentadas al juez de forma simultánea, la muestra de referencia con la letra “R” y dos muestras con codificación de cuatro dígitos según la tabla de números aleatorio. El investigador orientó al panelista indicando que debería evaluar primero la muestra R seguidamente las otras dos muestras, no pudiendo repetir la degustación por segunda vez.

**Análisis de datos:** durante esta etapa se eliminaron algunos candidatos que contestaron mal más del 60% de las respuestas. Cada juez en total realizó la degustación de 6 muestras, haciendo un total de 3 ensayos por juez, aceptándose como aciertos mínimos 2.

### Evaluación sensorial: Sabor del pan

El sabor se percibe mediante el sentido del gusto, el cual posee la función de identificar las diferentes sustancias químicas que se encuentran en los alimentos. El sabor de un producto que se va a evaluar, debe ser enmascarado, ya que este se ve influenciado por otras propiedades como el color y la textura, evitándose así que el catador se vea influenciado en sus respuestas, por estas propiedades.

Sensaciones primarias	Descripción	Ubicación
Sabor dulce	Zona donde se encuentran las células receptoras que detectan los azúcares	Punta de la lengua
Sabor amargo	Se encuentran los receptores de las sustancias orgánicas de cadena larga que contienen nitrógeno en su molécula y alcaloides como la quinina.	Parte posterior o base de la lengua
Sabor salado	Los receptores son estimulados por sales ionizadas o por los hidrogeniones de las sustancias ácidas.	Bordes anterior de la lengua
Sabor ácido		Bordes posterior de la lengua



#### Condiciones a tomar en cuenta:

Cuando un individuo o catador se encuentra resfriado no puede percibir olores ni sabores

No tener problemas respiratorios

No probar una alimento dos veces, pues puede confundir al catador

**Figura 20: Material didáctico referente al atributo Sabor del pan.**

**Fuente: Elaboración propia-2016**

### PRUEBA DE DÚO-TRÍO

En esta prueba se presenta al juez, una muestra identificada como referencia o control y dos muestras debidamente codificadas, de las cuales una necesariamente tienen que ser igual a la referencia. El par de muestra debe estar dispuesto aleatoriamente, y la tarea del juez es identificar cuál de las muestras incógnitas es igual a la referencia.

#### Análisis de sabor del pan

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

Nombre del producto: \_\_\_\_\_

**Prueba Sensorial:** Prueba de Dúo-Trio

Pruebe la muestra de referencia (R), y posteriormente de izquierda y derecha las muestras codificadas de cada par, enjuagándose la boca entre una y otra. Escriba en la casilla en blanco muestra que para Ud. es diferente a la referencia. Repita el mismo procedimiento para el resto de los pares,

Muestra de referencia (R).

Primer Ensayo

Muestras	Igual a "R"
4404 y 7589	

Segundo Ensayo

Muestras	Igual a "R"
8602 y 2641	

**Figura 21: Prueba introductoria referente al atributo sabor**

**Fuente:** Elaboración propia-2016

#### Análisis de sabor del pan

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

Nombre del producto: \_\_\_\_\_

**Prueba Sensorial:** Prueba Dúo-Trio

Pruebe la muestra de referencia (R), y posteriormente de izquierda y derecha las muestras codificadas de cada par, enjuagándose la boca entre una y otra. Escriba en la casilla en blanco la muestra que para Ud. es igual a la referencia. Repita el mismo procedimiento para el resto de los pares. Tome agua después de probar cada muestra.

Indique el código de la muestra que usted considera diferente		
	Muestras	Igual a R
Primer ensayo	0102 – 7915	
Segundo ensayo	3668 – 5371	
Tercer ensayo	9237 – 4404	

**Figura 22: Formato de prueba Dúo-Trio - Tercera capacitación**

**Fuente:** Elaboración propia-2016

Investigador a cargo: \_\_\_\_\_

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

**Distribución de muestras:**

0102 – 7915 (Igual 0102)

3668 – 5371 (Igual 3668)

9237 – 4404 (Igual 4404)

**Presentación de las muestras a los jueces**

Código del Participante	Distribución de muestras			
	0102 – 7915	3668 – 5371	9237 – 4404	Numero de aciertos
D4F5D	X	X	X	0
G6H7C	X	√	X	1
J8K9R	X	X	X	0
L0Ñ1F	√	X	X	1
Z2X3V	X	√	X	1
B6N7G	X	√	√	2
M8Q9B	√	√	X	2
A1Z2Y	√	√	X	2
C4V5T	√	√	√	3
W3S4H	X	√	√	2
X5E6U	√	√	√	3
D7C8N	X	√	√	2
R9F0J	√	X	√	2
V1T2M	√	X	√	2
G3B4I	X	√	√	2
Y5H6K	√	X	√	2
N7U8O	√	√	√	3
J9M0L	√	√	√	3
F1L3P	√	√	X	2

**Figura 23: Hoja de datos de la tercera capacitación-Prueba Dúo-Trio**

**Fuente: Elaboración propia-2017**

**Etapla VI: Cuarta capacitación Teórico-Práctico Olor del pan precocido.** Al igual que en las anteriores capacitaciones se realizó con la finalidad de poner a prueba la sensibilidad olfativa de cada panelista. Se les hizo entrega de material (Figura 24) didáctico, el cual detallaba las medidas para evaluar el olor del pan. Se realizó una introducción a la evaluación del atributo olor en 4 muestras de panes precocidos (elaborados por el investigador) con diferentes días de elaboración aplicando la prueba de Comparación pareada (Figura 25) a cada uno de los panelistas. Estas pruebas se realizaron dos horas después de que el panelista haya consumido alimentos y no hubo eliminación de panelistas.

**Etapla VII: Aplicación de la prueba sensorial.** Se realizaron 6 pruebas de comparación pareada en panes precocidos con diferentes porcentajes de sustitución para evaluar el atributo olor. La prueba comprende de 6 muestras (Figura 26 y la hoja de vaciado de datos Figura 27). Las muestras fueron presentadas al juez de forma simultánea, con codificación de cuatro dígitos según la tabla de números aleatorio. El investigador orientó al panelista indicando que debería colocar la muestra cerca de su nariz, evitando así que los olores se desprendan en el ambiente, pudiendo repetir la acción por segunda vez.

**Análisis de datos:** durante esta etapa se eliminaron algunos candidatos que contestaron mal más del 60% de las respuestas. Cada juez en total realiza la prueba con 12 muestras, agrupadas de dos en dos, aceptándose como aciertos mínimos 4 grupos.

**Etapla VIII: Quinta capacitación Teórico-Práctico Color del pan precocido.** En esta última capacitación se realizó con la finalidad de poner a prueba la sensibilidad visual de cada panelista. Se les entregó material didáctico detallando las diferentes variaciones de color de pan según su tiempo de horneado o el tipo de harina empleada en el pan (Figura 28). Se realizó una introducción a la evaluación del atributo color en 3 panes precocidos (elaborados por el investigador) evaluando la misma muestra para color de miga, color de corteza y brillo con diferentes porcentajes de sustitución aplicando la prueba de Ordenamiento (Figura 29) a cada uno de los panelistas. En esta prueba no hubo eliminación de panelistas.

### Evaluación sensorial: Olor del pan

Es importante remarcar las diferencias entre los parámetros de olor y aroma ya que aunque ambas sensaciones se perciben por el órgano olfativo, el aroma se percibe por vía retronasal (vía indirecta) durante la degustación. Para evaluar el olor se debe acercar la muestra de pan a la nariz con el fin de poder percibir a través de la vía nasal directa los olores que caracterizan al pan, intentando reconocer los olores dominantes. Para completar y mejorar la percepción se aconseja romper en dos la muestra por el centro, cerca de la nariz y aspirar inmediatamente la fuerza del estímulo percibido (intensidad del olor).



Atributos de olor	Definición del atributo
Trigo	Olor característico
Trigo integral	Olor característico
Harinoso	Olor harina cocida
Cereal	Olor cereales con agua 1:3
Suero	Olor característico
Malta	Olor dulce típico caramelos
Lechero	Olor productos leche vaca
Rancio	Olor a aceite nuez rancia
Tierra	Olor a patata crudas
Heno	Olor característico
Corteza asada	Olor asociado a granos asados
Corteza tostada	Olor asociado a granos tostados

#### Condiciones a tomar en cuenta:

Cuando un individuo o catador se encuentra resfriado no puede percibir olores ni sabores  
No tener problemas respiratorios  
Conocer el producto a evaluar.



**Figura 24: Material didáctico referente al atributo Olor del pan.**  
**Fuente: Elaboración propia-2016**



### PRUEBA DE COMPARACION PAREADA

Esta prueba consiste en presentar a los panelistas dos muestras del producto alimenticio a evaluar, preguntándole en el formulario sobre alguna característica que se esté evaluado del producto como: cuál de las dos muestras es más dulce o más insípida, cuál de las dos muestras es más dura, cuál de las dos muestras presenta un mejor olor, etc. Las muestras se pueden catar varias veces pero en un orden específico, el cual debe indicarse antes de iniciarse la evaluación.

#### Análisis de olor del pan

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

Nombre del producto: \_\_\_\_\_

**Prueba Sensorial:** Prueba de Comparación Pareada

Ud. ha recibido cuatro muestras codificadas agrupados de dos en dos, realice el procedimiento explicado de izquierda a derecha y marque con una (x) la muestra que considere que tiene mejor olor.

#### Muestras

2958 _____	0252 _____
2101 _____	7432 _____

**Figura 25: Prueba introductoria referente al atributo olor**  
**Fuente: Elaboración propia-2016**

#### Análisis de olor del pan

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

Nombre del producto: \_\_\_\_\_

**Prueba Sensorial:** Prueba de Comparación Pareada

Ud. ha recibido cuatro muestras codificadas agrupados de dos en dos, realice el procedimiento explicado de izquierda a derecha y marque con una (x) la muestra que considere que tiene mejor olor.

#### Muestras

7527 _____	0252 _____
4312 _____	7432 _____
1180 _____	4119 _____
6790 _____	7432 _____
1419 _____	2101 _____
3335 _____	2958 _____

**Figura 26: Formato de prueba de Comparación Pareada al atributo olor**  
**Fuente: Elaboración propia-2016**

Investigador a cargo: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

#### Distribución de muestras

7527 – 0252 (Mejor olor 7527)      4312 – 7432 (Mejor olor 7432)      1180 – 4119 (Mejor olor 1180)  
6790 – 7432 (Mejor olor 6790)      1419 – 2101 (Mejor olor 2101)      3335 – 2958 (Mejor olor 3335)

#### Presentación de las muestras a los jueces

Código del Participante	Distribución de muestras						Numero de aciertos
	7527 – 0252	4312 – 7432	1180 – 4119	6790 – 7432	1419 – 2101	3335 – 2958	
B6N7G	X	√	X	X	√	√	3
M8Q9B	√	√	X	√	√	√	5
A1Z2Y	√	√	√	√	√	√	6
C4V5T	√	X	X	X	X	√	2
W3S4H	√	√	√	√	√	√	6
X5E6U	√	√	X	√	√	√	5
D7C8N	√	√	√	√	√	√	6
R9F0J	√	√	X	X	√	√	4
V1T2M	√	√	√	√	X	√	5
G3B4I	√	√	X	√	√	X	4
Y5H6K	√	√	X	X	√	√	4
N7U8O	√	√	√	√	√	√	6
J9M0L	√	√	√	X	√	√	5
F1L3P	√	√	√	√	√	√	6


**Figura 27: Hoja de datos de la cuarta capacitación-Prueba Comparación Pareada**

**Fuente: Elaboración propia-2017**

**Evaluación sensorial: Color del pan**

La importancia del color en la evaluación sensorial se debe fundamentalmente a la asociación que el consumidor realiza entre este y otras propiedades de los alimentos, por ejemplo, el color rojo se asocia al sabor fresa, el verde a la menta, el color marrón oscuro a la del pan, etc., demostrándose además que en ocasiones solo por la apariencia y color del alimento un consumidor puede aceptarlo o rechazarlo. En muchos casos depende del tipo de harina (Nicollini, Sayón, Inca, etc) que se esté utilizando y del tiempo de homeado que se le dé a la masa. La evaluación del color en los alimentos es de vital importancia, tan es así que en la mayoría de las evaluaciones de un producto, el consumidor asocia el sabor de este con un color determinado.

Apariencia	Atributos
Color de la corteza	Oscuridad, Intensidad, color marrón, embotamiento, color irregular, oscuridad del color marrón
Color de la miga	Blanco grisáceo, blancura/oscuridad, tono de color (amarillo/rojo), intensidad de marrón



En lo relacionado a un pan precocido es necesario tener en cuenta lo siguiente:

Color de corteza: blanco pálido a marrón claro (esto depende de la harina que se utilice).

Color de miga: blanco pálido a marrón claro (esto depende de la harina que se utilice).

Brillo: presencia de brillo menor a la de un pan cocido completamente.

**Condiciones a tomar en cuenta:**

Cuando un individuo o catador no debe tener problemas con relación a la vista.

**Figura 28: Material didáctico referente al atributo Color del pan.**

**Fuente: Elaboración propia-2016**

### PRUEBA DE ORDENAMIENTO

La prueba de ordenación se utiliza cuando se presentan varias muestras codificadas a los panelistas. Consiste en que los panelistas ordenen una serie de muestras en forma creciente para cada una de las características o atributos que se estén evaluando. Por ejemplo, ordenarlas por dulzor, color, dureza, etc. Los jueces que realicen esta prueba serán seleccionados y adiestrados en el método y en las características del estímulo que se va a evaluar, el juez no puede asignar un mismo lugar a dos muestras. Este método es rápido y sencillo de realizar, pudiendo utilizarse con muestras de referencias o controles.

#### Análisis de color del pan

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

Nombre del producto: \_\_\_\_\_

**Prueba Sensorial:** Prueba de Ordenamiento

Ud. ha recibido tres muestras, evalúelas y ordénelas de manera creciente según su color de corteza, color de miga y brillo, comenzando por la que se le presenta enfrente.

Muestras:                      7412                      6148                      9678

Análisis	Orden		
	1°	2°	3°
Color de corteza			
Color de miga			
Brillo			

**Figura 29: Prueba introductoria referente al atributo color**

**Fuente:** Elaboración propia-2016

**Etapla IX: Aplicación de la prueba sensorial.** Se utilizaron 5 muestras (codificación de cuatro dígitos según la tabla de números aleatorio) para la prueba de ordenamiento en panes precocidos con diferentes porcentajes de sustitución para evaluar el atributo color determinando color de miga, color de corteza y brillo, dicha prueba comprende de 3 ensayos haciendo un total de 15 análisis (Figura 30 y la hoja de vaciado de datos Figura 31). El ambiente para la determinación de este atributo estuvo iluminado completamente.

**Análisis de los resultados:** El nivel de aciertos correctos por juez para considerarlo fue del 60% determinando el número panelistas para el pre examen, dando un total de 9 aciertos como mínimo.

**Etapla X: Pre examen.** En esta última etapa se utilizaron 5 muestras con codificación de 4 dígitos según la tabla de números aleatorios, usando el método de escala hedónica de 9 puntos (Figura 32), evaluando sabor, color, olor y textura; dándole una pequeña introducción con la finalidad de familiarizar al panelista con esta prueba. Se realizaron en cabinas acondicionadas por el investigador. En esta prueba no hubo eliminación de panelistas.

**Etapla XI: Evaluación sensorial definitiva del pan Panini precocido sustituido.** Con los ocho jueces semientrenados se realizó la prueba final del pan Panini dando como resultado final el puntaje otorgado por cada juez en cada tratamiento de pan Panini precocido, debidamente codificados. En la Anexo 14 se ilustra un resumen de las actividades desde la realización de la encuesta hasta la evaluación sensorial final de pan Panini precocido sustituido.

#### **2.4.7. Método para el Análisis de Perfil de Textura**

El análisis de Perfil de Textura para las muestras correspondientes a los diferentes tratamientos de panes Panini sustituidos en diferentes porcentajes de harina de quinua, kiwicha y cañihua cuyas dimensiones son 20x5x3cm, fueron determinadas con el Texturómetro Instron Modelo 3342, que permitió proporcionar los datos de la prueba en dos ciclos de carga compresión-descompresión (N), realizándolo con un peso de compresión de 4.5kg y una velocidad del cabezal de 0.5mm/s.

<b>Análisis de color del pan</b>					
<b>Nombre:</b> _____			<b>Fecha:</b> _____		
<b>Nombre del producto:</b> _____					
<b>Prueba Sensorial:</b> Prueba de Ordenamiento					
Ud. ha recibido cinco muestras, evalúelas y ordénelas de manera creciente según su color de corteza, color de miga y brillo, comenzando por la que se le presenta enfrente.					
Muestras:	1206	4119	2017	6073	5294
Análisis	Orden				
	1°	2°	3°	4°	5°
Color de corteza					
Color de miga					
Brillo					

**Figura 30: Formato de prueba de ordenamiento – Quinta Capacitación**  
**Fuente: Elaboración propia-2016**

Investigador a cargo: \_\_\_\_\_
Fecha: \_\_\_\_\_

Distribución de muestras:

1206
4119
2017
6073
5294

Presentación de las muestras a los jueces

			Muestras ordenadas en forma creciente											
Análisis	Codificación de la muestra		M8Q9B	A1Z2Y	W3S4H	X5E6U	D7C8N	R9F0J	V1T2M	G3B4I	Y5H6K	N7U8O	J9M0L	F1L3P
Color de corteza	1°	1206	√	X	X	X	√	X	√	√	√	√	√	√
	2°	2017	X	X	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
	3°	6073	X	X	X	X	X	√	X	√	√	√	X	X
	4°	5294	X	X	√	X	√	√	√	√	√	√	√	√
	5°	4119	√	X	X	√	√	X	√	√	√	√	√	√
Color de miga	1°	4119	X	√	X	X	√	√	√	√	√	√	√	√
	2°	6073	X	√	X	X	X	√	√	√	√	√	X	√
	3°	2017	X	√	√	√	√	X	√	√	√	√	√	√
	4°	5294	X	X	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
	5°	1206	√	X	√	X	X	√	√	√	√	√	√	√
Brillo	1°	2017	X	X	X	X	√	√	√	√	√	√	√	√
	2°	5294	X	√	X	X	√	X	√	√	√	X	X	X
	3°	4119	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
	4°	1206	X	X	√	X	√	√	√	√	√	√	√	√
	5°	6073	X	√	X	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Numero de aciertos			4	6	7	6	12	11	14	15	15	14	12	13

**Figura 31: Hoja de datos de la tercera capacitación-Prueba Dúo-Trio**  
**Fuente: Elaboración propia-2017**

### Análisis del pan Panini precocido

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

Nombre del producto: \_\_\_\_\_

**Prueba Sensorial:** Prueba de Escala Hedónica Verbal

Pruebe los productos que se presenta a continuación. Por favor marque con una X, el cuadrado que corresponda a la frase que mejor describa su opinión sobre el producto referente a la textura, color, olor y sabor del pan Panini precocido.

	3317	6464	8069	1662	0680
Me disgusta extremadamente					
Me disgusta mucho					
Me disgusta moderadamente					
Me disgusta levemente					
No me disgusta ni me gusta					
Me gusta levemente					
Me gusta moderadamente					
Me gusta mucho					
Me gusta extremadamente					

**Figura 32: Formato de prueba Escala Hedónica**  
**Fuente: Elaboración propia-2016**

El dispositivo empleado para desarrollar la compresión-descompresión fue un embolo de penetración de 58mm (Anexo 16). Los tratamientos se realizaron según el diseño Box Benhken evaluando parámetros texturales obtenidos como la dureza, elasticidad y cohesividad. En el Cuadro 03 se muestran los porcentajes de sustitución para los 15 tratamientos como demanda el diseño, en el caso de la quinoa y kiwicha los valores 9%, 6% y 3% representa los niveles alto, medio y bajo respectivamente y en el caso de la cañihua los valores son 2%, 1.5% y 1%. Las pruebas o corridas experimentales son llevadas a cabo en una secuencia aleatoria, replicando al menos uno de los puntos.

#### **2.4.8. Balance de materia**

El balance de materia para determinar el máximo rendimiento de panes Paninis y qué materias primas influyen en las mejoras notables del producto se muestran en las Figuras 33 y 34 respectivamente.

#### **2.4.9. Análisis estadístico de los datos**

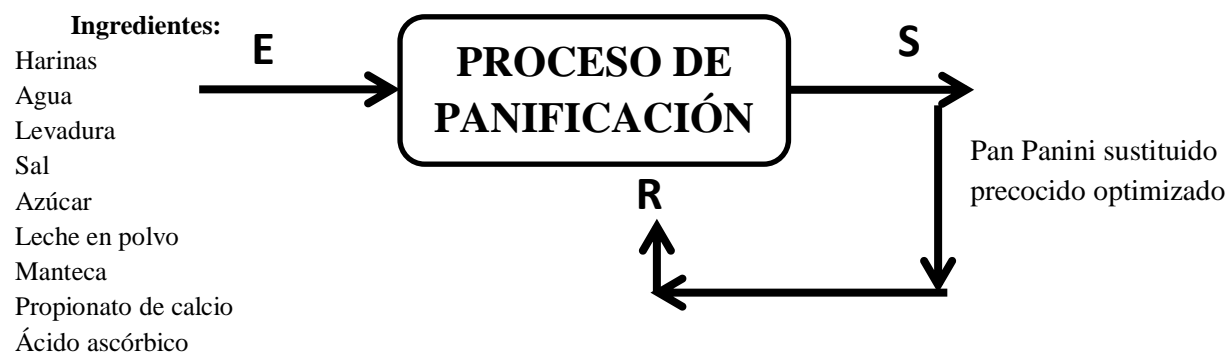
El análisis del Perfil de textura se realizaron mediante la prueba ANOVA y prueba de significancia de coeficientes (con nivel  $\alpha=0,05$ ), empleando el software *Statgraphics Centurion 16.103*, aplicando el *criterio de los coeficientes de determinación* ( $R^2$  y  $R^2$  (ajus)). El análisis sensorial para la determinación de los atributos de color, olor, sabor y textura se realizó mediante el análisis de varianza de un solo factor (ANOVA) con un nivel de confianza de 95% significativa. Para establecer la diferencia entre los 14 tratamientos se empleó la prueba de Tukey. Los datos fueron procesados con el software SPSS statistics 21 así como el análisis estadístico. Los análisis fisicoquímicos de las harinas y del pan optimizado se realizó mediante el análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de confianza de 95% junto a la prueba Tukey, ambas pruebas fueron procesados con el software SPSS Statistics 21.



**Cuadro 03: Diseño Box-Benhken para los porcentajes de sustitución de quinua, kiwicha y cañihua con sus tres niveles.**

<b>Diseño Box-Benhken</b>			
<b>Experimento</b>	<b>Quinua</b>	<b>Kiwicha</b>	<b>Cañihua</b>
1	3	3	1,5
2	6	6	1,5
3	6	9	2
4	6	3	1
5	6	3	2
6	3	6	2
7	3	6	1
8	6	9	1
9	9	6	2
10	6	6	1,5
11	9	6	1
12	3	9	1,5
13	9	3	1,5
14	6	6	1,5
15	9	9	1,5

**Fuente: Elaboración propia-2016**



Donde:

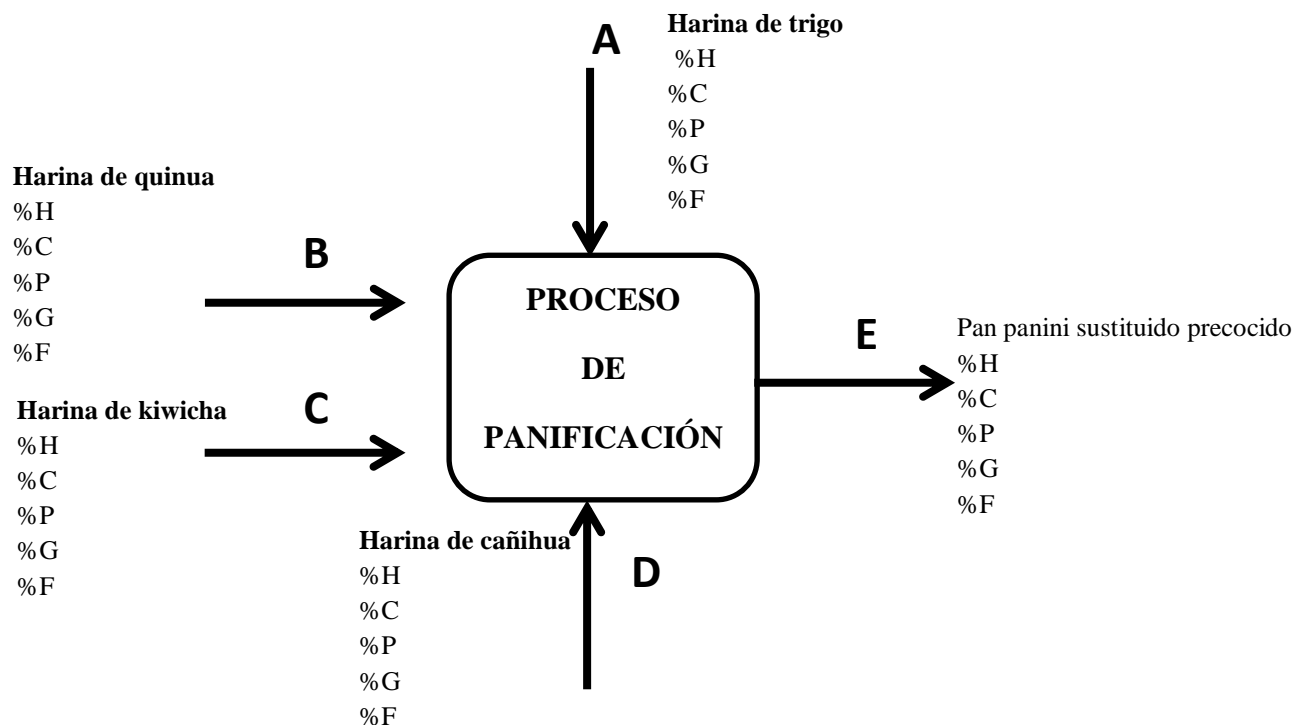
E: Entrada

S: Salida

R: Reciclado

**Figura 33: Balance de materia para obtener el mayor rendimiento de panes Paninis optimizados.**

**Fuente: Elaboración propia – 2017**



**Figura 34: Balance de materia de materias primas que influyen en las características fisicoquímicas del pan Panini**

**Fuente: Elaboración propia - 2017**

### **III. RESULTADOS**

#### **3.1. Resultados del análisis fisicoquímico de las harinas**

Los resultados promedios de los análisis fisicoquímicos de humedad, ceniza, proteínas, grasas, fibra y acidez realizados en harinas de quinua, kiwicha, cañihua y trigo se muestran en el Tabla 25 mostrando la desviación estándar. Los resultados ANOVA y su respectiva prueba Tukey para cada análisis por cada tipo de harina se muestran en las Tablas 26, 27, 28, 29, 30 y 31 respetivamente.

Al realizar el ANOVA se observó que el valor de nivel de significancia es menor a 0,05 en los seis análisis lo que indica que al menos uno de los tratamientos en cada análisis es diferente. Dando este resultado se realizó la prueba de comparación Tukey. Al realizar dicha prueba se estableció la comparación entre sí de cada uno de las harinas, para la humedad no existe diferencia significativa entre la harina de kiwicha y la harina de trigo, en el caso de la ceniza no existe diferencia significativa entre la harina de quinua y harina de Kiwicha pero si con las harinas de trigo y cañihua, esto no sucede en las determinaciones de proteínas, grasas y fibra, en las que se observa que sí existe diferencia significativa entre las cuatro harinas.

#### **3.2. Resultados del análisis fisicoquímico del pan optimizado**

Los resultados del análisis fisicoquímico promedio en humedad, ceniza, proteína, grasa, fibra y acidez realizados en el pan Panini optimizado se comparan con el pan Panini patrón con su respectiva desviación estándar mostrada en la Tabla 32, aquí se muestra el aumento en cuanto a valor proteico del pan Panini optimizado (15,3%) en comparación con el pan Panini control (19,6%), aumento en porcentaje de ceniza de 1,59 (Pan optimizado) y 1,04 (Pan control) y, la disminución en porcentaje de humedad entre ambos panes estudiados (Panini control: 27,14% y Panini optimizado: 19,37%) y en porcentaje de acidez (Panini control: 0,21% y Panini optimizado: 0,28%).

**Tabla 25: Análisis fisicoquímicos promedio de las harinas de trigo, quinua, kiwicha y cañihua (en 100 g de muestra) y su desviación estándar**

Análisis	Unidad	Harina de quinua	$\gamma$	Harina de kiwicha	$\gamma$	Harina de cañihua	$\gamma$	Harina de trigo	$\gamma$
Humedad	%	11,38	0,48	9,54	0,24	4,27	0,002	10,34	0,002
Ceniza	%	1,98	0,14	2,07	0,30	2,74	0,23	0,92	0,007
Proteína	%	11,95	0,08	10,03	0,15	15,75	0,31	13,3	0,30
Grasa	%	3,83	0,03	2,43	0,09	3,90	0,12	1,99	0,092
Fibra	%	2,94	0,04	4,1	0,036	5,98	0,02	2,18	0,031
Acidez	%	0,12	0,07	0,09	0,03	0,15	0,04	0,17	0,031

**Fuente: Elaboración propia-2017**

**Tabla 26: Análisis de varianza y prueba Tukey para la humedad en harinas sucedáneas**

ANOVA						
	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	Sig.	
Inter-grupos	90,342	3	30,114	293,439	,000	
Intra-grupos	,821	8	,103			
Total	91,163	11				
TUKEY						
Humedad		N	Subconjunto para alfa = 0.05			
			1	2	3	4
HSD	Humedad Harina de cañihua	3	4,2667			
de	Humedad Harina de kiwicha	3		9,5433		
Tukey <sup>a</sup>	Humedad Harina de trigo	3		10,3433		
	Humedad Harina de quinua	3			11,3800	
	Sig.		1,000	,061	1,000	

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000

**Fuente: Elaboración propia-2017**

**Tabla 27: Análisis de varianza y prueba Tukey para la ceniza en harinas de quinua, kiwicha, cañihua y trigo.**

<b>ANOVA</b>					
	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	6,358	3	2,119	37,182	,000
Intra-grupos	,456	8	,057		
Total	6,814	11			
<b>TUKEY</b>					
Ceniza		N	Subconjunto para alfa = 0.05		
			1	2	3
HSD de Tukey <sup>a</sup>	Ceniza Harina de trigo	3	,7033		
	Ceniza Harina de quinua	3		1,9767	
	Ceniza Harina de kiwicha	3		2,0733	
	Ceniza Harina de cañihua	3			2,7100
	Sig.		1,000	,958	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000

**Fuente: Elaboración propia-2017**

**Tabla 28: Análisis de varianza y prueba Tukey para la proteína en harinas de quinua, kiwicha, cañihua y trigo.**

ANOVA						
	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	Sig.	
Inter-grupos	49,555	3	16,518	842,766	,000	
Intra-grupos	,157	8	,020			
Total	49,711	11				
TUKEY						
Proteínas		N	Subconjunto para alfa = 0.05			
			1	2	3	4
HSD de Tukey <sup>a</sup>	Proteínas Harina de kiwicha	3	10,0733			
	Proteínas Harina de quinua	3		12,0333		
	Proteínas Harina de trigo	3			13,3633	
	Proteínas Harina de cañihua	3				15,6600
	Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000

**Fuente: Elaboración propia-2017**

**Tabla 29: Análisis de varianza y prueba Tukey para la grasa en harinas de quinua, kiwicha, cañihua y trigo.**

ANOVA						
	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	Sig.	
Inter-grupos	12,822	3	4,274	1203,915	,000	
Intra-grupos	,028	8	,004			
Total	12,850	11				
TUKEY						
Grasas		N	Subconjunto para alfa = 0.05			
			1	2	3	4
HSD de Tukey <sup>a</sup>	Grasas Harina de trigo	3	2,0400			
	Grasas Harina de kiwicha	3		2,4267		
	Grasas Harina de quinua	3			3,7433	
	Grasas Harina de cañihua	3				4,6267
	Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000

**Fuente: Elaboración propia-2017**

**Tabla 30: Análisis de varianza y prueba Tukey para la fibra en harinas de quinua, kiwicha, cañihua y trigo.**

ANOVA						
	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	Sig.	
Inter-grupos	24,558	3	8,186	4700,185	,000	
Intra-grupos	,014	8	,002			
Total	24,572	11				
TUKEY						
Grasas		N	Subconjunto para alfa = 0.05			
			1	2	3	4
HSD de Tukey <sup>a</sup>	Fibra Harina de trigo	3	2,1800			
	Fibra Harina de quinua	3		2,9433		
	Fibra Harina de kiwicha	3			4,1000	
	Fibra Harina de cañihua	3				5,9767
	Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000

**Fuente: Elaboración propia-2017**

**Tabla 31: Análisis de varianza y prueba Tukey para la acidez en harinas de quinua, kiwicha, cañihua y trigo.**

<b>ANOVA</b>					
	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grado de Libertad</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
Inter-grupos	,013	3	,004	26,579	,000
Intra-grupos	,001	8	,000		
Total	,014	11			
<b>TUKEY</b>					
	Acidez	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
			1	2	3
HSD de Tukey <sup>a</sup>	Acidez Harina de kiwicha	3	,0767		
	Acidez Harina de quinua	3		,1233	
	Acidez Harina de cañihua	3		,1367	,1367
	Acidez Harina de trigo	3			,1667
	Sig.		1,000	,589	,074

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000

**Fuente: Elaboración propia-2017**

**Tabla 32: Análisis fisicoquímico del pan optimizado y pan patrón (en 100 g de muestra)**

<b>Análisis</b>	<b>Unidades</b>	<b>Pan optimizado</b>	<b>S</b>	<b>Pan Patrón</b>	<b>S</b>
Humedad	%	19,37	0,08	27,14	0,15
Ceniza	%	1,59	0,06	1,04	0,08
Proteína	%	19,6	0,03	15,3	0,12
Grasa	%	3,13	0,08	2,28	0,04
Fibra	%	11,37	0,09	3,53	0,09
Acidez	%	0,21	0,09	0,28	0,06

**Fuente: Elaboración propia-2017**

### **3.3. Resultados de Análisis de Perfil de Textura**

Los resultados de la dureza, elasticidad y cohesividad y su réplica obtenido en el Texturómetro se muestran en la Tabla 33. El resultado óptimo evaluando los factores en sus diferentes porcentajes de sustitución según el Cuadro 03 del pan Panini precocido mostrado en la Tabla 34 (Harina de quinua: 8,99957, Harina de kiwicha: 6,31807 y Harina de cañihua: 1,0), con esto se hallaron los valores óptimos de la dureza, elasticidad y cohesividad detalladamente y su corroboración de éstas en la Tabla 35. Al corroborar los datos que mostró el Texturómetro usando los valores óptimos de harina de quinua, kiwicha y cañihua, mostraron datos similares a lo predicho, esta comparación sirve para garantizar lo descrito en el Texturómetro, evitando errores en cuanto al resultado final.

Los gráficos de la carga de compresión vs tiempo de cada tratamiento se muestran en el Anexo 17; la optimización de respuesta (Anexo 18) para la variable dureza muestra un porcentaje óptimo de harina de quinua, kiwicha y cañihua de 3, 9 y 1,37 respectivamente; para la variable elasticidad el porcentaje óptimo de harina de quinua, kiwicha y cañihua de 3,02, 3 y 1,99 respectivamente y, para la variable cohesividad muestra un porcentaje óptimo de harina de quinua, kiwicha y cañihua de 8,986, 4,06 y 1 respectivamente. En el contorno de superficie de respuesta muestra para las variables dureza, elasticidad y cohesividad (Anexo 19) la fácil visualización en tres dimensiones a un porcentaje constante de harina de cañihua (1,5)

En la Figura 35 muestra que los menores valores de dureza se alcanzan a un porcentaje de harina de quinua y kiwicha de 3 y 9 respectivamente. Para valores máximos de elasticidad (Figura 36) el porcentaje de harina de quinua y kiwicha es 3 y 3 respectivamente; y para valores máximos de cohesividad (Figura 37) el porcentaje de harina de quinua y kiwicha son 6 y 6, siendo a un porcentaje constante de harina de cañihua de 1,5.



**Tabla 33: Resultado de la dureza, elasticidad y cohesividad obtenido en el Texturómetro.**

Orden de elaboración	Experimento	Nivel de harina añadida			Parámetros mecánicos		
		%Quinua	%Kiwicha	%Cañihua	Dureza	Elasticidad	Cohesividad
15 <sup>vo</sup>	1	3	3	1,5	11,6572	0,919	0,5237
13 <sup>vo</sup>	2	6	6	1,5	8,0997	0,8099	0,5956
12 <sup>vo</sup>	3	6	9	2	9,4656	0,7578	0,4686
1 <sup>ro</sup>	4	6	3	1	11,3488	0,8139	0,5436
9 <sup>no</sup>	5	6	3	2	6,3037	0,8183	0,5075
11 <sup>vo</sup>	6	3	6	2	9,601	0,7955	0,4489
6 <sup>to</sup>	7	3	6	1	8,5979	0,8157	0,4729
7 <sup>mo</sup>	8	6	9	1	9,6154	0,7873	0,4794
3 <sup>ro</sup>	9	9	6	2	12,3029	0,8127	0,4448
8 <sup>vo</sup>	10	6	6	1,5	8,5155	0,8455	0,5358
5 <sup>to</sup>	11	9	6	1	7,1507	0,8397	0,5669
4 <sup>to</sup>	12	3	9	1,5	7,1646	0,8075	0,5325
2 <sup>do</sup>	13	9	3	1,5	7,6939	0,774	0,5155
10 <sup>mo</sup>	14	6	6	1,5	8,0332	0,8082	0,5074
14 <sup>vo</sup>	15	9	9	1,5	11,1696	0,7997	0,4509
<b>Replica</b>							
15 <sup>vo</sup>	1	3	3	1,5	11,6974	0,8356	0,4756
13 <sup>vo</sup>	2	6	6	1,5	7,9926	0,7938	0,506
12 <sup>vo</sup>	3	6	9	2	9,0529	0,7576	0,4831
1 <sup>ro</sup>	4	6	3	1	11,5533	0,8017	0,4523
9 <sup>no</sup>	5	6	3	2	6,7523	0,8393	0,5153
11 <sup>vo</sup>	6	3	6	2	9,5996	0,822	0,4959
6 <sup>to</sup>	7	3	6	1	8,1754	0,8109	0,4938
7 <sup>mo</sup>	8	6	9	1	9,7549	0,7789	0,5253
3 <sup>ro</sup>	9	9	6	2	12,344	0,8266	0,4448
8 <sup>vo</sup>	10	6	6	1,5	8,6149	0,7155	0,5246
5 <sup>to</sup>	11	9	6	1	6,3644	0,8368	0,5782
4 <sup>to</sup>	12	3	9	1,5	6,7858	0,7801	0,5423
2 <sup>do</sup>	13	9	3	1,5	7,2767	0,7373	0,4745
10 <sup>mo</sup>	14	6	6	1,5	8,9457	0,8155	0,4936
14 <sup>vo</sup>	15	9	9	1,5	10,9816	0,8532	0,4239

**Fuente: Elaboración propia-2016**

**Tabla 34: Optimización de los factores para el pan Panini precocido.**

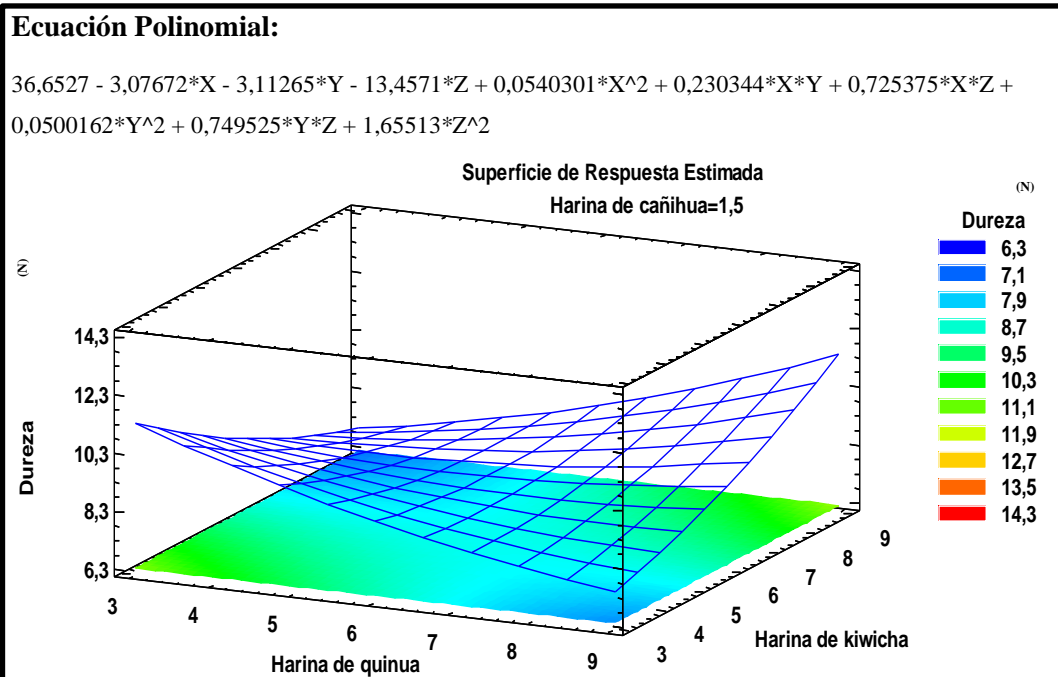
Factor	Establecimiento
Harina de quinua	8,99957
Harina de kiwicha	6,31807
Harina de cañihua	1,0

**Fuente: Elaboración propia-2017**

**Tabla 35: Optimización de las variables de respuesta y corroboración de datos**

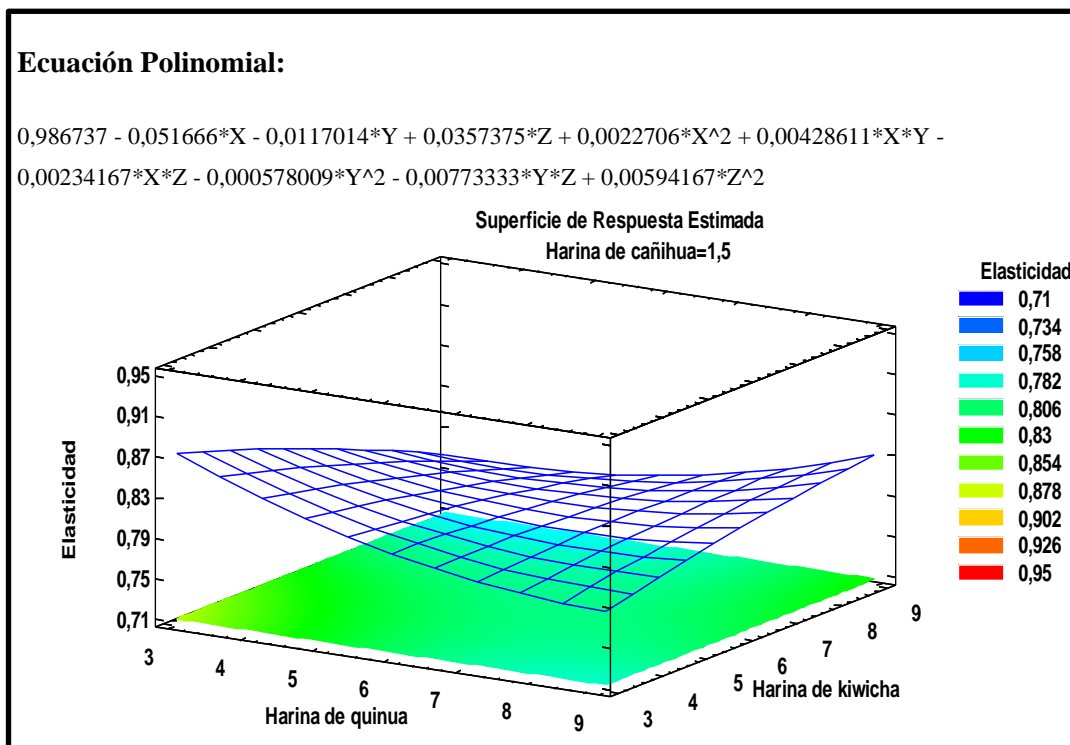
<b>Respuesta</b>	<b>Unidad</b>	<b>Predicción</b>	<b>Corroboración Variable respuesta</b>
Dureza	N	8,22909	8,25013
Elasticidad	---	0,824117	0,798290
Cohesividad	---	0,533745	0,513735
Deseabilidad optimizada = 0,659375			

**Fuente: Elaboración propia-2017**



**Figura 35:** Superficie de respuesta estimada para la variable dureza a porcentaje constante de cañihua de 1,5

Fuente: Elaboración propia-2017

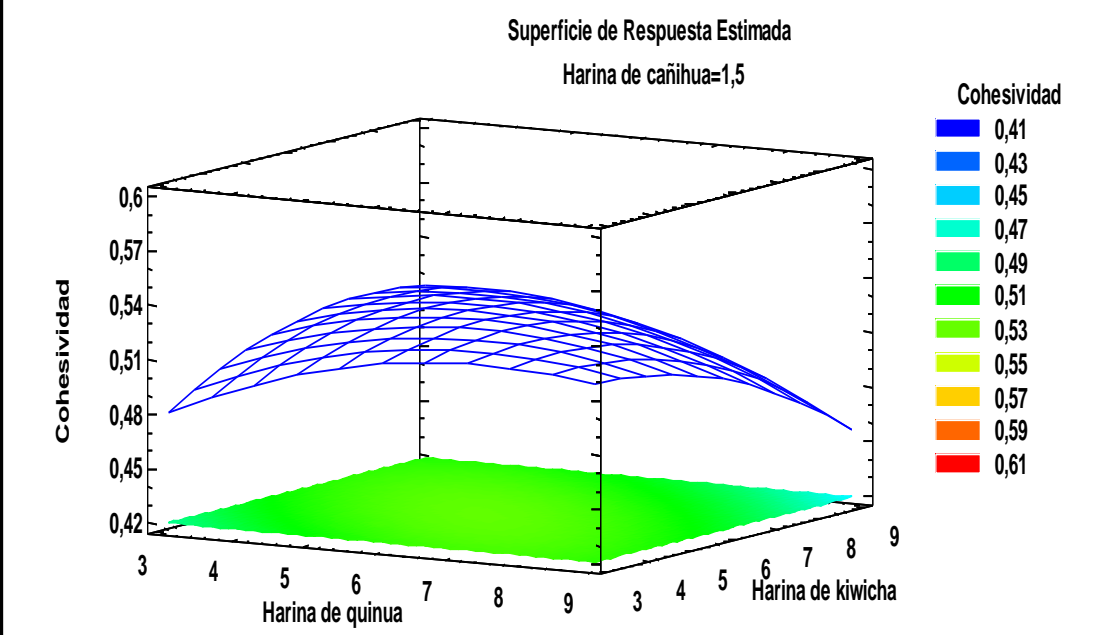


**Figura 36:** Superficie de respuesta estimada para la variable elasticidad a porcentaje constante de cañihua de 1,5

Fuente: Elaboración propia-2017

**Ecuación Polinomial:**

$$0,00574375 + 0,068909*X + 0,0445486*Y + 0,295013*Z - 0,00213426*X^2 - 0,00264861*X*Y - 0,0194667*X*Z - 0,00173287*Y^2 - 0,00665833*Y*Z - 0,0587333*Z^2$$



**Figura 37: Superficie de respuesta estimada para la variable cohesividad a porcentaje constante de cañihua de 1,5**

**Fuente: Elaboración propia-2017**

Una vez que se estimó y comprobó el modelo, se analizó el efecto de los factores; en la Figura 38, muestra que a una sustitución mayor al 6% en harina de quinua y kiwicha y mayor a 1,5% en harina de cañihua la dureza aumenta; en cuando a la elasticidad y cohesividad, estas disminuyen conforme aumenta la sustitución de harina de quinua, kiwicha y cañihua (Figura 39 y 40).

Un par de líneas se graficaron para cada interacción por cada dos factores; en la dureza (Figura 41) muestra que la interacción adecuada entre las harinas es en sus valores medios. En la elasticidad (Figura 42) muestra que la interacción Quinua-Kiwicha es a un porcentaje mayor a 6, mientras que en la interacción Quinua-Cañihua su interacción es a un porcentaje menor a 3, siendo lo contrario en la interacción Kiwicha-Cañihua, mostrando que la harina de cañihua influye significativamente en la elasticidad del producto. En lo que confiere a la cohesividad (Figura 43) la interacción Quinua-Kiwicha es a un porcentaje menor de 6 pero mayor a 3, siendo similar en la interacción Quinua-Cañihua; en Kiwicha-Cañihua muestra que las dos líneas no tienen un punto de interacción, sin embargo al no ser líneas paralelas, muestra que a un porcentaje menor a 3 ambas líneas se cruzarán.

En el caso de ANOVA para la variable de respuesta dureza (Tabla 36) 3 efectos tienen un valor-P menor que 0,05 (Harina quinua: Harina kiwicha de 0.0007; Harina quinua: Harina cañihua de 0,0466 y Harina kiwicha: Harina cañihua de 0,0404) indicando que son significativamente diferentes. El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo ajustado explica 59,6306% de la variabilidad en dureza. El estadístico R-cuadrada ajustada, es 38,3835%. El error estándar del estimado muestra que la desviación estándar de los residuos es 1,44581.

El ANOVA para la variable de respuesta elasticidad (Tabla 37) tiene un efecto valor-P menor que 0,05 (Harina quinua: Harina kiwicha de 0,0038) indicando que son significativamente diferentes de cero. El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo, así ajustado, explica 51,0766% de la variabilidad en elasticidad. El estadístico R-cuadrada ajustada, es 25,3274%. El error estándar del estimado muestra que la desviación estándar de los residuos es 0,033057.

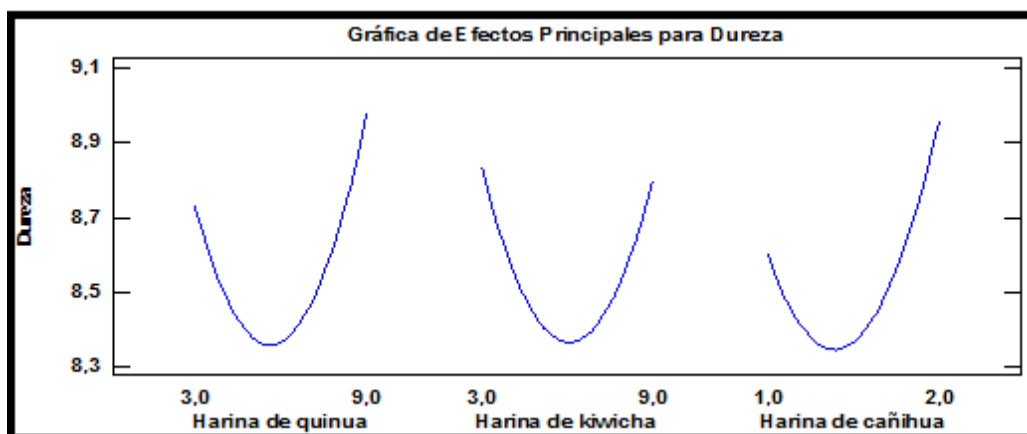


Figura 38: Efecto de los factores sobre la variable respuesta dureza.

Fuente: Elaboración propia-2017

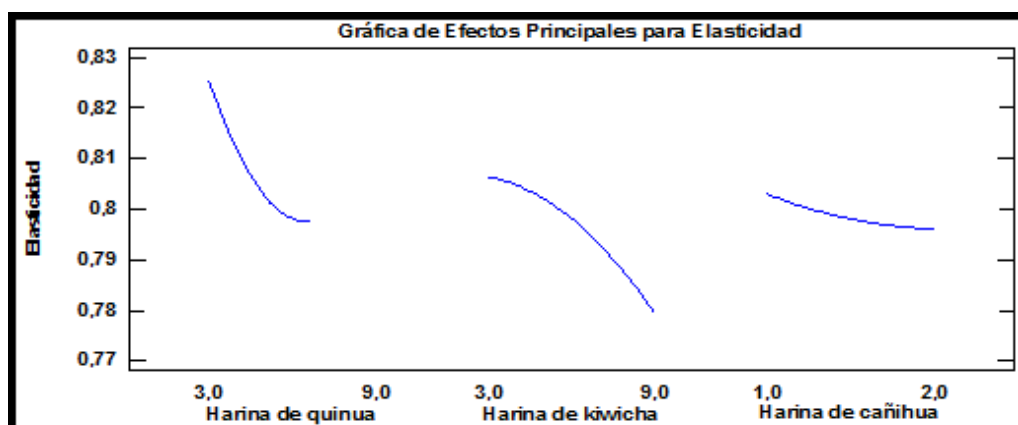


Figura 39: Efecto de los factores sobre la variable de respuesta elasticidad.

Fuente: Elaboración propia-2017

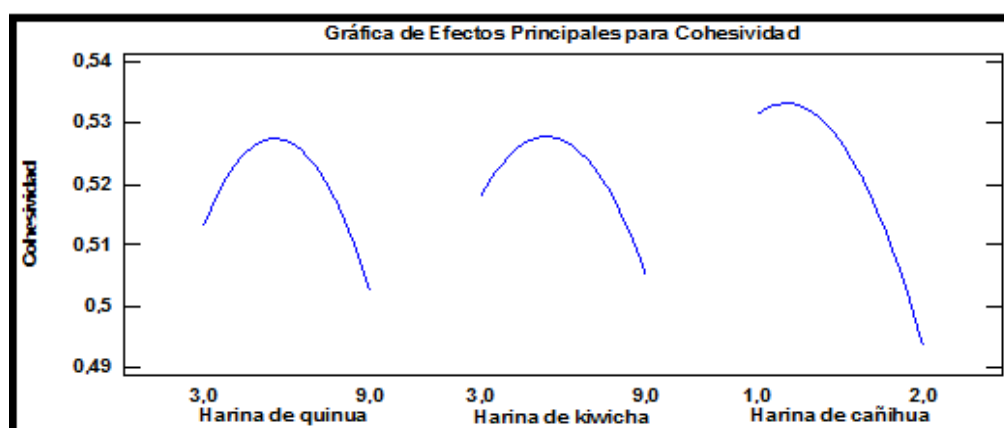
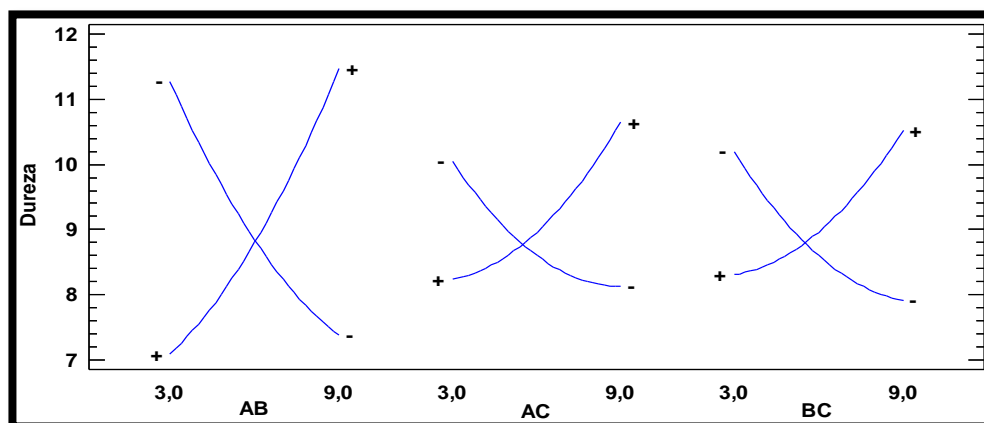


Figura 40: Efecto de los factores sobre la variable de respuesta cohesividad.

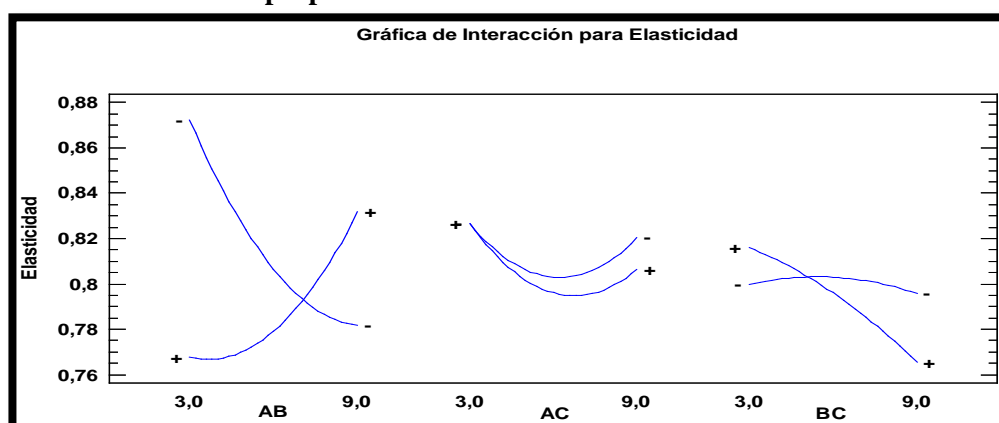
Fuente: Elaboración propia-2017



A: Quinua B: Harina de Kiwicha C: Harina de cañihua

**Figura 41: Interacción entre pares de factores sobre la variable dureza.**

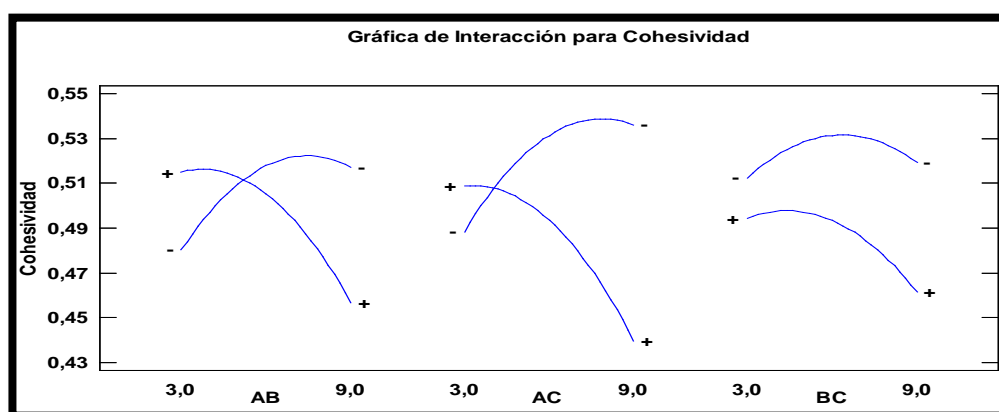
**Fuente: Elaboración propia-2017**



A: Quinua B: Harina de Kiwicha C: Harina de cañihua

**Figura 42: Interacción entre pares de factores sobre la variable elasticidad**

**Fuente: Elaboración propia-2017**



A: Quinua B: Harina de Kiwicha C: Harina de cañihua

**Figura 43: Interacción entre pares de factores sobre la variable cohesividad**

**Fuente: Elaboración propia-2017**

**Tabla 36: Análisis de varianza para la variable de respuesta dureza**

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Harina de quinua	0,251227	1	0,251227	0,12	0,7326
B:Harina de kiwicha	0,0053619	1	0,0053619	0,00	0,9601
C:Harina de cañihua	0,511654	1	0,511654	0,24	0,6265
AA	1,74616	1	1,74616	0,84	0,3722
AB	34,3819	1	34,3819	16,45	0,0007
AC	9,47104	1	9,47104	4,53	0,0466
BB	1,49635	1	1,49635	0,72	0,4080
BC	10,1122	1	10,1122	4,84	0,0404
CC	1,26437	1	1,26437	0,60	0,4463
bloques	0,0228638	1	0,0228638	0,01	0,9178
Error total	39,7167	19	2,09035		
Total (corr.)	98,3831	29			

R-cuadrada = 59,6306%, R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 38,3835%, Error estándar del est. = 1,44581

**Fuente: Elaboración propia-2017**

**Tabla 37: Análisis de varianza para la variable de respuesta elasticidad**

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Harina de quinua	0,000706231	1	0,000706231	0,65	0,4314
B:Harina de kiwicha	0,00294306	1	0,00294306	2,69	0,1172
C:Harina de cañihua	0,000189751	1	0,000189751	0,17	0,6816
AA	0,00308386	1	0,00308386	2,82	0,1093
AB	0,0119042	1	0,0119042	10,89	0,0038
AC	0,0000987012	1	0,0000987012	0,09	0,7670
BB	0,00019984	1	0,00019984	0,18	0,6737
BC	0,00107648	1	0,00107648	0,99	0,3334
CC	0,0000162939	1	0,0000162939	0,01	0,9041
bloques	0,001332	1	0,001332	1,22	0,2834
Error total	0,0207626	19	0,00109277		
Total (corr.)	0,042439	29			

R-cuadrada = 51,0766%, R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 25,3274%, Error estándar del est. = 0,033057

**Fuente: Elaboración propia-2017**



El ANOVA para el variable de respuesta cohesividad (Tabla 38) tiene 1 efecto valor-P menor que 0,05 (Harina quinua: Harina cañihua de 0,0374) indicando que son significativamente diferentes. El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo, así ajustado, explica 49,4039% de la variabilidad en cohesividad. El estadístico R-cuadrada ajustada, es 22,7744%. El error estándar del estimado muestra que la desviación estándar de los residuos es 0,036897.

Las interacciones del análisis de varianza se pueden mostrar gráficamente en un diagrama de Pareto y establecer que efectos tienen influencia sobre las variables de dureza, elasticidad y cohesividad como se muestra en el Anexo 20. Para la variable dureza (Gráfico 37) muestra que los efectos que tienen influencia sobre ésta son Harina quinua-Harina kiwicha, Harina kiwicha- Harina cañihua y Harina quinua-Harina cañihua; el efecto que influye sobre la variable elasticidad (Gráfico 38) es Harina quinua-Harina kiwicha y el efecto que influye sobre la variable cohesividad (Gráfico 39) es Harina quinua- Harina cañihua.

### **3.4. Resultados de evaluación sensorial.**

En la Tabla 39 muestra el promedio de los puntajes según el atributo analizado observando que en el tratamiento 7729 presenta mayor aceptabilidad cercana a la del tratamiento 8152. Los resultados ANOVA y prueba Tukey para el atributo textura, olor, color y sabor se muestran en las Tablas 40, 41, 42 y 43 respectivamente, en ellas podemos observar que el valor de nivel de significancia es menor a 0,05 lo que indica que al menos uno de los tratamientos es diferente.

Se estableció la comparación entre sí de cada uno de los tratamientos con la finalidad de saber cuál de ellos fue el más aceptado por el consumidor. Para el atributo textura no existe diferencia significativa entre los tratamientos 7729 y 8152, para el atributo sabor no existe diferencia entre los tratamientos 7729, 7786 con el tratamiento 8152, en el atributo olor no existe diferencia entre los tratamientos 7729 y 7786 con el tratamiento 8152 pero si con el resto de tratamientos, en el atributo color existe diferencia entre los 14 tratamientos, siendo más cercano el tratamiento 7729.

**Tabla 38: Análisis de varianza para la variable de respuesta cohesividad**

<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>GL</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
A:Harina de quinua	0,000463326	1	0,000463326	0,34	0,5665
B:Harina de kiwicha	0,00065025	1	0,00065025	0,48	0,4979
C:Harina de cañihua	0,00575702	1	0,00575702	4,23	0,0537
AA	0,00272463	1	0,00272463	2,00	0,1733
AB	0,00454581	1	0,00454581	3,34	0,0834
AC	0,00682112	1	0,00682112	5,01	0,0374
BB	0,00179616	1	0,00179616	1,32	0,2650
BC	0,000798001	1	0,000798001	0,59	0,4533
CC	0,00159213	1	0,00159213	1,17	0,2930
bloques	0,000905301	1	0,000905301	0,66	0,4249
Error total	0,0258665	19	0,00136139		
Total (corr.)	0,0511235	29			

R-cuadrada = 49,4039%, R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 22,7744, Error estándar del est. = 0,036897

**Fuente: Elaboración propia-2017**

**Tabla 39: Promedio de puntajes en cada atributo**

<b>Tratamiento</b>	<b>Textura</b>	<b>Sabor</b>	<b>Olor</b>	<b>Color</b>	<b>Promedio</b>
7786	6,63	7	6,75	6,125	6,63
7729	6,875	6,875	7	6,25	6,75
5579	4,375	3,25	5,75	3,5	4,22
2867	4,125	4,625	4,375	3,125	4,06
0680	3,375	5,5	4,5	4,625	4,5
6750	3,875	4,5	4,625	4,125	4,28
7015	4,25	5,25	3,375	3,5	4,09
4680	4,875	6,125	4,125	4	4,78
6610	3,5	5,875	3,75	3,875	4,25
9926	3,75	3,875	5,125	4,125	4,22
5797	3,875	3,75	4,25	3,875	3,94
7649	4,25	3,5	4,125	4	3,97
7073	4,25	4,25	3,875	4,125	4,13
8152	8,125	7,625	7,375	8,5	7,91

**Fuente: Elaboración propia-2017**

**Tabla 40: Análisis de varianza para el atributo textura en los tratamientos**

ANOVA						
Orden	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F*	Sig.**	
Inter-grupos	213,545	13	16,427	23,373	,000	
Intra-grupos	68,875	98	,703			
Total	282,420	111				
TUKEY						
Textura		N	Subconjunto para alfa = 0.05			
			1	2	3	4
HSD de	Textura0680	8	3,38			
Tukey <sup>a</sup>	Textura6610	8	3,50	3,50		
	Textura9926	8	3,75	3,75		
	Textura6750	8	3,88	3,88		
	Textura5797	8	3,88	3,88		
	Textura2867	8	4,13	4,13		
	Textura7015	8	4,25	4,25		
	Textura7649	8	4,25	4,25		
	Textura7073	8	4,25	4,25		
	Textura5579	8	4,38	4,38		
	Textura4680	8		4,88		
	Textura7786	8			6,63	
	Textura7729	8			6,88	6,88
	Textura8152	8				8,13
Sig.			,498	,078	1,000	,163

**Fuente: Elaboración propia-2017**

**Tabla 41: Análisis de varianza y prueba Tukey para el atributo olor en los tratamientos**

ANOVA							
	Suma de cuadrados	Grado de libertad	Media cuadrática	F*	Sig.**		
Inter-grupos	172,429	13	13,264	17,331	,000		
Intra-grupos	75,000	98	,765				
Total	247,429	111					
TUKEY							
Olor		N	Subconjunto para alfa = 0.05				
			1	2	3	4	5
HSD de Tukey <sup>a</sup>	Olor 7015	8	3,38				
	Olor 6610	8	3,75	3,75			
	Olor 7073	8	3,88	3,88			
	Olor 4680	8	4,13	4,13			
	Olor 7649	8	4,13	4,13			
	Olor 5797	8	4,25	4,25	4,25		
	Olor 2867	8	4,38	4,38	4,38		
	Olor 0680	8	4,50	4,50	4,50		
	Olor 6750	8	4,63	4,63	4,63		
	Olor 9926	8		5,13	5,13		
	Olor 5579	8			5,75	5,75	
	Olor 7786	8				6,75	6,75
	Olor 7729	8				7,00	7,00
	Olor 8152	8					7,38
Sig.			,215	,110	,051	,215	,976

**Fuente: Elaboración propia-2017**

**Tabla 42: Análisis de varianza y prueba Tukey para el atributo color en los tratamientos**

ANOVA						
	Suma de cuadrados	Grado de libertad	Media cuadrática	F*	Sig.**	
Inter-grupos	218,179	13	16,783	19,697	,000	
Intra-grupos	83,500	98	,852			
Total	301,679	111				
TUKEY						
Color		N	Subconjunto para alfa = 0.05			
			1	2	3	4
HSD de Tukey <sup>a</sup>	Color 2867	8	3,13			
	Color 5579	8	3,50			
	Color 7015	8	3,50			
	Color 6610	8	3,88			
	Color 5797	8	3,88			
	Color 4680	8	4,00			
	Color 7649	8	4,00			
	Color 6750	8	4,13			
	Color 9926	8	4,13			
	Color 7073	8	4,13			
	Color 0680	8	4,63	4,63		
	Color 7786	8		6,13	6,13	
	Color 7729	8			6,25	
	Color 8152	8				8,50
	Sig.			,084	,084	1,000

Fuente: Elaboración propia-2017

**Tabla 43: Análisis de varianza para el atributo sabor en los tratamientos**

ANOVA									
Orden	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F*	Sig.**				
Inter-grupos	204,464	13	15,728	17,666	,000				
Intra-grupos	87,250	98	,890						
Total	291,714	111							
TUKEY									
Sabor	N	Subconjunto para alfa = 0.05							
		1	2	3	4	5	6	7	
HSD de Tukey <sup>a</sup>	Sabor 5579	8	3,25						
	Sabor 7649	8	3,50						
	Sabor 5797	8	3,75	3,75					
	Sabor 9926	8	3,88	3,88					
	Sabor 7073	8	4,25	4,25	4,25				
	Sabor 6750	8	4,50	4,50	4,50	4,50			
	Sabor 2867	8	4,63	4,63	4,63	4,63	4,63		
	Sabor 7015	8		5,25	5,25	5,25	5,25		
	Sabor 0680	8			5,50	5,50	5,50	5,50	
	Sabor 6610	8				5,88	5,88	5,88	
	Sabor 4680	8					6,13	6,13	6,13
	Sabor 7729	8						6,88	6,88
	Sabor 7786	8						7,00	7,00
	Sabor 8152	8							7,63
		Sig.		,190	,101	,324	,190	,101	,101

Fuente: Elaboración propia-2017

### 3.5. Balance de materia

El rendimiento en cada etapa del proceso y las materias primas que influyen en la dureza, elasticidad y cohesividad se muestran en la Figura 44 y 45 respectivamente.

$$\text{Entrada} = \text{Salida}$$

Para el amasado-sobado:

$$A + B = C$$

$$1150.6 \text{ g} + 600 \text{ g} = C$$

$$C = 1750.6 \text{ g}$$

Para el laminado

$$C = D + E$$

$$1750.6 \text{ g} = 0.8 \text{ g} + E$$

$$E = 1749.8 \text{ g}$$

Para el cortado

$$E = F + G$$

$$1749.8 \text{ g} = 1 \text{ g} + G$$

$$G = 1748.8 \text{ g}$$

Durante el pesado, para obtener un menor residuo y mayor cantidad de panes Panini precocido, era necesario calcular el peso adecuado del bollo (75-80g) (Tabla 44).

$$I = \frac{g \text{ de pan}}{Masa} \times \frac{1 \text{ pan}}{76 \text{ g}} = \frac{\text{Panes}}{Masa}$$

$$I = \frac{1748.8 \text{ g}}{Masa} \times \frac{1 \text{ pan}}{76 \text{ g}} = \frac{\text{Panes}}{Masa} = \frac{23,01 \text{ panes}}{Masa} \cong \frac{23 \text{ panes}}{Masa} \cong 1748 \text{ g de Masa}$$

$$G = H + I$$

$$1748.8 \text{ g} = H + 1748 \text{ g}$$

$$H = 0.8 \text{ g}$$

Para el amasado-boleado, amasado-moldeado, amasado-moldeado 2, fermentación, pre-cocción y enfriado los pesos serán los mismos.

$$I = J = K = L = M = N = 1748 \text{ g}$$

En el Cuadro 04 muestra su respectiva base de cálculos del balance de los componentes de las materias primas.

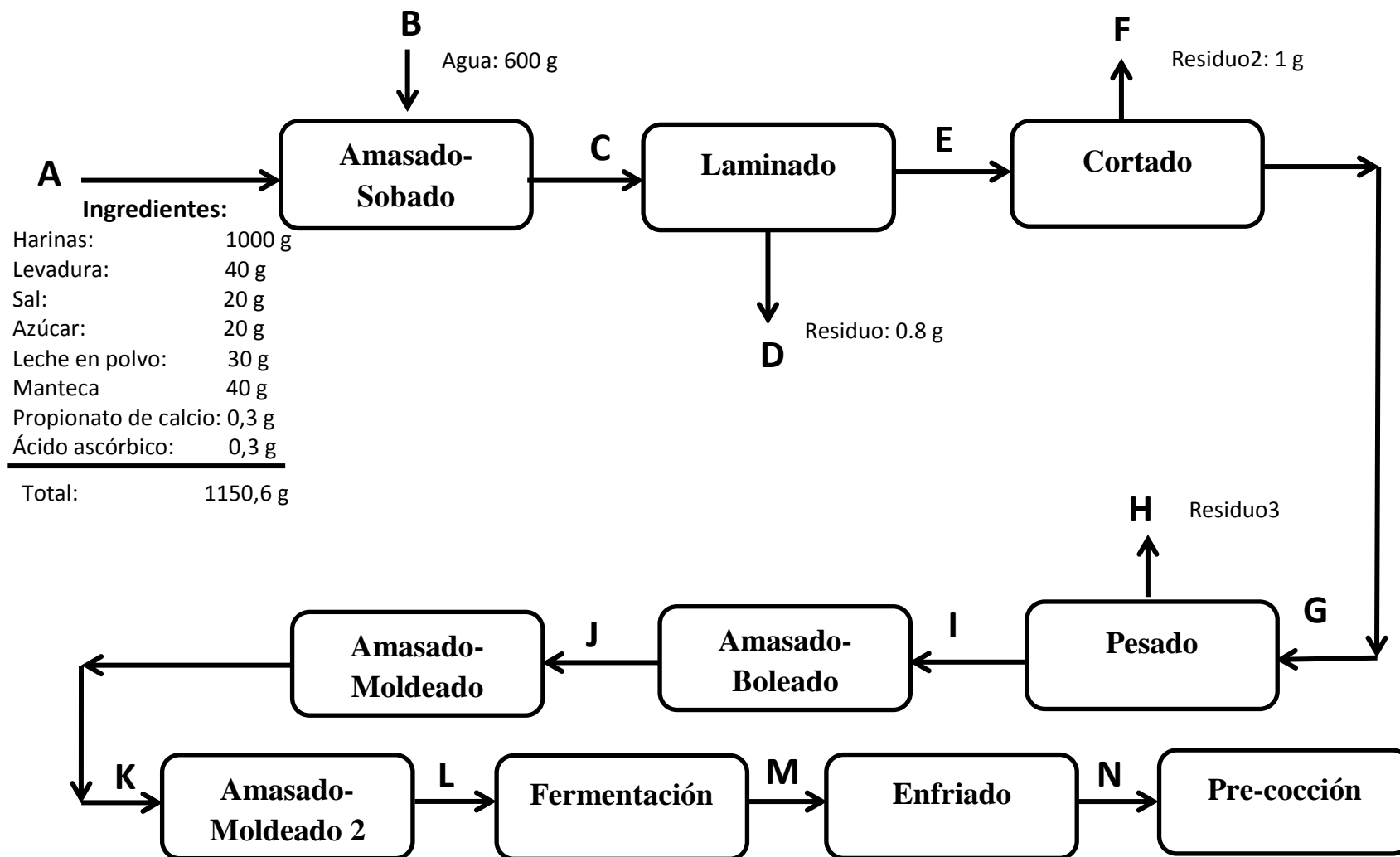


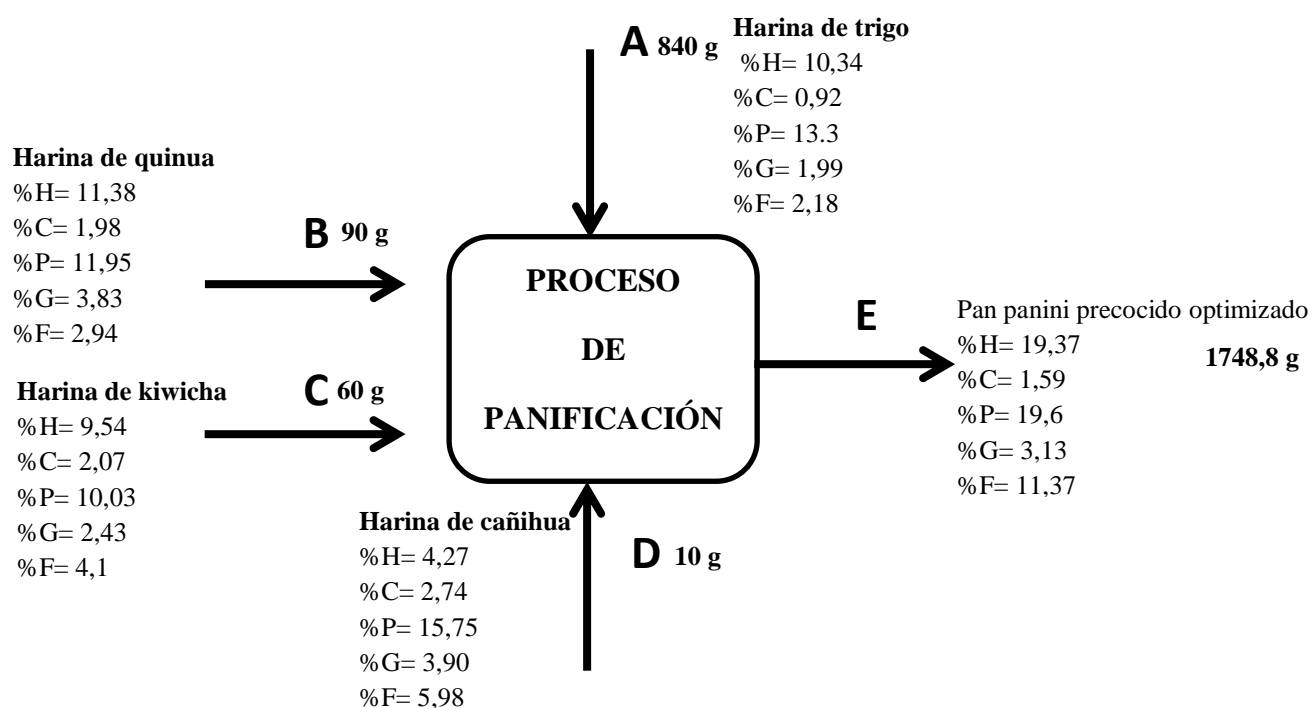
Figura 44: Balance de materia por etapas para obtener máximo rendimiento de panes Paninis precocidos optimizados

Fuente: Elaboración propia - 2017

**Tabla 44: Cantidad de residuo según peso de bollo (g)**

<b>Peso del bollo (g)</b>	<b>Masa (g)</b>	<b>Nº de panes</b>	<b>Residuo (g)</b>
75	1748,8	23	23,8
<b>76</b>	1748,8	23	<b>0,8</b>
77	1748,8	22	54,8
78	1748,8	22	32,8
79	1748,8	22	10,8
80	1748,8	21	68,8

**Fuente: Elaboración propia-2017**



**Figura 45: Balance de materia de componentes de las materias primas que influyen en las características fisicoquímicas del pan Panini precocido optimizado.**

**Fuente: Elaboración propia – 2017.**



**Cuadro 04: Base de cálculos en 1 kg. De harina total**

	Cantidad	Humedad	Ceniza	Proteínas	Grasas	Fibra
Harina de trigo	Porcentaje	10,34	0,92	13,3	1,99	2,18
	Gramos	86,86	7,73	111,72	16,72	18,31
Harina de quinua	Porcentaje	11,38	1,98	11,95	3,83	2,94
	Gramos	10,24	1,78	10,76	3,45	2,65
Harina de kiwicha	Porcentaje	9,54	2,07	10,03	2,43	4,1
	Gramos	5,72	1,24	6,02	1,46	2,46
Harina de cañihua	Porcentaje	4,27	2,74	15,75	3,90	5,98
	Gramos	0,43	0,27	1,58	0,39	0,59
Pan optimizado	Porcentaje	19,37	1,59	19,6	3,13	11,37
	Gramos	338,74	27,81	342,76	54,74	198,84

**Fuente: Elaboración propia**

## IV. DISCUSIONES

Los resultados fisicoquímicos en cuanto a la harina de quinua muestra valores menores a lo dado por Reyes, et al (2009) en un 2,32% de humedad, 0,52% de ceniza, 0,15% de proteína; para la harina de kiwicha valores inferiores a lo reportado por Mosquera, Pacheco & Martínez (2012) en 0,56% de humedad, 7,77% de proteínas y 0,77% en grasa; en la harina de trigo siendo similar en porcentaje de humedad, ceniza y grasas a lo obtenido por Reyes, et al (2009) (%C: 0,5 y %G: 1,3); en lo que respecta a la harina de cañihua muestra valores inferiores a lo investigado por Bravo (2010) en un 1,71% de humedad, 0,80% de ceniza, 0,46% de proteína y 1,73% de grasa. Según la NTP 205.027.1986, RM N°451-2006/MINSA y NTP 205.062.2009 los resultados dados en la Tabla 25 están dentro de lo estipulado por dichas normas. Se destaca el alto valor proteico en las tres harinas analizadas en esta investigación, el utilizarlo beneficia nutricionalmente al pan Panini precocido óptimo.

El gluten es pobre en lisina, arginina y ácido glutámico (Cerdeira, 2010), siendo los dos primeros predominantes en la harina de quinua y kiwicha, y el último en la harina de cañihua, se otorgaría así un aumento proteico al sustituir cierto porcentaje de harina de trigo por estos pseudocereales, sin embargo esta sustitución no debe ser mayor a 20%, debido a que la carencia de gluten provoca modificaciones en cuanto a su textura, haciéndolo poco agradable al consumidor; esto es comprobado por la investigación hecha por Reynoso (2008), señalando que los niveles de sustitución por si solos en harina de quinua no debe ser mayor a un 20%, harina de cañihua no mayor a un 10% y harina de kiwicha no mayor a un 20%.

Al comparar las 4 harinas empleadas en esta investigación (Tabla 25), mostraron que la harina con mayor porcentaje de humedad es la quinua; en cuanto al valor proteico, fibra y porcentaje de ceniza predomina en la harina de cañihua y; conteniendo casi el mismo porcentaje de grasa entre ambas harinas (quinua y cañihua). Se determinaron los valores fisicoquímicos en el pan Panini optimizado y en el pan Panini patrón

estando este último entre los rangos permitidos según la ficha técnica del pan Panini (Anexo 11) en cuanto al porcentaje de humedad y acidez. Al comparar ambos panes, se observó claramente el incremento proteico de hasta un 4,3% esto se debe al aporte que proporciona la quinua, kiwicha y cañihua, este resultado complementa a lo indagado por García (2011), el cual solo utilizando harina de quinua en productos de panificación logra un aumento proteico de hasta un 2,2%. En lo señalado por León & Urbina (2015), al sustituir harina de trigo por harina de quinua, cañihua y chía, la muestra que contiene mayor cantidad de estas harinas es quien presenta mayor valor proteico, comprobando que es la harina de quinua y la harina de cañihua quienes aportan este beneficio al pan.

En cuanto al porcentaje de grasa se observa que incrementa al añadir las harinas de quinua, kiwicha y cañihua, siendo superior al pan Panini control; este suceso ocurre debido a que las harinas de quinua y cañihua tiene en su composición mayor contenido de grasa (Arone, 2015). Además el contenido de grasas en panes comerciales es 6.3% según lo indagado por Silveira & Salas (2013), este dato es mayor al porcentaje de grasas obtenido en el pan Panini precocido control (2,28%), esto se debe posiblemente a los ingredientes utilizados para su elaboración (manteca, margarina, mantequilla, aceite, etc).

Todos los alimentos, cualquiera que sea el método de industrialización a que hayan sido sometidos, contienen agua en mayor o menor proporción. El agregado de estos pseudocereales en la elaboración de pan, provoca una disminución de porcentaje de humedad, esto debido a los componentes que tiene la quinua, kiwicha y cañihua presentan una capacidad de retención agua superior a la del trigo (Arone, 2015). Según Arroyave & Esguerra, (2006), afirman que a medida que aumenta los porcentajes de sustitución por harina de quinua en los tratamientos, el porcentaje de humedad disminuye; debido a que la quinua contiene menos agua que el trigo, caso contrario sucede con la harina de quinua y trigo empleados en esta investigación, probablemente al tamaño de la partícula, ya que teóricamente a menor tamaño de partícula la facilidad de hidratación aumenta, por la superficie de contacto que se tiene (Arone, 2015); los datos obtenidos tanto para el pan optimizado como para el

pan control, están dentro de los rangos estipulados por NTP 206.004.1988, debiendo ser menor a un 40%.

En cuanto al porcentaje de ceniza, éste aumenta conforme se añade las harinas sucedáneas, comparando el pan Panini control (1,04) y el pan Panini optimizado (1,59), este suceso ocurre debido a que las harinas de kiwicha y cañihua tienen en su composición mayor contenido de minerales. Según la norma técnica peruana NTP 2006.004 (INDECOPI, 1988), el límite máximo para los panes en cuanto al porcentaje de ceniza es de 4 % en b.s, los resultados obtenidos de ceniza en los panes con harina de quinua, kiwicha y cañihua y el pan Panini control están dentro del rango permitido, cumpliendo así con lo estipulado en la NTP respecto al contenido de cenizas.

Se nota el incremento en porcentaje de fibra del pan Panini precocido optimizado (11,37%) con respecto al pan Panini control (3,53%), o con un pan comercial, el cual tiene un contenido de fibra de 6% (Molina, 2004). Comparando el porcentaje de fibra del pan Panini control con respecto al pan comercial, muestra que la primera tiene una menor cantidad de fibra, muchas veces debido a la molienda del grano (utilización de la cascara). Esto es bueno debido a que la fibra presenta beneficios para personas diabéticas, con colesterol elevado y personas que padecen enfermedades crónicas asociadas a la obesidad, ya que la fibra insoluble actúa fundamentalmente sobre el tránsito intestinal y la fibra soluble regula los niveles de glucosa en la sangre, equilibra los niveles de colesterol entre otros (Arroyave & Esguerra, 2006). Según Melvin (2002) señala que un aumento de la cantidad de fibra de unos 20 a 35 g/día puede ser eficaz como medida protectora contra el desarrollo de enfermedades crónicas. En lo señalado por Zumarán & Yglesias (2013), el añadir harina de kiwicha y peladilla de esparrago muestran que no afecta si la adición de harina de kiwicha es mayor o menor (10%-20%), debido a que ésta presenta dentro de sus componentes porcentajes menores de fibra, lo que no sucede con la peladilla de esparrago presentando mayor cantidad de fibra.

Según la NTP 2006.004 (INDECOPI, 1988) establece que el límite máximo permisible de acidez en los panes es de 0.5 % (expresada en ácido sulfúrico), los valores obtenidos en el pan Panini optimizado (0,21%) y pan Panini control (0,28%) están dentro del límite que establece la norma, debido a que tiene valores por debajo de 0.5 %. Las grasas presentes en el pan o en las harinas en su elaboración, al igual que en otros alimentos pueden sufrir un proceso de enranciamiento a consecuencia de la acción del aire o la luz. Esta oxidación es la encargada de incrementar la acidez de los alimentos (Coultate, 2002), debido a que el pan con harina de quinua, kiwicha y cañihua tienden un poco a ser ácidos, además que la quinua y cañihua tiene en su composición porcentajes de grasa de 3,83 y 3,90 respectivamente, pudiéndose evitar estos problemas con el uso de antioxidantes, retardando así el desarrollo de olores y sabores agrios en el producto final y durante su conservación.

En lo concerniente a las características sensoriales de los tratamientos, en cuanto al color, textura y olor manifiestan que el mejor tratamiento es 7729 (9% harina de quinua, 3% harina de kiwicha y 1,5% harina de cañihua), respecto a la textura Arone (2015) y Álvarez & Tusa (2008-2009) realizando la evaluación sensorial a panes con sustitución de harina de quinua hasta un 20%, optaron por el que tiene menor porcentaje de quinua 17,5%, debido que a porcentajes altos de harina de quinua en la mezcla no permiten el buen desarrollo de las masas de pan, influyendo directamente en el peso y volumen final del producto, teniendo un resultado similar en la harina de kiwicha, así lo indica Zumarán & Yglesias (2013), señalando que en una prueba sensorial a panes sustituidos con harina de kiwicha y peladilla de esparrago, optaron por el tratamiento que menor porcentaje de kiwicha presentaba (15%); caso contrario sucede con la harina de cañihua, reportando valores de hasta un 23% indicaría que su inclusión en un producto de panificación no influye en la textura del pan (Apaza, Hayqui & Sumire, 2015).

En cuanto al atributo olor, Avecillas (2015) señala que al evaluar muestras con porcentajes de sustitución de quinua de 5, 10 y 20% a 30 panelistas, optaron por el tratamiento que mayor porcentaje de harina de quinua presentaba. Esto indica la influencia de la harina de quinua en cuanto a la evaluación de este atributo y la poca

influencia que tiene la harina de kiwicha y cañihua, viéndose mostrado dicha influencia en el resultado de nuestra evaluación.

Con respecto al color Álvarez & Tusa (2008-2009) señalan que la evaluación sensorial utilizando harina de quinua y harina de kiwicha hasta un 23% y 20% respectivamente de sustitución no existe diferencia significativa con la muestra patrón; sin embargo León & Urbina (2015) señala que al utilizar harina de cañihua su influencia es notoria en este atributo, explicado por la extracción de la harina, porcentaje utilizado en un producto, el tamaño de partícula, el almacenamiento, condiciones climáticas de la cosecha y el lugar de la siembra.

Contrastando a lo referido anteriormente en el atributo sabor, los resultados dados de los ocho panelistas indicaron que el tratamiento 7786 (9% harina de quinua, 9% harina de kiwicha y 1,5% harina de cañihua) fue el mejor, dando como puntaje promedio 7, sin embargo el tratamiento 7729 otorga un puntaje 6,9 dándonos a entender que el aumento de kiwicha no muestra mucha diferencia en cuanto a este atributo, estos resultados son ratificados por Zumarán & Yglesias (2013) quienes señalaron que el tratamiento más aceptado en la evaluación sensorial de su producto, era el que contenía mayor cantidad de harina de kiwicha (15-20%) obteniendo un puntaje de 2,70; no obstante el puntaje de los demás tratamientos no fue distante a éste.

En la determinación de la textura instrumental de los panes Paninis precocidos, se obtuvo que los porcentajes óptimos de harina de quinua, kiwicha y cañihua fueron 8,99, 6, 32 y 1 respectivamente (Tabla 34), corroborándose la predicción de las variables respuestas (Tabla 35). En lo reportado por Arone (2015), muestra la superficie de respuesta para la dureza del pan, donde para lograr bajos valores de dureza del pan se deberá incrementar la harina de trigo y mientras que los valores de harina de quinua no deben sobrepasar de 18 %, mostrando que la quinua no afecta directamente la dureza del pan, siempre y cuando no sobrepase el porcentaje indicado.

La textura del pan se determinó en términos de la dureza, elasticidad y cohesividad. La dureza del pan es la característica más evidente de la textura observada por los consumidores, que influye grandemente en el juicio de la aceptabilidad del producto (Cauvain & Young, 2009). Este es uno de los parámetros más importantes y se relaciona con la fuerza aplicada para causar deformación o rotura de la muestra evaluada en texturómetros mecánicos (Esteller, Amaral, & Lannes, 2004) y está relacionado con la mordedura humana durante la ingesta de alimentos; la fuerza máxima evaluada para productos de panadería es dependiente de la formulación (calidad de la harina, la cantidad de azúcares, grasas, emulsionantes, enzimas, adición de mejoradores de gluten y harina) de la conservación de la masa y de la humedad (sincronización de producto, fabricación y embalaje).

Por otra parte la elasticidad del pan disminuye con la disminución de la harina de trigo, comprobándose así que el aumento de la dureza provoca disminución de la elasticidad y cohesividad. La elasticidad de los panes es mayor en aquellos elaborados con almidones, un pan de alta calidad con un buen grado de frescura está relacionado con unos altos valores de elasticidad, sin embargo, un pan con bajos valores de elasticidad tiende a desmigajarse cuando se le rebana (Mc Carty, Gallagher, Gormley, Schober, & Arendt, 2005). Acosta (2013) menciona que la dureza para los panes comerciales en promedio está entre 636.30 g-f o 6.2400 newton, que es admitido como panes de buena calidad respecto a la dureza y que valores superiores a 1000 g-f o 9,8067 N, corren el riesgo de asemejarse más a galletas; los valores de dureza en la predicción y corroboración están dentro de lo admitido como pan de buena calidad. La dureza aumenta significativamente con mayores porcentajes de sustitución de harinas sucedáneas y está relacionada con una mayor absorción de agua y disminución de la estabilidad, la actividad de amilasa y la gelificación de almidón. Esto puede deberse a que al aumentar el contenido de pseudocereales disminuye el contenido de gluten, significando que el ingrediente más importante para formar la estructura de la masa es el almidón (Díaz & Hernández, 2012).

## V. CONCLUSIONES

1. La sustitución óptima según el diseño de Box Benhken aplicado corresponde al tratamiento 6 (9% harina de quinua, 6% harina de kiwicha y 1% harina de cañihua), con parámetros mecánicos texturales dureza, elasticidad y cohesividad cuyo resultado fue 8,25N; 0,8 y 0,51 respectivamente, con un nivel de significancia del 95%.
2. En la evaluación sensorial mostró que el tratamiento con mayor grado de aceptación fue la 7729 (9% harina de quinua, 3% harina de kiwicha y 1,5% harina de cañihua), así mismo al compararlo con el tratamiento óptimo obtenido en el ATP no mostraron diferencia en cuanto a la evaluación de la textura, no influye el aumento de la kiwicha entre ambos análisis.
3. Se establecieron los parámetros óptimos para la elaboración del pan Panini precocido: recepción de materia prima, pesado, amasado-sobado (7-8 minutos), laminado (5 minutos), cortado, pesado (75-80 g), amasado-boleado (20 segundos), amasado-moldeado 1 (20 segundos), moldeado 2 (20 segundos), fermentación (35 °C x 90 minutos), pre cocción (135 °C x 6 minutos) y enfriado (temperatura ambiente).
4. El caracterizar fisicoquímicamente las harinas sucedáneas (quinua, kiwicha y cañihua) incluyendo la harina de trigo, permitió identificar que harina aporta mayor valor proteico y mejora las características texturales al pan Panini precocido sustituido siendo estas la harina de cañihua y de quinua respectivamente.
5. Se aplicó un DCA en el análisis fisicoquímico en las (%humedad, %ceniza, %proteínas, %grasas y %acidez como ac. sulfúrico), de las harinas de trigo (10,34; 0,92; 13,3; 1,99 y 0,17); de quinua (11,38; 1,98; 11,95; 3,83 y 0,12); de kiwicha (9,54; 2,07; 10,03; 2,43 y 0,09) y cañihua (4,27; 2,74; 15,75; 3,90 y 0,15) se estableció que existe diferencia significativa entre las harinas,



observando que la harina de cañihua presenta mayor valor proteico, beneficiando al pan Panini precocido, con un nivel de confianza de 95%.

6. Se caracterizó fisicoquímicamente el pan Panini óptimo manifestando que contiene 7,77% menos de humedad, 0,55% más de cenizas y 4,3% mayor en contenido proteico que en el pan Panini control, haciendo presumir que nuestro pan optimizado tiene mejor valor nutricional sin afectar las cualidades sensoriales haciéndolo casi similar al original con un nivel de confianza de 95%.

## **VI. RECOMENDACIONES**

1. Valorar el tiempo de vida útil mediante aspectos microbiológicos comparándolo en procesos de conservación tanto de refrigeración, congelación y atmosferas modificadas.
2. Realizar un análisis reológico de las diferentes proporciones de harinas en estudio, para optimizar la cantidad de agua, de manera que se pueda mejorar las características de la masa y textura de los panes.
3. Emplear sustitutos de leguminosas en la elaboración del pan Panini precocido, evaluando el porcentaje óptimo, sin modificar notoriamente su textura.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, V. (2013). Evaluación de la textura del pan, elaborado a partir de harina de trigo nacional (*Triticum vulgare*), con adición de gluten vital. Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Ambato, Ecuador. Pág. 73-80.
- ALADI & FAO (2014). Tendencias y Perspectivas del comercio Internacional de la Quinoa. Santiago de Chile, 56 pág.
- Álvarez, E. E. & González, P (2006). La fibra dietética. Artículo. Consultado el 6 de agosto de 2017. Disponible en: <http://scielo.isciii.es/pdf/nh/v21s2/original6.pdf>
- Álvarez, Z. & Tusa, E (2008-2009). “Elaboración de pan dulce precocido enriquecido con harina de quinoa (*Chenopodium Quinoa W.*)”. Pág. 91. Ibarra, Ecuador.
- Apaza, B. D; Hayqui, H & Sumire, D (2015). Sustitución parcial de la harina de trigo (*Triticum aestivum*) por las harinas de quinoa (*Chenopodium Quinoa Wild*); cañihua (*Chenopodium pallidicaule*); y chía (*Salvia hispanica L.*) en la elaboración de pan Chuta. Pág. 3. Universidad Peruana Unión – Juliaca.
- Apaza V. (2010). Manejo y Mejoramiento de Kañiwa. Convenio Instituto Nacional de Innovación Agraria INIA-Puno, Centro de Investigación de Recursos Naturales y Medio Ambiente-CIRNMA, Bioversity International y el International Fund for Agricultural Development-IFAD. Puno, Perú.
- Arone, H. D. (2015). Evaluación de las propiedades físicas, químicas y organolépticas del pan tipo molde enriquecido con harina de quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) y chia (*Salvia hispanica L.*). Universidad Nacional José María Arguedas. Facultad de Ingeniería. Escuela Profesional De Ingeniería Agroindustrial. Pág. 114-115. Andahuaylas – Perú.

- Arroyave, L & Esguerra, C., 2006. Utilización de la harina de quinua (*Chenopodium quinoa wild*) en el proceso de panificación. Bogotá, Colombia. Pág. 57 al 62
- Arzapalo, D; Huaman, K; Quispe, M; Espinoza, C (2015). Extracción y caracterización del almidón de tres variedades de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) negra collana, pasankalla roja y blanca Junín. Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo, Perú.
- Asociación española de la industria de panadería, bollería y pastelería (ASEMAC), (2012). Manual de calidad de panadería, bollería y pastelería. Pág. 19 al 25. España. Ed. Agrícola Española S.A.
- ATECPAN (2004). Factores que influyen en el sabor del pan. Consultado el 26 de setiembre de 2016. Disponible en: [http://www.atecpan.com/articulos\\_04.htm](http://www.atecpan.com/articulos_04.htm)
- Avecillas, R. A. (2015). Estudio de la sustitución parcial de harina de trigo con harina de quinua cruda y lavada en la elaboración de pan. Pág. 53-55. Universidad Tecnológica Equinoccial Facultad de Ciencias De La Ingeniería. Quito, Ecuador. Consultado el 02 de marzo de 2017. Disponible en: [http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/5408/1/60106\\_1.pdf](http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/5408/1/60106_1.pdf)
- Balarezo, P. (2011). “Evaluación del uso de Propionato de calcio y sorbato de potasio en la estabilidad del Pan Precocido almacenado en refrigeración, para su comercialización en supermercados. Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos. Ambato, Ecuador. Consultado el 26 de setiembre de 2016. Disponible en: <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/3107/1/PAL244.PDF>
- Bello, J., (2000). Ciencia bromatológica: principios generales de los alimentos. Editorial días de santos. Madrid, España.

- Bernabé, C. J. (2009). Influencia de los componentes de la harina en la panificación. Parte 1. Pág. 4. Valencia, España. Consultado el 14 de diciembre de 2016. Disponible en: <http://www.indespan.com/userfiles/file/Microsoft%20Word%20-%20ARTICULO%20PANORAMA%20PANADERO-ALMIDON.pdf>
- Bernabé, C. J; Llin M. L & Pérez, C., 2007. La masa madre: El secreto del pan. Investigación y Desarrollo Panadero. Valencia, España.
- Bravo, R; Valdivia, R; Andrade, K; Padulosi, S & Jager, M (editores). 2010. Granos Andinos. Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañihua y kiwicha en Perú. Bioversity International, Roma, Italia. Consultado el 08 de diciembre de 2016. Disponible en: <https://www.ifad.org/documents/10180/89a9296c-701b-4103-ac8d-e0472a734c60>
- Calaveras, J. 2004. Nuevo tratado de Panificación y Bollería. Ed. Mundi Prensa, Madrid.
- Calixto, M. R. & Arnao, I (2004). Modificación enzimática del almidón nativo de *Amaranthus caudatus* Linneo. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú. Consultado el 14 de diciembre de 2016. Disponible en: [http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/rsqp/n1\\_2004/a02.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/rsqp/n1_2004/a02.pdf)
- Caligiuri, G (2014). 28 panini. Per sfamarsi in tutte lingue del mondo. Consultado el 12 de abril de 2016. Disponible en: <http://www.dissapore.com/grande-notizia/panini-famosi-mondo/>
- Callejo, M., 2016. Atributos sensoriales del pan, la importancia de la cata. Universidad Pontificia de Madrid. Madrid, España.
- Callejo, M. J. 2002. Industrias de Cereales y Derivados. Ed. AMV-Mundi-Prensa, Madrid

- CANIMOLT. Cámara Nacional de la Industria Molinera de Trigo (2005). Estructura del grano. Consultado el 06 de febrero de 2017. Disponible en: <http://www.canimolt.org/trigo/estructura-del-grano>.
- Carpenter, R., Lyon, D. & Hasdell, T. 2002. Análisis Sensorial en el desarrollo y Control de la calidad de los alimentos. Editorial Acribia S.A. Zaragoza (España).
- Cantos, I., (2013). Evaluación de la concentración de deoxinivalenol (DON) por cromatografía líquida de alta resolución en una población de líneas mejoradas de trigo (*Triticum aestivum*). Tesis de grado. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador. Consultado el 10 de noviembre de 2016. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2622/1/56T00393.pdf>
- Carrera, M; Galán, V; Gonzales, F; Maroto, J; Navarro, J;... Zaragoza, S (2005). Prontuario de agricultura Cultivos Agrícolas. Madrid, España. Ed. Mundi-Prensa
- Cauvain , S. P., & Young, L. S. (2009). Tecnología de panificación . Sau Paulo-Brasil, Editora Manole.
- Cauvain, S.P.; Young, L.S. 2007. Technology of Breadmaking. Ed. Blackie Academic & Professional, London
- Cerda, L. A. (2010). Estudio de las propiedades funcionales de proteínas de las harinas de maíz (*Zea mays*), cebada (*Hordeum vulgare*), quinoa (*Chenopodium quinoa*), papa (*Solanum tuberosum*), trigo (*Triticum aestivum*) nacional e importado para orientar su uso en panificación y pastas. Pág. 20. Ambato, Ecuador.
- Chagman, G. P. & Zapata, H. (2010). Sustitución Parcial de harina de trigo (*Triticum Aestivum* L) por harina de kiwicha (*Amaranthus Caudatus* L.), usando

el método directo y esponja y masa, en la elaboración de pan. Facultad de Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.

- CODEX STAN 152 (1985). Norma del Codex para la harina De Trigo. Pág. 01
- Coultate, T. P. (2002). Manual de bioquímica de los alimentos. Zaragoza-España, Acribia S.A.
- Cuesta, C., (s.f). Metodología de Superficies de Respuesta, gran alternativa para incrementar la productividad de sus procesos. Centro de ingeniería de la Calidad. Cali, Colombia.
- De Diego, L. (2015). ¿Qué es un panini?. Consultado el 30 de setiembre de 2016 en: <http://www.yaestamosencasita.com/que-es-un-panini/>
- Dendy & Dobraszczyk (2001). Industria de los cereales. Cap. 6. Ed. Acribia. España
- Díaz, R & Hernández, M. (2012). Propiedades reológicas y de textura de formulaciones para panificación con inclusión de quinua. Universidad de Antioquia Medellín, Colombia
- Espinosa, J (2007). Evaluación Sensorial de los Alimentos. Ministerio de Educación Superior. La Habana, Cuba. Ed. Universitario. Pág. 12 al
- Espinoza, C.R. & Quispe, M.A. (2011). Tecnología de Cereales y Leguminosas. Universidad Nacional del Centro del Perú. 1era Ed. Junín, Perú. Consultado el 15 de noviembre de 2016. Disponible en: [http://datateca.unad.edu.co/contenidos/232017/Archivos\\_syllabus/Procesos\\_de\\_cereales.pdf](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/232017/Archivos_syllabus/Procesos_de_cereales.pdf)

- Esteller, M. S., Amaral , R. L., & Lannes, S. S. (2004). Efecto del azúcar y grasa sustitutos de la textura de los productos horneados . Revista de estudios de la textura , 79-98.
- Gallegos A. (2010). SECCIÓN 2: Sistema Nervioso. Capítulo 10. Sistema Somatosensorial. Dentro del libro Fisiología Médica. (Eds.), Xavier G. S., Gritón E. & Prieto B. (Ed.), Intersistemas, S.A. de C.V., México D.F.pp 69-78.
- García, A., Noriega, A., Cortizo, J.L., Sierra, J. M. & Higuera, A. (2010). Diseño de experimentos y su aplicación en la investigación de la predicción del desgaste de recubrimientos Ni-Cr-B-Si. Asociación Española de Ingeniería Mecánica Universidad de Oviedo. España. Pág. 3-4. Consultado el 23 de noviembre de 2016. Disponible en: <http://www.uclm.es/actividades/2010/CongresoIM/pdf/cdarticulos/232.pdf>
- García, D. (2011). “*Desarrollo de un producto de panadería con harina de quinua (Chenopodium quinoa willd)*”. Universidad Nacional de Colombia. Consultado el 28 de abril de 2016 en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/4223/1/107475.2011.pdf>
- García, G., (2012). Texturometría Instrumental: Puesta a punto y aplicación a la Tecnología de Alimentos. Universidad de Oviedo. Oviedo, España. Pág. 10-12.
- Gómez, C. S. (s/f). Apuntes de procesos químicos para ingeniería de sistemas. Consultado el 17 de junio de 2017. Disponible en: <http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/claudiag/DocuIPQ/IPQ%20Balance%20de%20materia%20procesos%20no%20reactivos.pdf>
- Gutiérrez, T., (2016). Análisis Sensorial del pan. Consultado el 23 de octubre de 2016. Disponible en: <https://prezi.com/qkc8vruba1wx/analisis-sensorial-del-pan/>



- Herrera, I., (2007). Obtención de galletas fortificadas con salvado de Quinoa (*Chenopodium quinoa*), Kañiwa (*Chenopodium pallidicaule aellen*) y Kiwicha (*Amaranthus caudatus*)”. Tesis de Post grado. Lima, Perú.
- Herrera, S & Montenegro, A., (2012). El Amaranto: prodigioso alimento para la longevidad y la vida. Universidad de Especialidades Turísticas. Quito, Ecuador. Consultado el 15 de noviembre de 2016.
- Humanes, J.P. (2011). Pastelería y Panadería. Ed. Norma, 2da edición. España, Madrid
- Ibáñez, F & Barcina, Y. (2001). Análisis Sensorial de Alimentos: Métodos y Aplicaciones. Cap. 1. Barcelona, España.
- Industria Alimenticia (2006). Pan Precocido. Consultado el 27 de setiembre de 2016. Disponible en: <http://www.industriaalimenticia.com/articles/85462-pan-precocido>
- INIAP. (2000). Aplicaciones agroindustriales de raíces y tubérculos andinos. Informe técnico de avances. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. Línea de acción 34. Período septiembre 1999 a septiembre 2000. Quito, Ecuador. 8-45 p.
- Instituto de Salud Pública de Chile, ISPOCH (2014). Determinación de Fibra Cruda. Chile. Consultado el 05 de octubre de 2016.
- Instituto de Salud Pública de Chile, ISPOCH (2012). Determinación de Materia Grasa. Chile. Consultado el 05 de octubre de 2016.
- Instituto de Salud Pública de Chile, ISPOCH (2011). Determinación de Ceniza. Chile. Consultado el 05 de octubre de 2016

- Instituto de Salud Pública de Chile, ISPCH (2010). Determinación de Proteínas. Chile. Consultado el 05 de octubre de 2016.
- Instituto de Salud Pública de Chile ISPCH (2009). Determinación de humedad. Chile. Consultado el 05 de octubre de 2016.
- Instituto Nacional de Investigación Agraria INIA (2016). La cañihua, grano andino con gran valor nutricional pero de escaso consumo. Perú. Consultado el 13 de septiembre de 2016. Disponible en: <http://www.andina.com.pe/agencia/noticia-la-canihua-grano-andino-gran-valor-nutricional-pero-escaso-consumo-613821.aspx>
- Kihlberg, I. (2004). Sensory Quality and consumer perception of wheat bread. Thesis. Acta Universitatis Uppsaliensis. Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Social Sciences 139, 86 pp. Uppsala, Sweden. Disponible en: <http://www.molineriaypanaderia.com/tecnica/sensorial-pan>.
- Konopacka, D. & Plochanski, W.J. (2004). Effect of storage conditions on the relationship between apple firmness and texture acceptability. Postharvest Biology and Technology, 5, vol. 32, no. 2, p. 205-211.
- Koo W. (2016). Cañihua Perú Exportación. Perú. Consultado el 14 de septiembre de 2016. Disponible en: <http://www.agrodataperu.com/2016/06/cereales-varios-canihua.html>
- Koo W. (2016). Kiwicha Perú Exportación. Perú. Consultado el 07 de septiembre de 2016. Disponible en: <http://www.agrodataperu.com/2017/01/kiwicha-peru-exportacion-2016-diciembre.html>
- Koo W. (2016). Quinoa Perú Exportación. Perú. Consultado el 07 de septiembre de 2016. Disponible en: <http://www.agrodataperu.com/2017/01/quinoa-peru-exportacion-2016-diciembre.html>

- Koo W. (2016). Trigo Perú Importación Junio 2016. Consultado el 10 de septiembre de 2016. Disponible en: <http://www.agrodataperu.com/2017/01/trigo-los-demas-peru-importacion-2016-diciembre.html>
- Lassoued, N., Delarue, J., Launay, B. & Michon, C. (2008): Baked product texture: Correlations between instrumental and sensory characterization using Flash Profile. *Journal of Cereal Science*, 48 (1), 133-143.
- León, A. M. & Urbina, K. Y. (2015). "Formulación, Evaluación Nutricional y Sensorial del pan de Molde Integral Enriquecido con Quinoa (*Chenopodium Quinoa*), Cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) y Chía (*Salvia hispánica* L.)." Universidad Nacional del Santa. Facultad de Ingeniería Agroindustrial. Nuevo Chimbote • Perú.
- León, J. M. 2003. Cultivo de la quinua en Puno-Perú. Descripción, manejo y producción. Puno, Perú. Consultado el 13 de marzo de 2017. Disponible en: <http://quinua.pe/wp-content/uploads/2014/07/cultivo-quinua-puno-peru.pdf>
- Liria, M. (2007). Guía para la Evaluación Sensorial de Alimentos. AgroSalud. Lima, Perú. Consultado el 07 de octubre de 2016. Disponible en: <http://lac.harvestplus.org/wp-content/uploads/2008/02/Guia-para-la-evaluacion-sensorial-de-alimentos.pdf>
- Madrid, A.; Cenzano, I. 2001. Nuevo Manual de Industrias Alimentarias. Ed. AMV-Mundi Prensa, Madrid
- Matos, A., y Muñoz, K. (2010). Elaboración de pan con sustitución parcial de harina pre cocida de ñuña (*Phaseoleus vulgaris* L.) y tarwi (*Lupinus mutabilis*). *Revista de Investigación en Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 1(1):31-35.

- Mc Carty, D. F., Gallagher, E., Gormley, T., Schober, T. J., & Arendt, E. K. (2005). Aplicación de la metodología de superficie de respuesta en el desarrollo de pan sin gluten . Química del cereal , 609-6015.
- MDRyT & CONACOPROQ (2009). Política Nacional de la Quinoa. La Paz, Bolivia. Pág. 20.
- Medina, P. (2013). Evaluación Sensorial de pan de Pulque. Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro. Coahuila, México. Consultado el 22 de noviembre de 2016. Disponible en: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/532/62679s.pdf?sequence=1>
- Melvin, W. (2002). Nutrición para la salud la condición física y el deporte. Ed. 01. Barcelona, España.
- Mesas, J. & Alegre, M. (2002). Pan y su proceso de elaboración. Ciencia y Tecnología Alimentaria, vol. 3. Sociedad Mexicana de Nutrición y Tecnología de Alimentos. Reynosa, México. Consultado el 16 de septiembre de 2016. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/724/72430508.pdf>
- MINAG (2013). Principales Aspectos de la Cadena Agropecuaria. Lima, Perú. Consultado el 10 de noviembre de 2016. Disponible en: [http://agroaldia.minag.gob.pe/biblioteca/download/pdf/agroeconomia/agroeconomia\\_trigo.pdf](http://agroaldia.minag.gob.pe/biblioteca/download/pdf/agroeconomia/agroeconomia_trigo.pdf)
- Ministerio de Agricultura (2014). Zonas de producción. Consultado el 7 de setiembre de 2016. Disponible en: <http://quinua.pe/quinua-zonas-de-produccion/>
- Miralbés, C. 2000. Enzimas en Panadería. Ed. Montagud, Barcelona

- Monje, J. (2012). Guía Docente. Universidad Pablo Olavide. España.
- Mosquera, Pacheco & Martínez. (2012). Diseño de una línea de producción para la elaboración de pan a partir de la harina de amaranto (*Amaranthus hybridus*) y harina de arroz (*Oryza sativa*) para celíacos. Guayaquil, Ecuador.
- Mujica, A., Izquierdo, J. & Marathee, J. (2001) “Origen y descripción de la quinua”. Lima, Perú. Consultado el 6 de setiembre de 2016. Disponible en <http://www.condesan.org/publicacion/Libro03/cap1.htm#top>
- NTP 206.004.1988. Pan de molde, Pan blanco y pan integral y sus productos tostados
- NTP 205.062.2009. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). Requisitos.
- NTP 205.027.1986. Harina de trigo para consumo doméstico y uso industrial.
- Ozola, L., Straumite, E., & Klava, D. (2011). Extruded maize flour effect in the quality of gluten-free bread. 6th Baltic Conference on Food Science and Technology “Innovations for Food Science and Production” “FOODBALT-2011”, (pp. 131-136). Jelgava.
- Peralta, E, Villacrés E., Mazón N., Murillo A., Rivera M., Subía C. (2008). El ataco, sangorache o amaranto negro (*Amaranthus hybridus* L:) en Ecuador. Publicación Miscelánea No. 143. INIAP. TECNIGRAVA, Quito-Ecuador.
- Pérez, N.; Mayor, G.; Navarro, V.J. 2001. Procesos de Pastelería y Panadería. Ed. Acribia, Zaragoza.
- Programa Desarrollo Rural Sostenible (2005). Manual de Manejo tecnificado del cultivo de trigo en la Sierra. Cajamarca, Perú. Pág.. 02. Consultado el 09 de setiembre de 2016 en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/4223/1/107475.2011.pdf>

- PROINPA (2011). La quinua: cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial. Oficina regional para América Latina y el Caribe. Consultado el 14 de noviembre de 2016. Disponible en: [http://www.fao.org/fileadmin/templates/aiq2013/res/es/cultivo\\_quinua\\_es.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/aiq2013/res/es/cultivo_quinua_es.pdf)
- Pumacahua, A; Lopes, J.F; Telis, J; Motin, I (2013). Estudio del comportamiento de pasta de almidón de quinua (*Chenopodium quinoa* Willdenow) extraído por molienda húmeda. Lima, Perú.
- Quispe, A., (2013). Obtención de la harina de cañihua (mecanicamente). Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú. Consultado el 16 de noviembre de 2016. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/153497147/OBTENCION-DE-LA-HARINA-DE-CANIHUA>
- Reque, J. D. (2007). Estudio de pre-factibilidad para la fabricación de harina de arroz y su utilización en panificación. Tesis-PUCP. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.
- Reyes, M.; Gómez-Sánchez, I.; Espinoza, C.; Bravo, F. & Ganoza, L. (2009). Tabla peruana de Composición de Alimentos. 8va Ed. Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud. Lima, Perú. Consultado el 07 de diciembre de 2016. Disponible en: <http://www.ins.gob.pe/insvirtual/images/otrpubs/pdf/Tabla%20de%20Alimentos.pdf>
- Reyes, Z. L. (2000). Estudio del reciclado de desperdicio en una panificadora industrial. Tesis pre grado. Guatemala, Guatemala.
- Reynoso, L. (2008). Uso de sucedáneos del trigo en la panificación – UNALM. Tabla de Composición de Alimentos Industrializados (2002). Lima – Perú.

- RM N°451-2006/MINSA. Norma sanitaria para la fabricación de alimentos a base de granos y otros, destinados a programas sociales de alimentación. Aprobado el 17 de mayo de 2006. Consultado el 15 de setiembre de 2017. Disponible en: [http://www.digesa.minsa.gob.pe/NormasLegales/Normas/RM\\_451\\_2006\\_modificacion.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/NormasLegales/Normas/RM_451_2006_modificacion.pdf)
- Rojas, W. 2003. Multivariate analysis of genetic diversity of Bolivian quinoa germplasm. Food Reviews International. Vol. 19 (1-2): 9-23.
- Sánchez, T., (2003). Procesos de elaboración de alimentos y bebidas. 1er Ed. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. Pág. 110
- Sancho J., Bota E., De Castro J. (2002) Introducción al Análisis de los Alimentos. Edición de la Universidad de Barcelona. España.
- SENA (2013). Agentes oxidantes. Bogotá, Colombia. Consultado el 20 de noviembre de 2016. Disponible en: <http://grupopanificacion-lagranja.blogspot.pe/2013/02/agentes-oxidantes.html>
- Sierra Exportadora (2013). Kiwicha. Perú. Pág. 6 y 27. Consultado el 10 de septiembre de 2016
- Silveira, M., & Salas, M. (2013). Pan formulado con adición de harina de chía. (Tesis de pregrado). Universidad Federal de Rio Grande. Rio Grande-Brasil.
- Siqueiros, A., (2004). Aplicación de la Metodología de Superficies de Respuesta para el Mejoramiento de la Calidad del Aceite de Soya. División de Ciencias Exactas y Naturales Departamento de Matemáticas. Universidad de Sonora. Consultado el 23 de noviembre de 2016. Disponible en: <http://lic.mat.uson.mx/tesis/122TesisAlejandraSiq.PDF>

- STPS. Secretaria del Trabajo y Prevención Social (2012). Elaboración de productos de panadería. Practicas Seguras en el Sector Agroindustrial. 1era Ed. México, México. Consultado el 6 de agosto de 2017. Disponible en: [http://www.stps.gob.mx/bp/secciones/dgsst/publicaciones/prac\\_seg/prac\\_chap/PS-Productos-de-panaderia.pdf](http://www.stps.gob.mx/bp/secciones/dgsst/publicaciones/prac_seg/prac_chap/PS-Productos-de-panaderia.pdf)
- Szczesniak, A., (2002). Texture is a sensory property. Food Quality and Preference. Pág. 215-225
- Tapia, M. y Fries, M. (2007). Guía de campo de los cultivos andinos. 1era Ed. Lima, Perú. Consultado el 6 de setiembre de 2016. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/010/ai185s/ai185s.pdf>
- Tapia, M. (2000). Agronomía de los Cultivos Andinos. Santiago de Chile. Chile. Consultado el 10 de setiembre de 2016. Disponible en: <http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro10/home10.htm>
- Thompson, J. (2014). Guía de laboratorio fisicoquímica: Análisis de harinas y pan. Centro Nacional de Hotelería, Turismo y Alimentos. Bogotá, Colombia. Consultado el 26 de setiembre de 2016. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/245061724/Control-Fisicoquimico-Harina-de-Trigo-y-Analisis-Del-Pan>
- Tinoco, M (2007). Influencia del Envasado sobre la Vida Útil del Pan Precocido. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Tesis de Grado. Guayaquil, Ecuador. Consultado el 04 de enero de 2017.
- Torricela, R., Zamora, E. & Pulido, H., (2007). Evaluación Sensorial: Aplicada a la investigación, desarrollo y control de la calidad en la Industria Alimentaria. Ministerio de Educación Superior. La Habana, Cuba. Ed. Universitaria. Pág. 72



- Vázquez, F.; Verdú, S.; Islas, A. R.; Barat, J. M. & Grau, M. Efecto de la sustitución de harina de trigo con harina de quinoa (*Chenopodium quinoa*) sobre las propiedades reológicas de la masa y texturales del pan. Revista Iberoamericana de Tecnología Post cosecha Hermosillo México.
- Vázquez, G. & Matos, A., (2009). Evaluación de algunas características fisicoquímicas de harina de trigo peruano en función a su calidad panadera. Universidad Peruana Union. Lima, Perú. Consultado el 04 de octubre de 2016.
- Vega, J (2014). Determinación de la textura. Pág. 4-5. Chimbote, Perú. Consultado el 27 de octubre de 2016. Disponible en: <http://es.slideshare.net/vegabner/determinacin-de-la-textura>
- Vergara S. (2015). Quinoa peruana, “Grano de Oro” que va ganando el paladar del mundo. 1era Ed. Red Libre. Trujillo, Perú. Consultado el 07 de septiembre de 2016.
- Yzarra, W. J. & López, F. M. (2011). Manual de Observaciones Fenológicas. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. Lima, Perú. Consultado el 07 de febrero de 2017. Disponible en: [http://www.senamhi.gob.pe/pdf/estudios/manual\\_fenologico.pdf](http://www.senamhi.gob.pe/pdf/estudios/manual_fenologico.pdf)
- Zumarán, O. R. & Yglesias, L. A. (2013). “Optimización de las características físicas, nutritivas y sensoriales del pan elaborado con peladilla de esparrago, kiwicha y trigo”. Consultado el 01 de marzo de 2017. Disponible en: <http://pg.unitru.edu.pe/images/jornada/anteriores/2012-1/Area-B/rzumaran.pdf>
- Zúñiga, J. (2007). Trigo Blanco: Valor nutricional y potencial. Temuco, Chile. Pág. 26 y 27. Consultado el 09 de septiembre de 2016. Disponible en: <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/ta/NR34251.pdf>

## **VIII. Glosario**

### **1. Óptimo:**

Extraordinariamente bueno o el mejor, especialmente en lo que se refiere a las condiciones o características de un alimento, por lo cual resulta difícil o imposible encontrar algo más adecuado.

### **2. Sustitución:**

Reemplazo de un porcentaje o completo de materia prima o insumos, cumpliendo igual o similar función.

### **3. Mezcla óptima:**

Agregación de varias sustancias imposible de ser cambiado o modificado por otros insumos, sin que se produzca como consecuencia de ésta una reacción química.

### **4. Pan optimizado:**

Producto que llega a la situación óptima dando y cumpliendo con los mejores resultados posibles.

### **5. Pseudocereales**

Son plantas de hoja ancha que son usadas de la misma manera que los cereales. Su semilla puede ser molida para convertirla en harina. No contiene gluten.

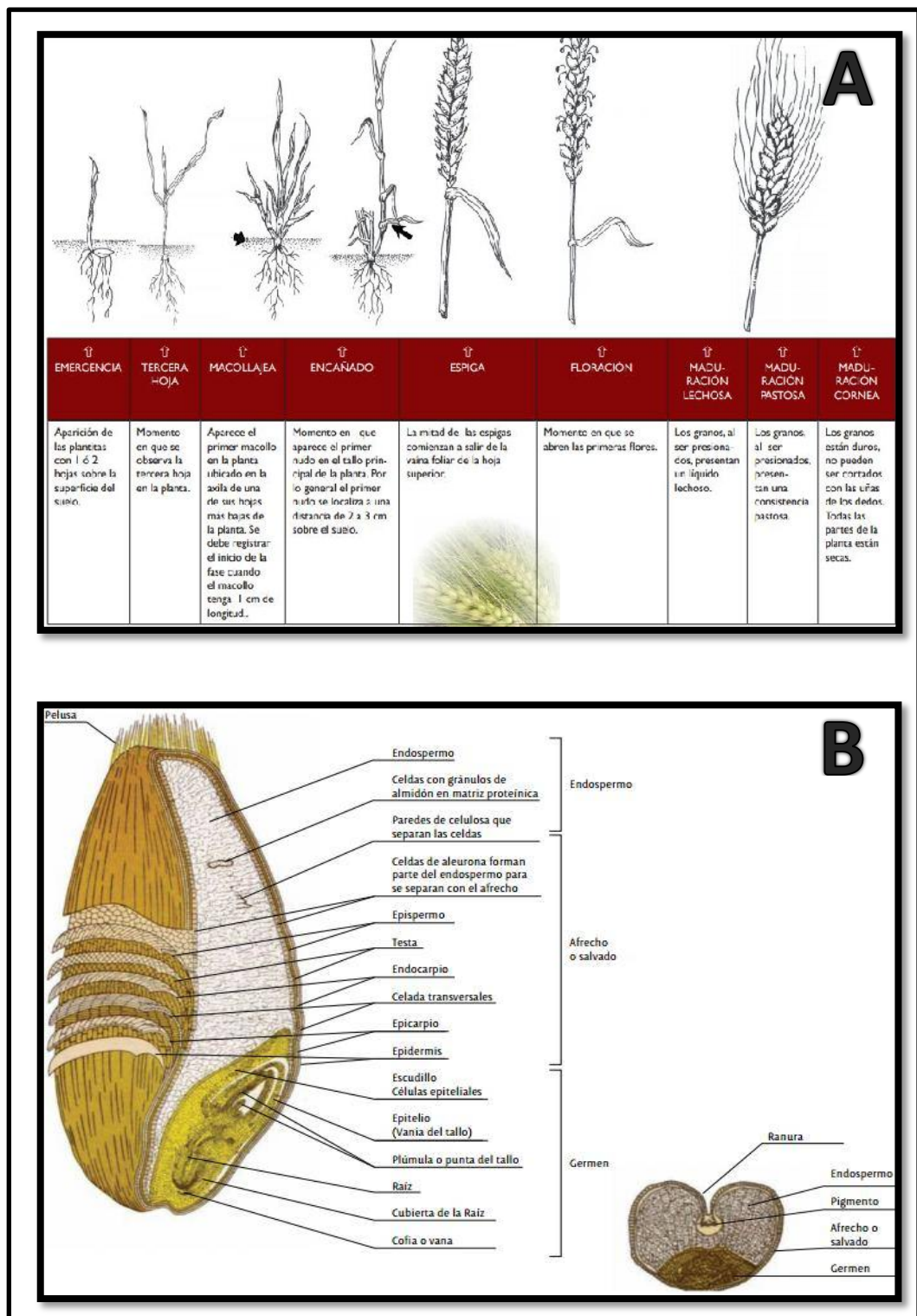
### **6. Aceptación Sensorial**

Aprobación de un grupo de consumidores sobre las características sensoriales de un determinado producto.

### **7. Texturómetro**

Equipo diseñado para medir la textura instrumental de los alimentos determinando sus propiedades mecánicas como elasticidad, dureza, cohesividad, gomosidad, etc.

# ANEXO



## Anexo 01: Morfología del Trigo

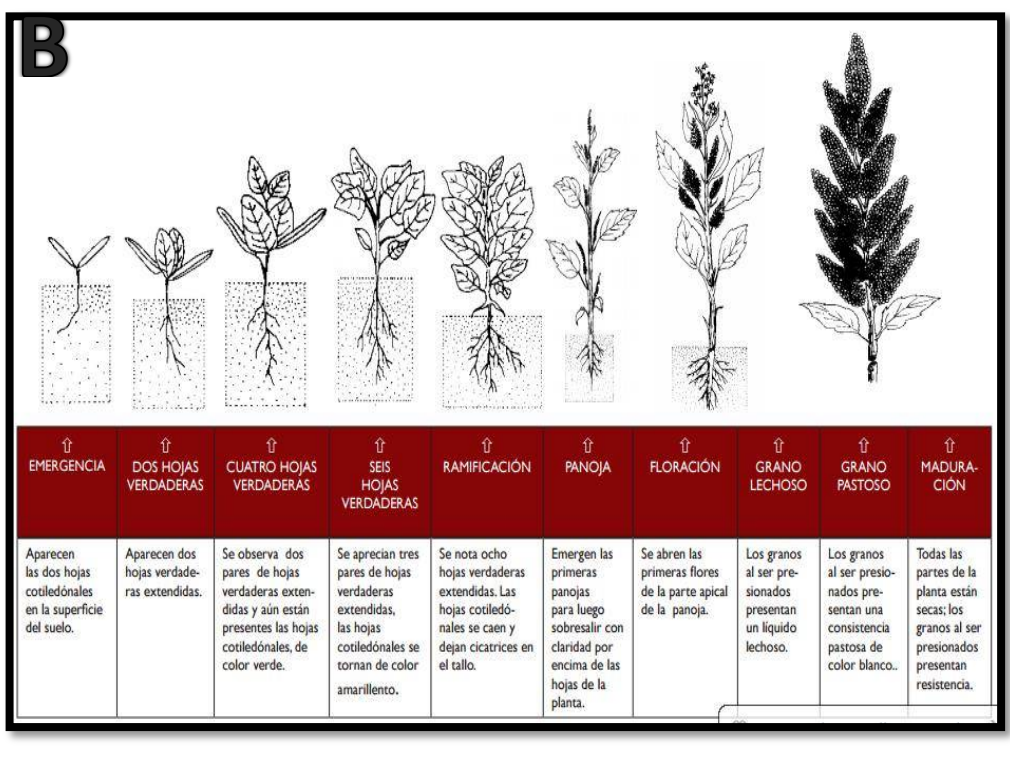
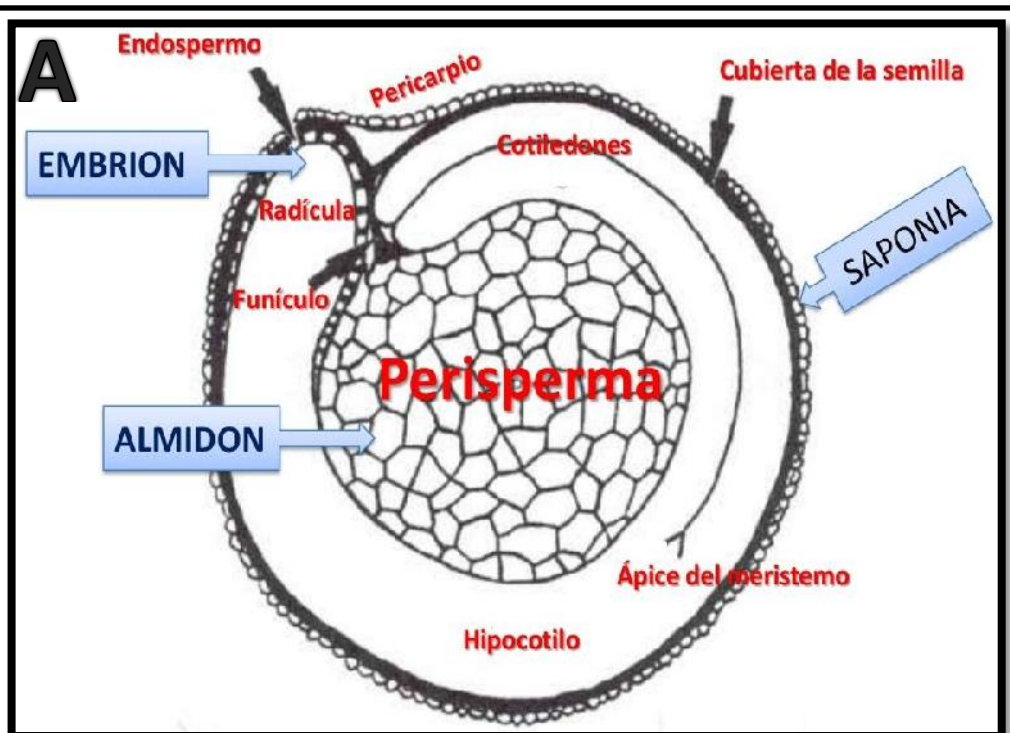
**A:** Fenología del grano de trigo. **B:** Estructura de un grano de trigo

**Fuente:** CANIMOLT (2005)

### APÉNDICE

En los casos en que figure más de un límite de factor y/o método de análisis se recomienda encarecidamente a los usuarios que especifiquen el límite y método de análisis apropiados.

Factor/Descripción	Límite	Método de análisis
<b>CENIZA</b>	A gusto del comprador	AOAC 923.03 ISO 2171:1980 Método ICC No. 104/1 (1990)
<b>ACIDEZ DE LA GRASA</b>	Máx. 70 mg por 100 g de harina respecto a la materia seca expresada como ácido sulfúrico - 0 - Se necesitará no más de 50 mg de hidróxido de potasio para neutralizar los ácidos grasos libres en 100 gramos de harina, respecto a la materia seca	Método ISO 7305 (1986) - 0 - AOAC 939.05
<b>PROTEÍNA (N x 5,7)</b>	Min. 7,0 % referido al peso del producto seco	ICC 105/1 - Método de determinación de la proteína bruta en cereales y productos a base de cereales para alimentos de consumo humano y piensos, utilizando catalizador de selenio/cobre (Método del Tipo I) - 0 - ISO 1871:1975
<b>SUSTANCIAS NUTRITIVAS</b> ■ vitaminas ■ minerales ■ aminoácidos	De conformidad con la legislación del país en que se vende el producto	No se ha definido ningún método
<b>TAMAÑO DE LAS PARTÍCULAS (GRANULOSIDAD)</b>	El 98 % o más de la harina deberá pasar a través de un tamiz (No. 70) de 212 micras	AOAC 965.22

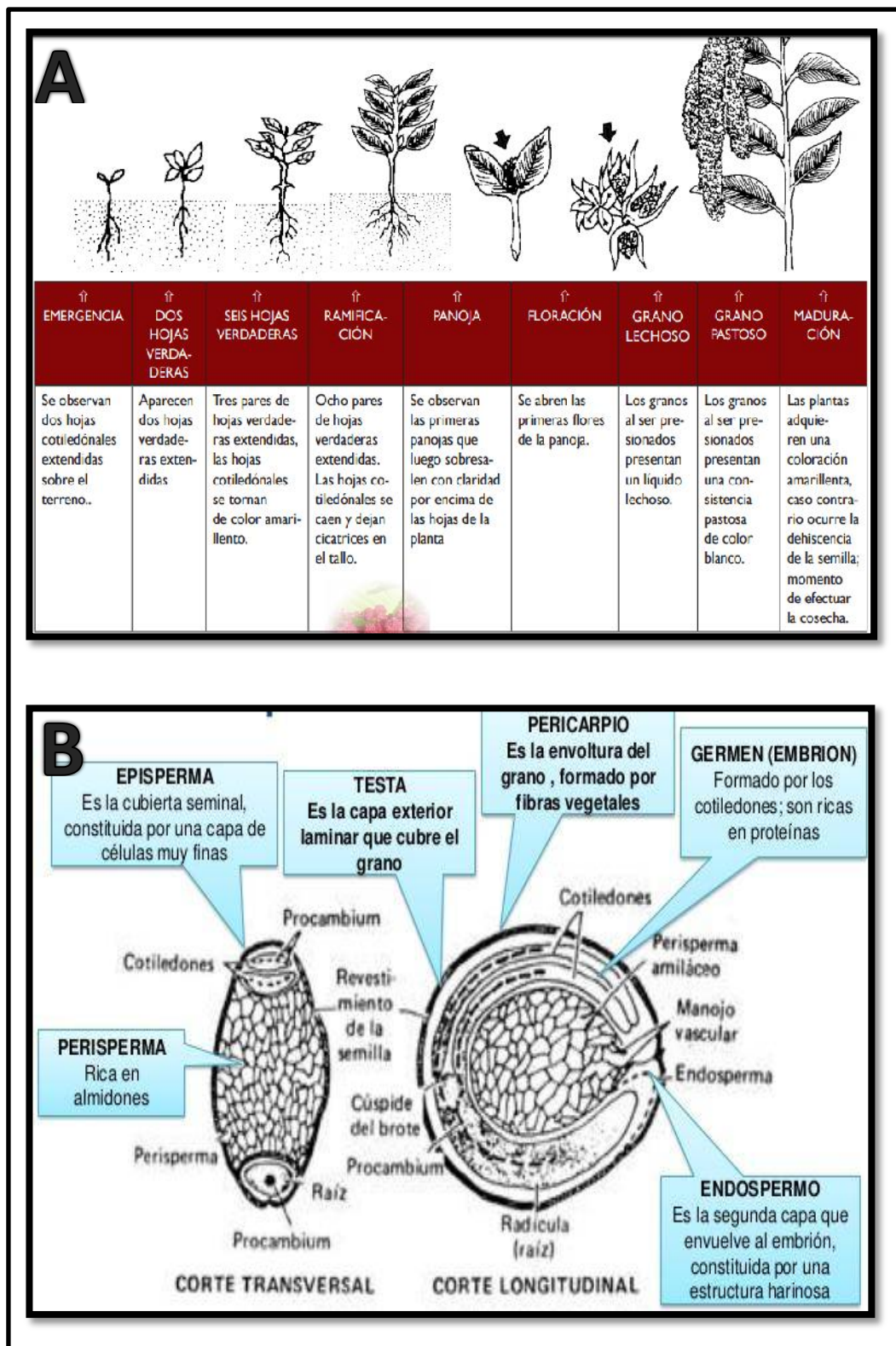


### Anexo 03: Morfología de la quinua

**A:** Estructura del grano de quinua. **B:** Fenología del cultivo de quinua.

**Fuente:** Yzarra & López (2011)

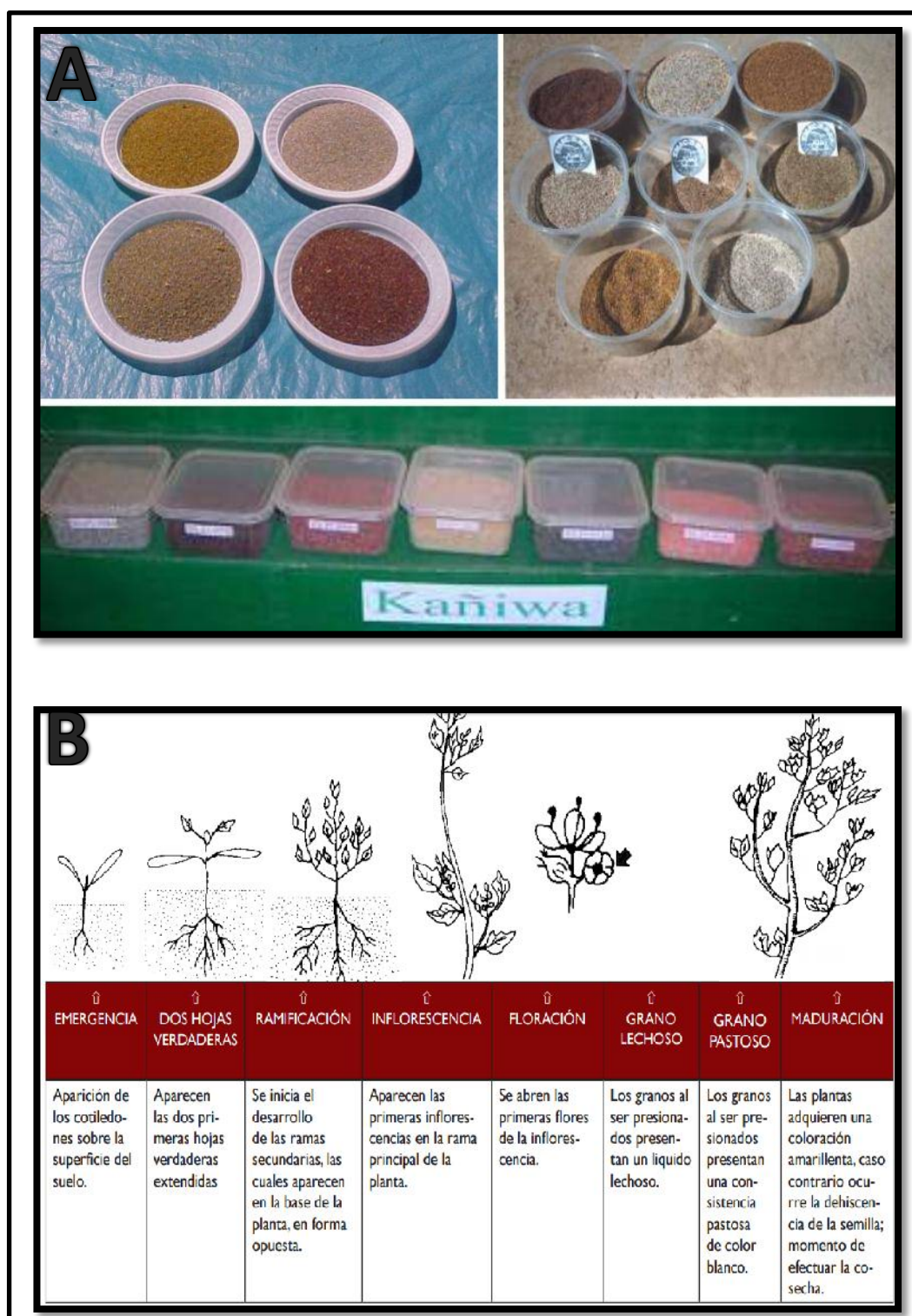




#### Anexo 04: Morfología de la kiwicha

**A:** Fenología del cultivo de kiwicha. **B:** Estructura del grano de kiwicha

**Fuente:** Fuente: Yzarra & López (2011)






#### Anexo 05: Morfología de la cañihua

**A:** Variedades de colores del grano de cañihua **B:** Fenología del cultivo de cañihua.

**Fuente:** Yzarra & López (2011)



			
<b>DONER KEBAB</b> Origen: Turquía	<b>DONER KEBAB</b> Origen: Australia	<b>CEMITA</b> Origen: México	<b>BÀNH MÌ</b> Origen: Vietnam
			
<b>LEBERKÄS SEMMEL</b> Origen: Alemania	<b>CHIP BUTTY</b> Origen: Inglaterra	<b>PB AND J</b> Origen: USA	<b>BROODJE KROKET</b> Origen: Holanda
			
<b>VADA PAV</b> Origen: India	<b>VESUBIO</b> Origen: Perú	<b>ZAPIEKANKA</b> Origen: Polonia	<b>ROTI JOHN</b> Origen: Malasia

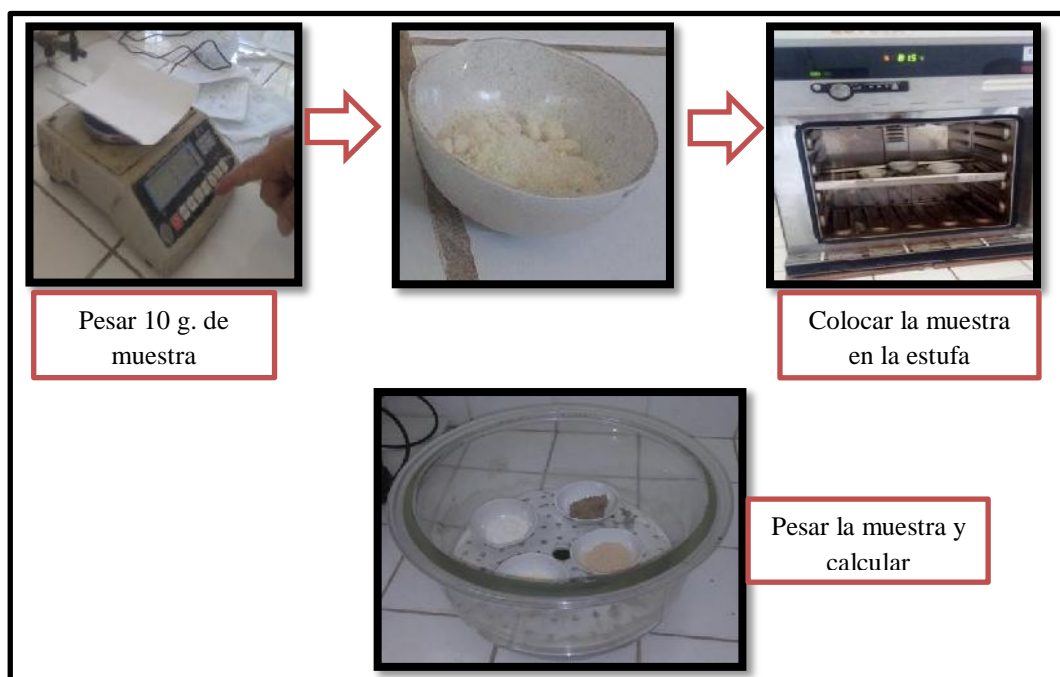
**Anexo 06: Variedades de Panini en el mundo.**  
Fuente Elaboración propia, basado en Caligiuri (2014)

**Anexo 07: Formulación de diversos tipos de panes**

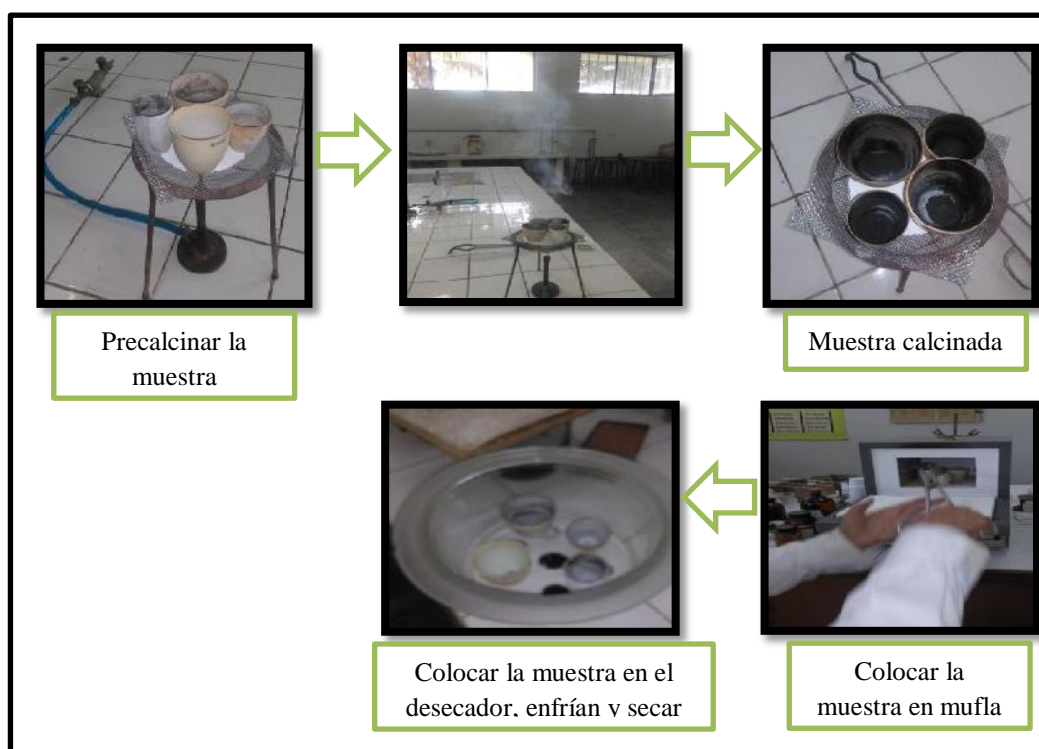
<b>Unidad</b>	<b>Materia prima</b>	<b>Panini</b>	<b>Cachito</b>	<b>Ciabata</b>	<b>Baguetino</b>	<b>Total teórico</b>
<b>Kg</b>	Harina especial Cogorno	0,000	21,000	44,400	0,000	65,40
<b>Kg</b>	Mejorador M44	0,528	0,126	0,264	0,000	0,92
<b>Kg</b>	Sal	2,624	0,316	0,888	0,000	3,83
<b>Kg</b>	Manteca Famosa	2,624	0,000	0,000	0,000	2,62
<b>Kg</b>	Azúcar blanca	2,624	3,150	0,000	0,000	5,77
<b>Kg</b>	Levadura instantánea Ojkedo	0,784	0,168	0,267	0,000	1,22
<b>Kg</b>	Propionato de calcio	0,784	0,106	0,177	0,000	1,07
<b>Kg</b>	Leche descremada	0,000	0,630	0,000	0,000	0,63
<b>Kg</b>	Margarita multiusos	0,000	1,260	0,000	0,000	1,26
<b>Kg</b>	Margarita Hojaldre	0,000	5,040	0,000	0,000	5,04
<b>Kg</b>	Ácido ascórbico	0,045	0,006	0,009	0,000	0,06
<b>Lt</b>	Shel Life	0,800	0,100	0,150	0,000	1,050
<b>Kg</b>	Desmoldante Dubor	0,800	0,100	0,150	0,000	1,05
<b>Kg</b>	Harina Nicolini	54,464	4,830	10,500	0,000	69,79
<b>Kg</b>	Levadura fresca	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00
<b>Kg</b>	Gluten de trigo	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00
<b>Lt</b>	Aceite vegetal	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00

**Fuente:** Comunicación vía email, recibido por el supervisor del Área de Calidad de la empresa que facilitó la información el día 01 de enero de 2017

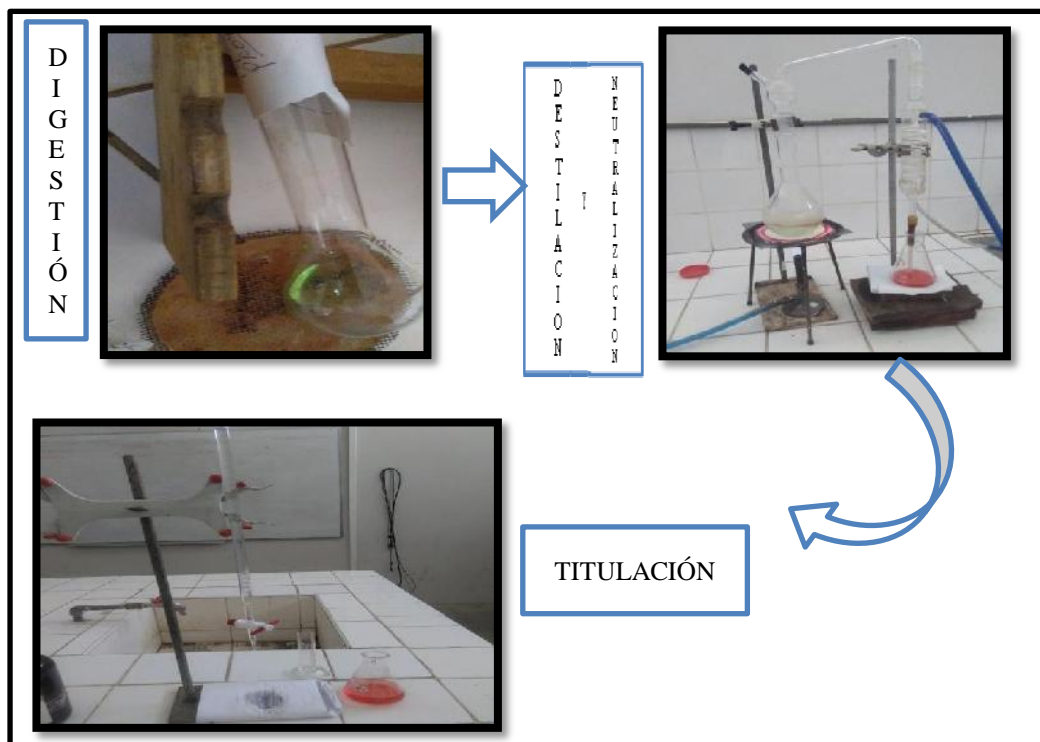
**Anexo 08: Secuencia fotográfica de la realización de los análisis fisicoquímicos en las harinas (quinua, kiwicha, cañihua y trigo), pan optimizado y pan patrón Panini**



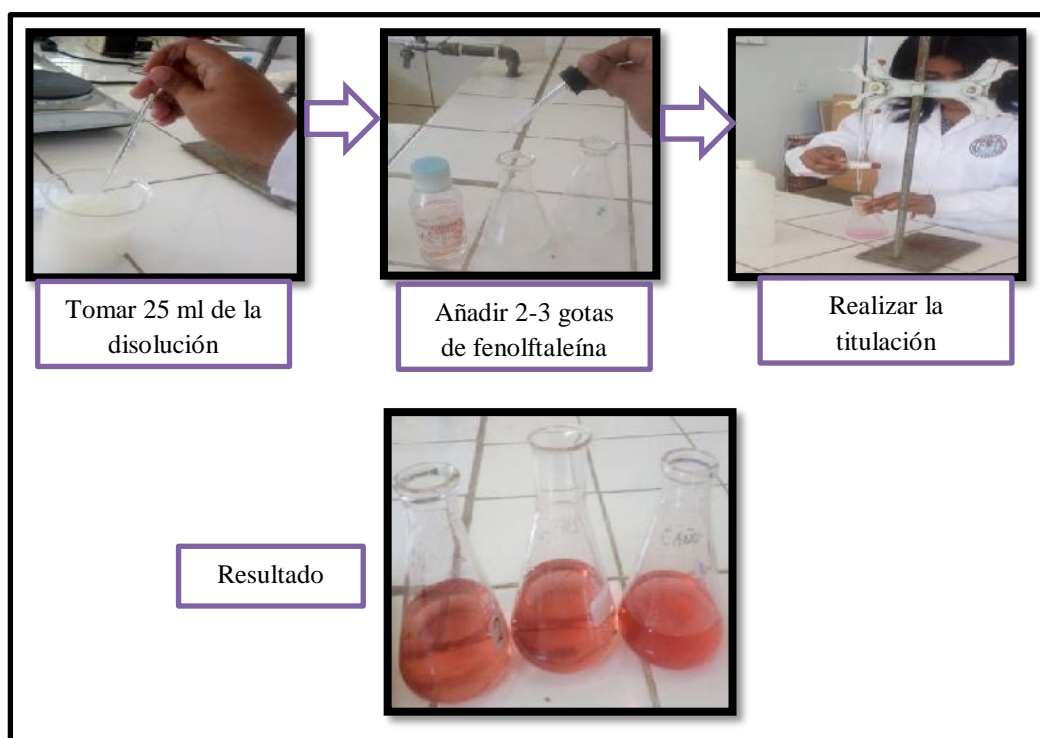
**Anexo 08A: Determinación de humedad en harinas de quinua, kiwicha, cañihua y trigo.**  
Fuente: Elaboración propia-2017



**Anexo 08B: Determinación de cenizas en harinas de quinua, kiwicha, cañihua y trigo.**  
Fuente: Elaboración propia-2017



**Anexo 08C: Determinación de proteínas en harinas de quinua, kiwicha, cañihua y trigo.**  
**Fuente: Elaboración propia-2017**



**Anexo 08D: Determinación de acidez en harinas de quinua, kiwicha, cañihua y trigo.**  
**Fuente: Elaboración propia-2017**

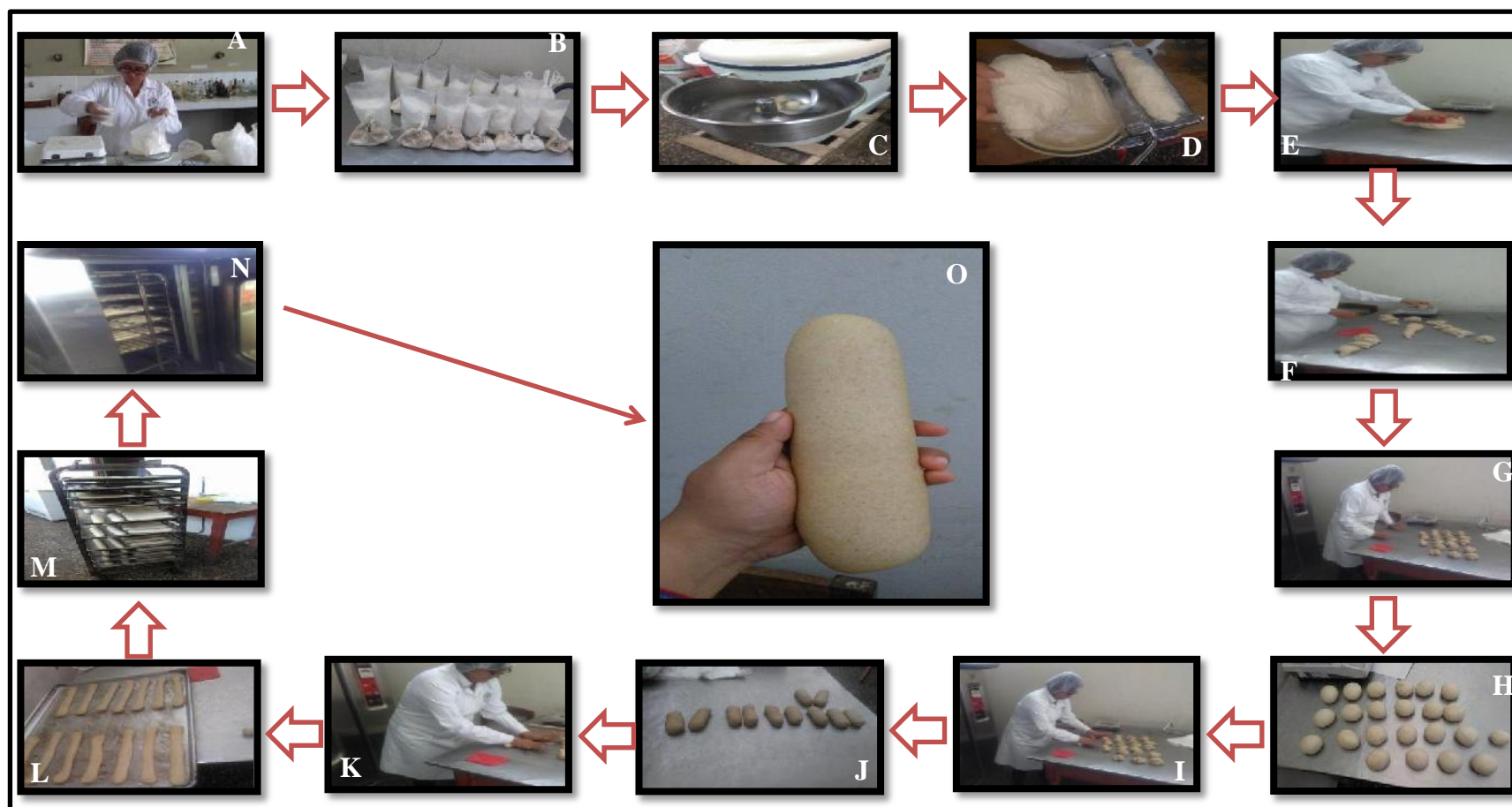


**Anexo 09: Materia prima, insumos e ingredientes utilizados en la elaboración de pan Panini precocido.**

**A:** Harina de trigo Nicolini especial. **B:** Harina de quinua “Renacer”. **C:** Harina de kiwicha “La Salud”. **D:** Harina de cañihua “La Salud”. **E:** Levadura instantánea “Okedo”. **F:** Azúcar blanca “Bell’s”. **G:** Sal yodada “Marina”. **H:** Propionato de calcio “Fleischmann”. **I:** Leche en polvo “Anchor”

**Fuente:** Elaboración propia-2017





#### Anexo 10: Proceso de elaboración del pan Panini precocido

**A:** Pesado de materia prima, ingredientes e insumos. **B:** Pesado según el tratamiento. **C:** Amasado. **D:** Laminado. **E:** Cortado de masa. **F:** Pesado de masa. **G:** Boleado. **H:** Resultado del boleado. **I:** Primer moldeado. **J:** Resultado del primer moldeado. **K:** Segundo moldeado. **L:** Resultado del segundo moldeado. **M:** Colocación de la masa moldeada en las bandejas. **N:** Horneado. **O:** Pan Panini precocido.

**Fuente:** Elaboración propia-2017

### Anexo 11: Ficha técnica del pan Panini precocido.

	<p>FICHA DE PRODUCTO</p> <p><b>PAN PANINI</b></p>	<p><b>Código: BSA-GID-FP-034</b></p> <p>Revisión 02</p> <p>Fecha: 23-06-2015</p> <p>Página 158 de 195</p>
--	---	---

Nombre del Producto	PAN PANINI							
Descripción	<sup>(1)</sup> Pan Pre cocido, de corteza y miga suave, de forma alargada. . Producto final sujeto a pérdida de humedad. <sup>(2)</sup> No Contiene Bromato de potasio Este producto ha sido elaborado en una planta que procesa productos que contienen soya y derivados, huevo y derivados, ajonjolí y castañas.							
Composición	<b>Harina de trigo fortificada</b> (Hierro, Vitaminas B1, B2, B3 y Ácido fólico), Agua, Mejorador (Mezcla de enzimas, ácido ascórbico (SIN 300) y azodicarbonamida (SIN 927a)), Sal yodada, Manteca vegetal, Azúcar Blanca, Levadura y Conservante (SIN 282).							
	<sup>(5)</sup> Características Físicas							
	Olor		Característico					
	Sabor		Característico					
	Aroma		Característico					
	Color de Miga		Blanca					
	Textura de Corteza Superficial		Seca al tacto, Suave					
	Textura de Miga		Suave, esponjoso a presión externa, húmedo en boca					
	Peso x unidad (g)		75 g ± 5 g					
	Largo (cm)		20 cm ± 1.5 cm					
	Ancho (cm)		5.5 cm ± 1.5 cm					
	Altura (cm)		3.5 cm ± 1.5 cm					
	<b>Porcentaje máximo de bolsas admitidas por defectos físicos</b>		<b>5%</b>					
			<b>Máximo</b>		<b>Mínimo</b>			
	<b>Peso x unidad (g)</b>	75 ± 8	83	67				
	<b>Largo (cm)</b>	20 ± 2	22	18				
	<b>Ancho (cm)</b>	5.5 ± 2	7.5	3.5				
	<b>Altura (cm)</b>	3.5 ± 2	5.5	1.5				
	<sup>(4)</sup> Características Químicas							
	Humedad		23% – 35%					
	Acidez (Expresada en ácido sulfúrico)		No más bajo del 0.25% calculada sobre la base de 30% de agua					
	<sup>(4)</sup> Características Microbiológicas							
	Agentes microbianos		Categoría	Clases	n	c	Límite por g	
							m	M
	Mohos (UFC/g.)		2	3	5	2	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>
<i>Escherichia coli</i> (UFC/g.)		6	3	5	1	3	20	
<i>Staphylococcus</i>		8	3	5	1	10	10 <sup>2</sup>	

	<i>aureus</i> (UFC/g.)						
	<i>Salmonella sp</i> (UFC/g.)	10	2	5	0	Ausencia/25g	----
Tolerancia de materia extraña	0%						
Tratamiento de Conservación	Cocción (Horneado), adición de conservante químico (SIN 282).						
Uso Previsto	Listo para ser consumido. En caso de no consumir en su totalidad, guardar el saldo en su respectiva bolsa y atarlo. Para consumo del público en general.						
Modo de uso	A temperatura ambiente: Calentar el horno entre 160 - 170°C. Sacar los panes del envase. Calentar durante 1 Minutos.						
Presentación Y Características De Envases Y Embalajes	Producto Envasado En Formato de 450g aprox.						
	Presentación	Envase Primario	Envase Secundario		Embalaje		
	Bolsa x 6 unid	Bolsa De Polipropileno	N.A		Bandeja de polipropileno		
Condiciones de Almacenamiento y Distribución	<p>- Almacenar en lugares cerrados a una T&lt;25°C y Humedad Relativa &lt;85% Se recomienda no almacenar en lugares húmedos, ni exponer (directa, ni indirectamente) a los rayos solares ni olores fuertes si es a temperatura ambiente.</p> <p>Transporte: Vehículos cerrados y limpios.</p>						
Vida Útil del Producto	7 días a partir de la fecha de fabricación en condiciones normales de almacenamiento, temperatura ambiental a 25 °C y una humedad relativa de 85%.						
Contenido de la Etiqueta	<sup>(5)</sup> Información detallada en el empaque						
	• Nombre del producto			• Condiciones de conservación			
	• Razón social del fabricante			• Fecha de Producción / Lote			
	• Dirección y teléfono			• Fecha de vencimiento			
	• Peso neto			• Declaración de ingredientes e insumos			
	• Registro sanitario			• Contenido de alérgenos			
<p>REFERENCIAS NORMATIVAS Y BIBLIOGRAFICAS</p> <p>(1) NTP 206.004.1988, Pan de molde, Pan blanco y pan integral y sus productos tostados.</p> <p>(2) RM N°1608-2002-SA Declaran al Aditivo Bromato de Potasio como Inapto para Consumo Humano</p> <p>(3) Organización Panamericana de la Salud: Grupo de Trabajo de las OPS/OMS Conclusiones y Recomendaciones. 26 y27 abril del 2007</p> <p>(4) Norma Interna de Barletta S. A.</p> <p>(5) RM N° 1020-2010/MINSA Norma Sanitaria para la Fabricación, Elaboración y Expendio de Productos de Panificación, Galletería y Pastelería.</p> <p>(6) NTP 209.038.2009 Alimentos Envasados. Rotulado.</p>							

**Fuente:** Comunicación vía email, recibido por el supervisor del Área de Calidad de la empresa que facilitó la información el día 01 de enero de 2017.



**Anexo 12: Formato de evaluación final para la evaluación del pan Panini precocido sustituido.**

**NOMBRE:** \_\_\_\_\_ **Fecha:** \_\_\_\_\_

**ATRIBUTO A ANALIZAR:**

**PRUEBA SENSORIAL: ESCALA HEDÓNICA**

Me disgusta extremadamente						
Me disgusta mucho						
Me disgusta moderadamente						
Me disgusta levemente						
No me disgusta ni me gusta						
Me gusta levemente						
Me gusta moderadamente						
Me gusta mucho						
Me gusta extremadamente						

**Observaciones**

---

---

---

---

---

**Fuente: Elaboración propia-2017**

**Anexo 13: Codificación de cada tratamiento según el diseño Box Benhken**

Codificación	Niveles de sustitución		
	Quinua	Kiwicha	Cañihua
7786	9%	9%	1.5%
7729	9%	3%	1.5%
5579	3%	9%	1.5%
2867	3%	3%	1.5%
0680	9%	6%	2%
6750	9%	6%	1%
7015	3%	6%	2%
4680	3%	6%	1%
6610	6%	9%	2%
9926	6%	9%	1%
5797	6%	3%	2%
7649	6%	3%	1%
7073	6%	6%	1.5%
8152	0%	0%	0%

**Fuente: Elaboración propia-2017**

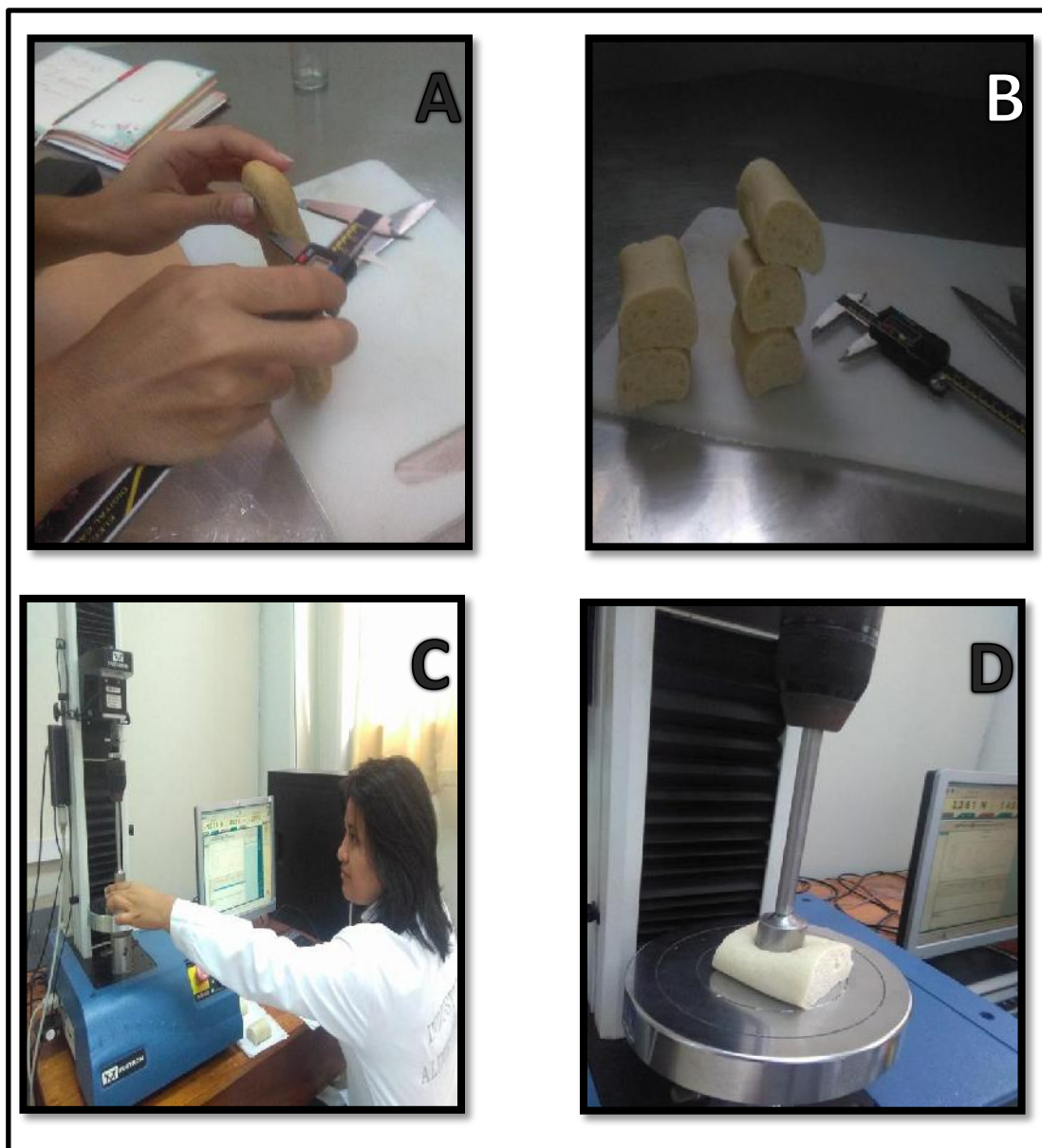


**Anexo 14: Secuencia fotográfica de la evaluación final del pan Panini precocido**  
**Fuente: Elaboración propia-2017**

**Anexo 15: Puntaje de cada panelista para los atributos textura, sabor, olor y color**

Panelista	Atributo	Muestra													
		7786	7729	5579	2867	680	6750	7015	4680	6610	9926	5797	7649	7073	8152
Mauricio	Textura	7	8	5	5	4	5	4	5	3	3	3	4	4	7
	Sabor	7	7	4	4	6	5	4	7	7	3	5	3	5	8
	Olor	6	6	6	5	4	4	4	6	4	6	4	5	5	9
	Color	7	6	3	4	5	4	3	4	3	5	2	3	4	9
Marco	Textura	7	6	5	2	5	3	4	4	5	3	4	4	5	8
	Sabor	6	6	2	5	6	5	7	7	6	4	3	2	3	8
	Olor	8	8	6	4	6	5	5	3	4	6	3	3	3	8
	Color	7	5	4	3	5	5	4	3	4	3	4	5	5	8
Vicente	Textura	6	7	5	4	3	3	3	6	3	4	5	3	4	8
	Sabor	6	7	3	4	6	5	7	6	6	3	5	5	6	8
	Olor	6	7	6	3	6	6	3	3	3	5	4	3	4	7
	Color	6	7	3	2	5	5	3	4	4	5	3	5	4	8
Sandra	Textura	6	7	5	5	3	5	5	4	4	5	4	5	3	8
	Sabor	8	7	3	4	6	4	4	6	6	5	3	3	5	7
	Olor	8	6	6	4	4	5	3	4	3	5	4	3	3	6
	Color	5	7	4	4	6	5	3	4	6	3	5	4	4	9
Ximena	Textura	7	7	5	5	3	4	4	5	4	3	3	5	6	8
	Sabor	8	8	4	5	6	3	4	6	6	5	4	3	5	8
	Olor	6	7	5	5	4	5	3	4	3	4	4	5	4	7
	Color	7	6	5	2	4	4	4	3	3	5	4	4	2	9
Cristina	Textura	6	7	4	4	3	5	4	6	2	5	4	5	4	9
	Sabor	7	7	5	4	4	5	4	6	5	3	3	4	3	7
	Olor	6	6	7	5	4	3	3	4	4	5	4	4	4	6
	Color	5	7	2	3	5	4	2	4	4	5	5	5	4	9
Diana	Textura	7	6	3	4	3	3	4	5	3	4	5	5	4	8
	Sabor	6	7	2	6	5	3	7	4	5	5	4	4	3	7
	Olor	7	8	4	5	4	4	3	5	5	6	5	5	4	8
	Color	7	7	4	3	4	2	4	4	3	4	4	3	5	8
Germán	Textura	7	7	3	4	3	3	6	4	4	3	3	3	4	9
	Sabor	8	6	3	5	5	6	5	7	6	3	3	4	4	8
	Olor	7	8	6	4	4	5	3	4	4	4	6	5	4	8
	Color	5	5	3	4	3	4	5	6	4	3	4	3	5	8

**Fuente: Elaboración propia-2017**



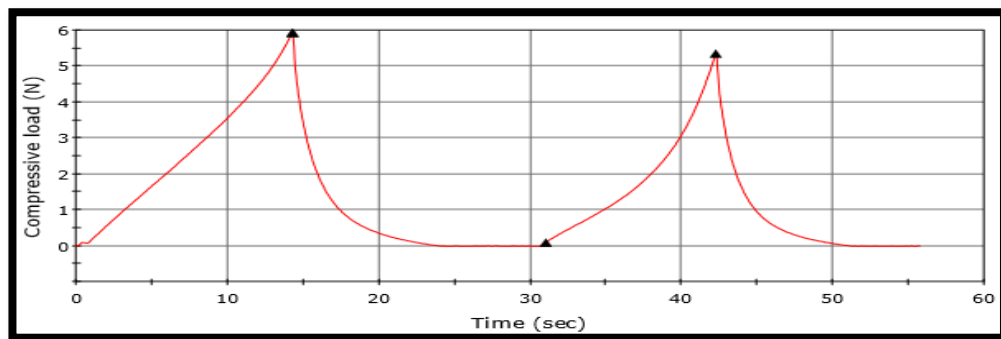
**Anexo 16: Pasos para la determinación de la textura instrumental de los tratamientos.**

**A:** Medida de altura de cada tratamiento. **B:** Corte en pedazos de 6 a 7 cm de largo. **C:** Colocación del trozo de pan en el Texturómetro. **D:** Compresión-descompresión del trozo de pan en el Texturómetro.

**Fuente:** Elaboración propia-2017

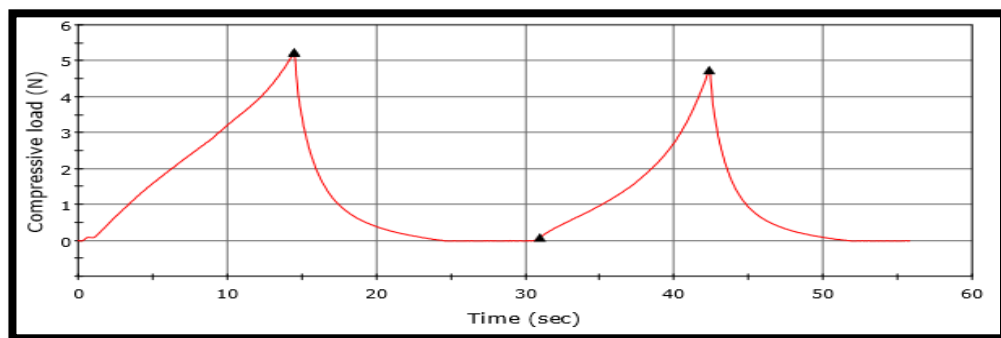
**Anexo 17: Gráficos de compresión vs tiempo de los 15 tratamientos y el pan patrón con su respectiva replica.**

**Gráfico 05: Carga de compresión vs tiempo del pan patrón.**



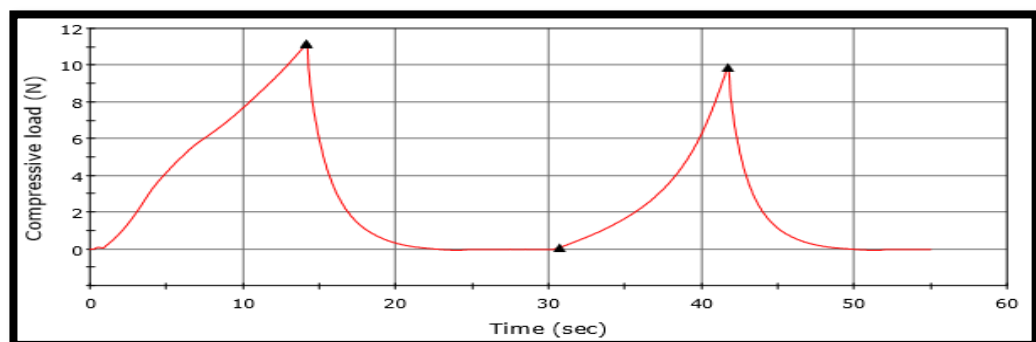
**Fuente: Elaboración propia-2017**

**Gráfico 06: Replica carga de compresión vs tiempo del pan patrón.**



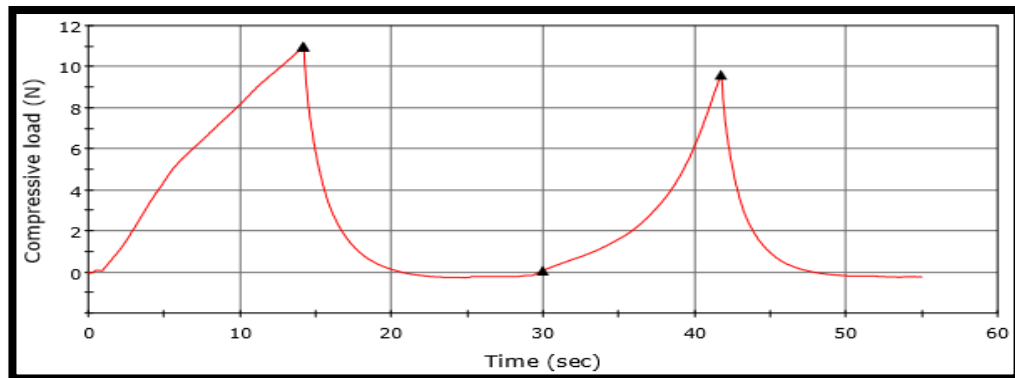
**Fuente: Elaboración propia-2017**

**Gráfico 07: Carga de compresión vs tiempo del pan Panini tratamiento 1**



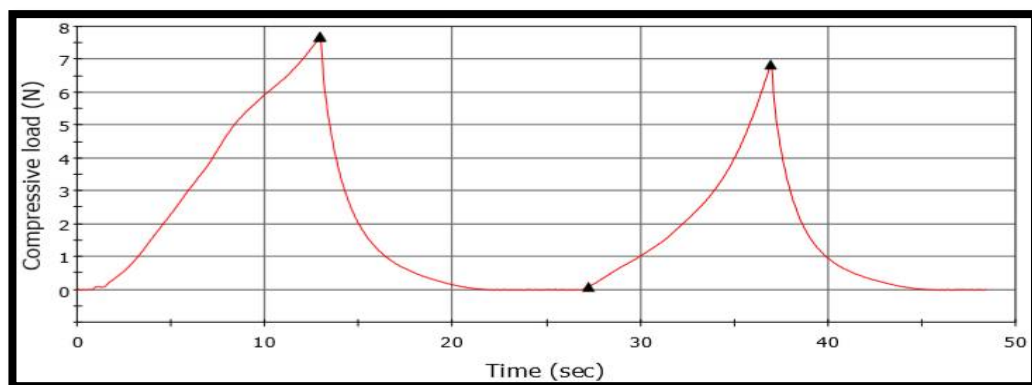
**Fuente: Elaboración propia-2017**

**Gráfico 08: Replica carga de compresión vs tiempo del pan Panini tratamiento 1**



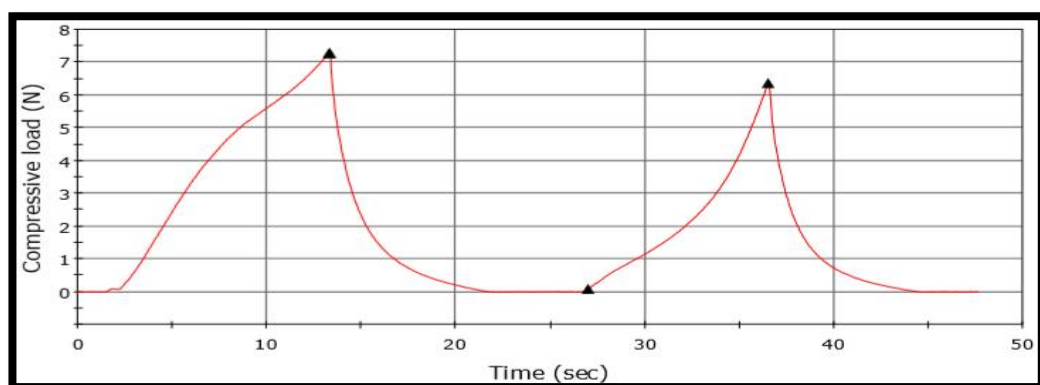
**Fuente: Elaboración propia-2017**

**Gráfico 09: Carga de compresión vs tiempo del pan Panini tratamiento 2**



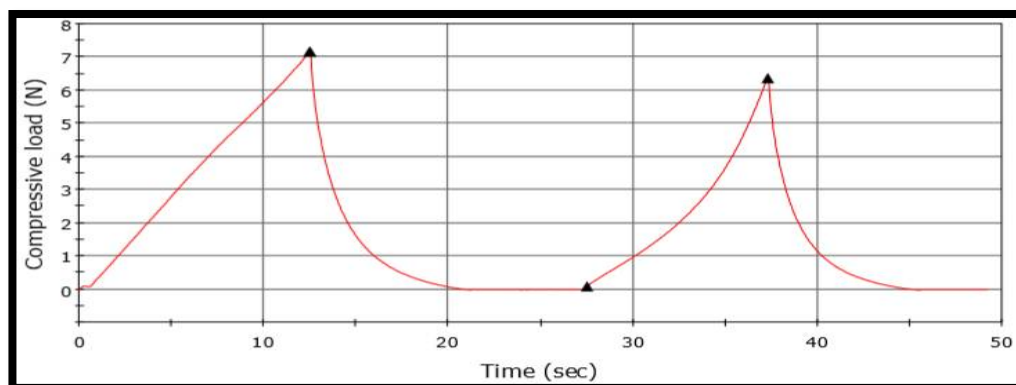
**Fuente: Elaboración propia-2017**

**Gráfico 10: Replica carga de compresión vs tiempo del pan Panini tratamiento 2**



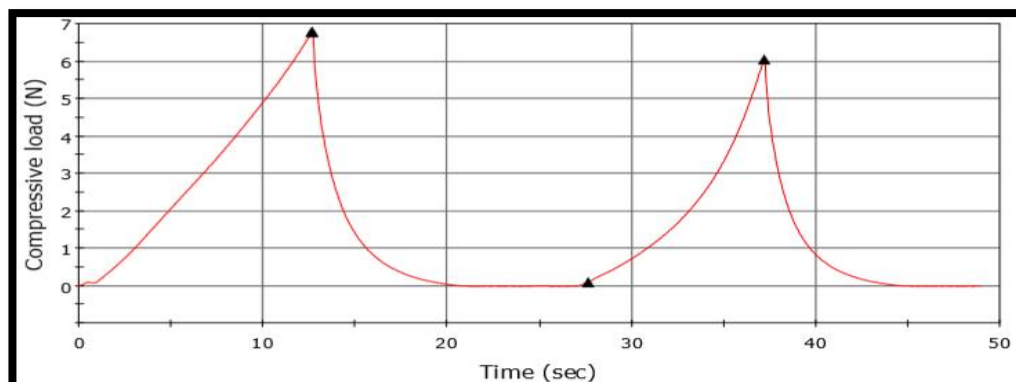
**Fuente: Elaboración propia-2017**

**Gráfico 11: Carga de compresión vs tiempo del pan Panini tratamiento 3**



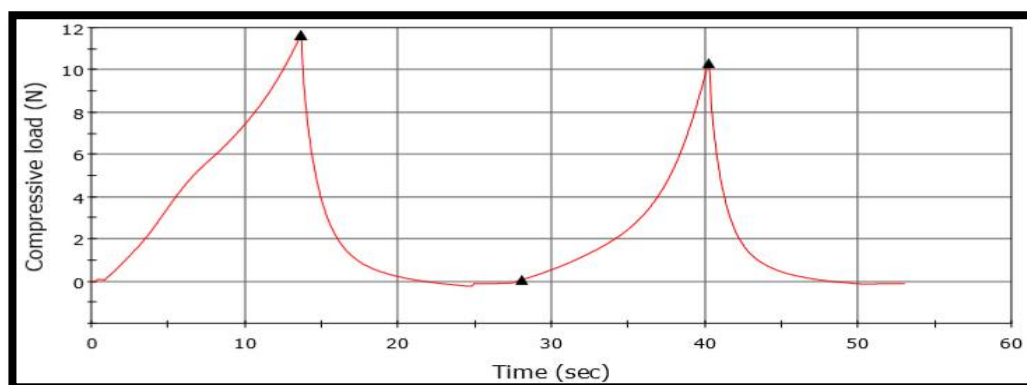
**Fuente: Elaboración propia-2017**

**Gráfico 12: Replica carga de compresión vs tiempo del pan Panini tratamiento 3**



**Fuente: Elaboración propia-2017**

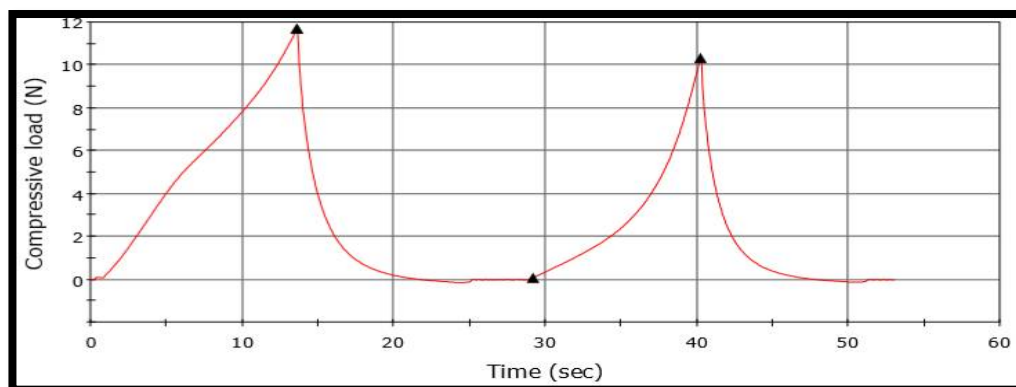
**Gráfico 13: Carga de compresión vs tiempo del pan Panini tratamiento 4**



**Fuente: Elaboración propia-2017**

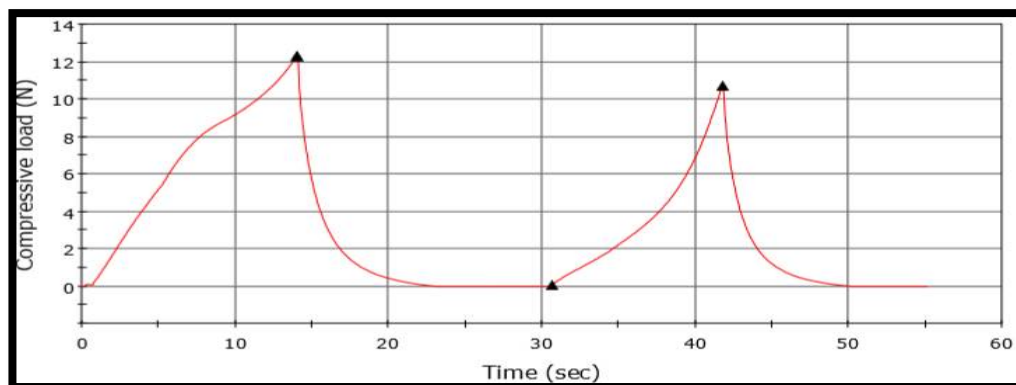


**Gráfico 14: Replica carga de compresión vs tiempo del pan Panini tratamiento 4**



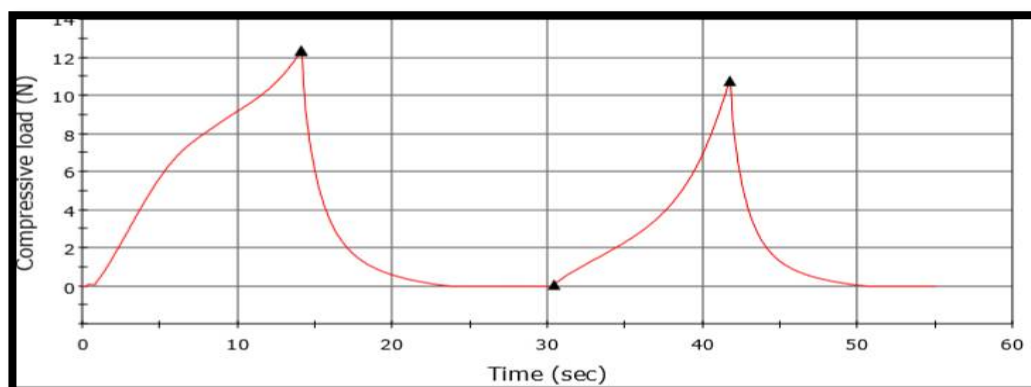
**Fuente: Elaboración propia-2017**

**Gráfico 15: Carga de compresión vs tiempo del pan Panini tratamiento 5**



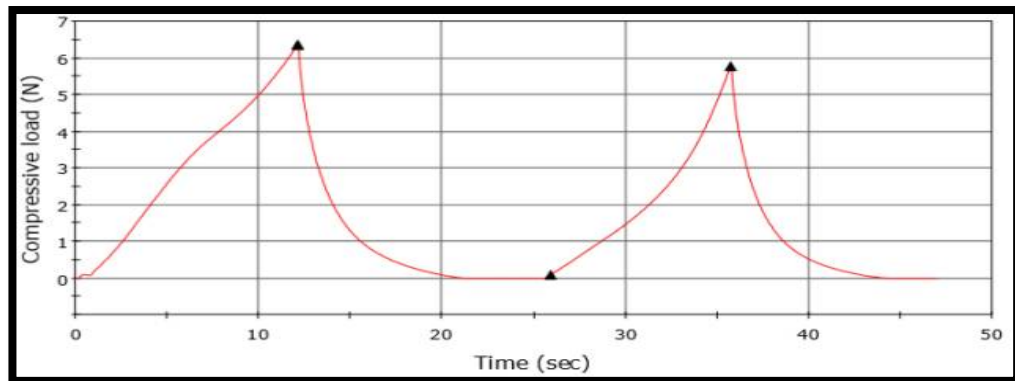
**Fuente: Elaboración propia-2017**

**Gráfico 16: Replica carga de compresión vs tiempo del pan Panini tratamiento 5**



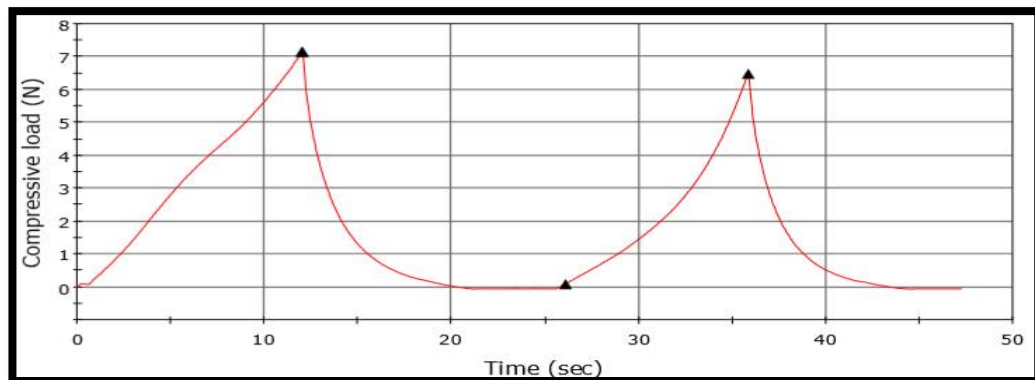
**Fuente: Elaboración propia-2017**

**Gráfico 17: Carga de compresión vs tiempo del pan Panini tratamiento 6**



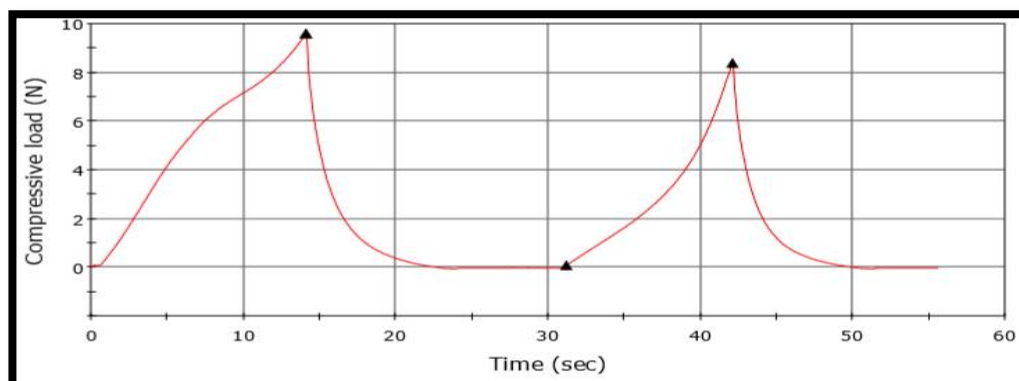
**Fuente: Elaboración propia-2017**

**Gráfico 18: Replica carga de compresión vs tiempo del pan Panini tratamiento 6**



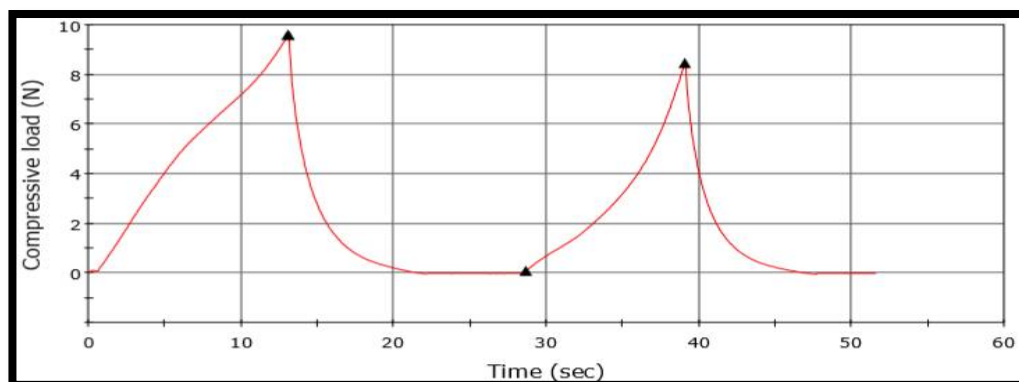
**Fuente: Elaboración propia-2017**

**Gráfico 19: Carga de compresión vs tiempo del pan Panini tratamiento 7**



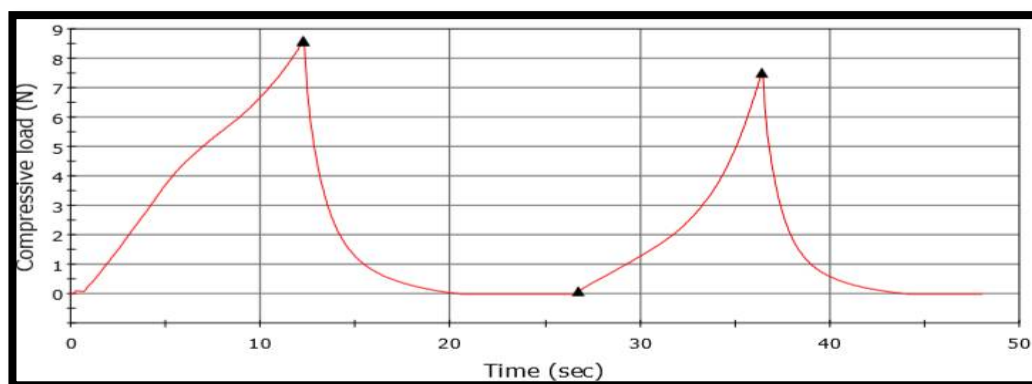
**Fuente: Elaboración propia-2017**

**Gráfico 20: Replica carga de compresión vs tiempo del pan Panini tratamiento 7**



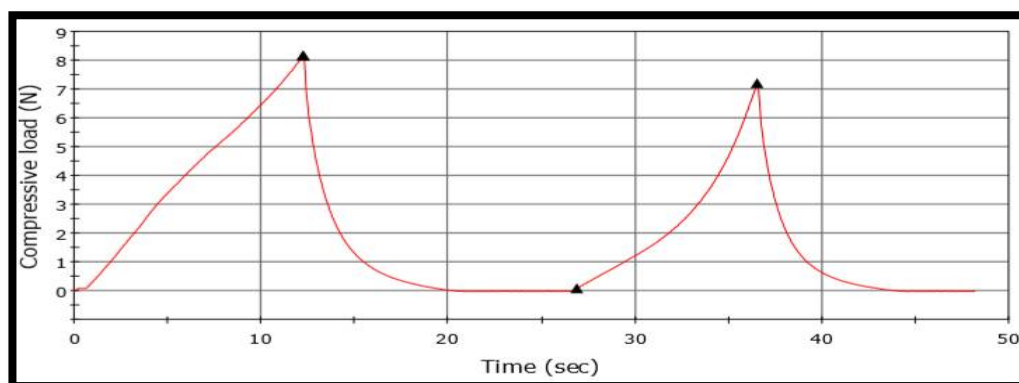
**Fuente: Elaboración propia-2017**

**Gráfico 21: Carga de compresión vs tiempo del pan Panini tratamiento 8**



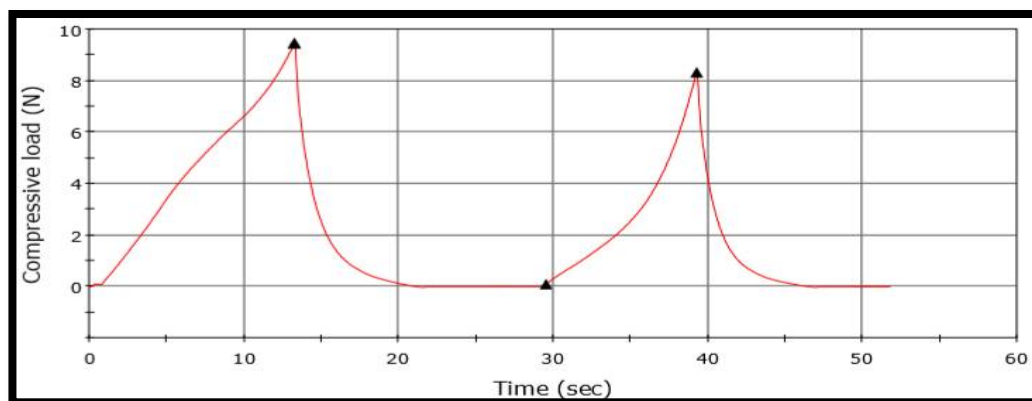
**Fuente: Elaboración propia-2017**

**Gráfico 22: Replica carga de compresión vs tiempo del pan Panini tratamiento 8**



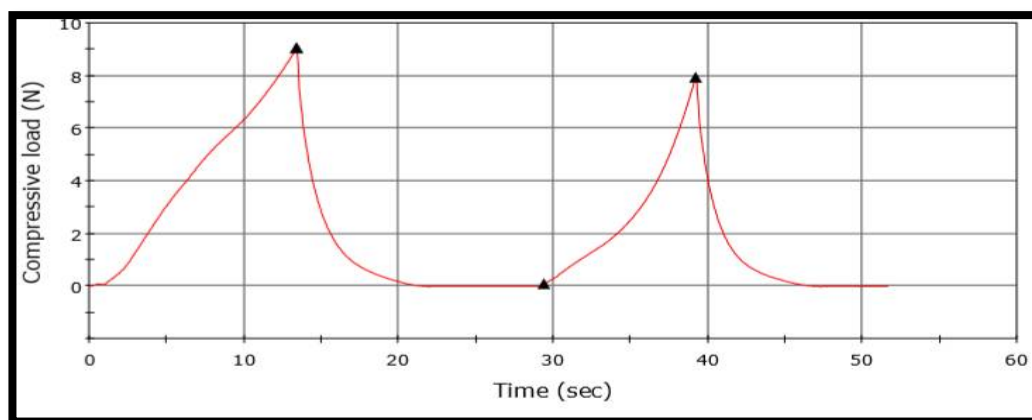
**Fuente: Elaboración propia-2017**

**Gráfico 23: Carga de compresión vs tiempo del pan Panini tratamiento 9**



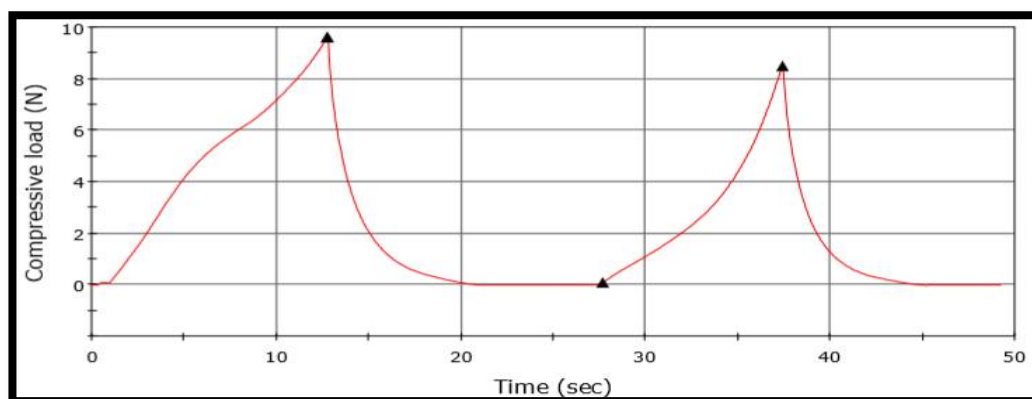
**Fuente: Elaboración propia-2017**

**Gráfico 24: Replica carga de compresión vs tiempo del pan Panini tratamiento 9**



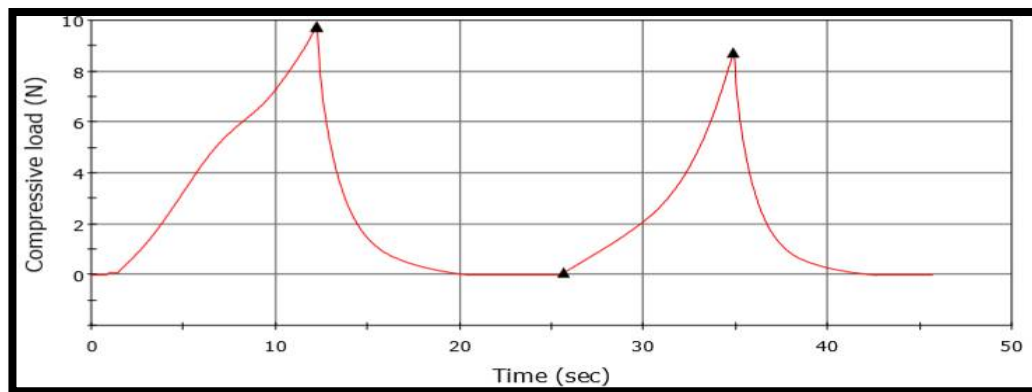
**Fuente: Elaboración propia-2017**

**Gráfico 25: Carga de compresión vs tiempo del pan Panini tratamiento 10**



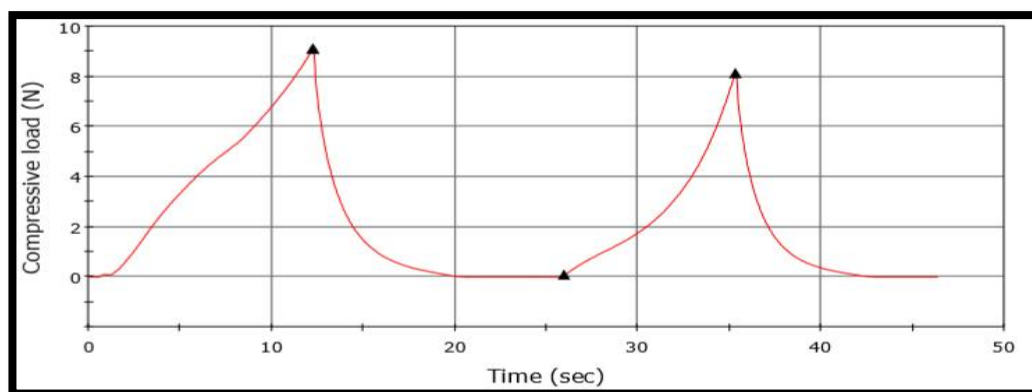
**Fuente: Elaboración propia-2017**

**Gráfico 26: Replica carga de compresión vs tiempo del pan Panini tratamiento 10**



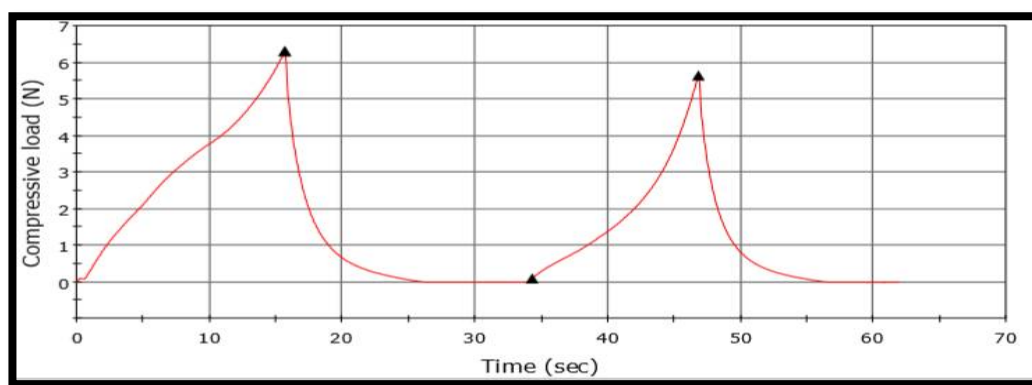
**Fuente: Elaboración propia-2017**

**Gráfico 27: Carga de compresión vs tiempo del pan Panini tratamiento 11**



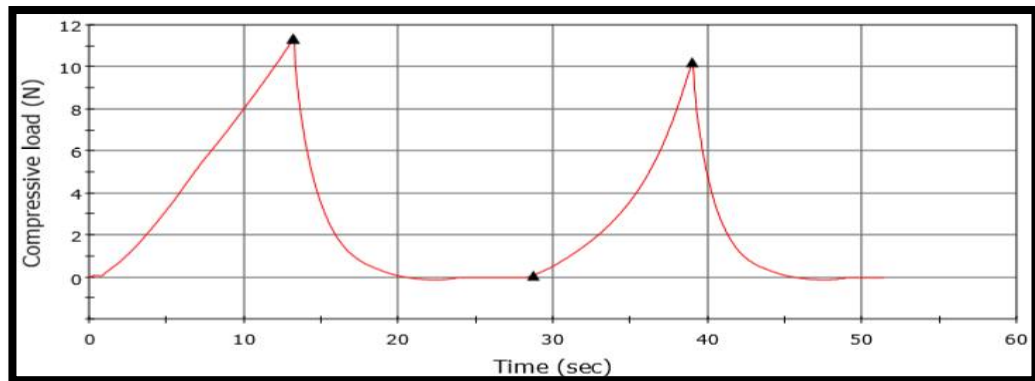
**Fuente: Elaboración propia-2017**

**Gráfico 28: Replica carga de compresión vs tiempo del pan Panini tratamiento 11**



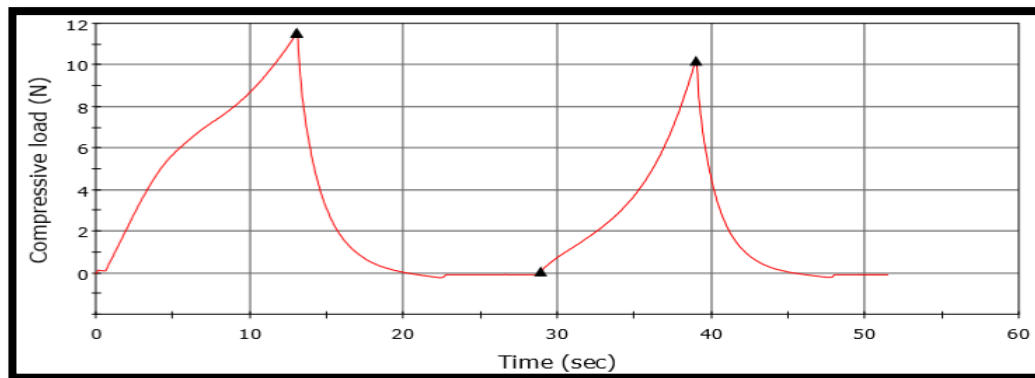
**Fuente: Elaboración propia-2017**

**Gráfico 29: Carga de compresión vs tiempo del pan Panini tratamiento 12**



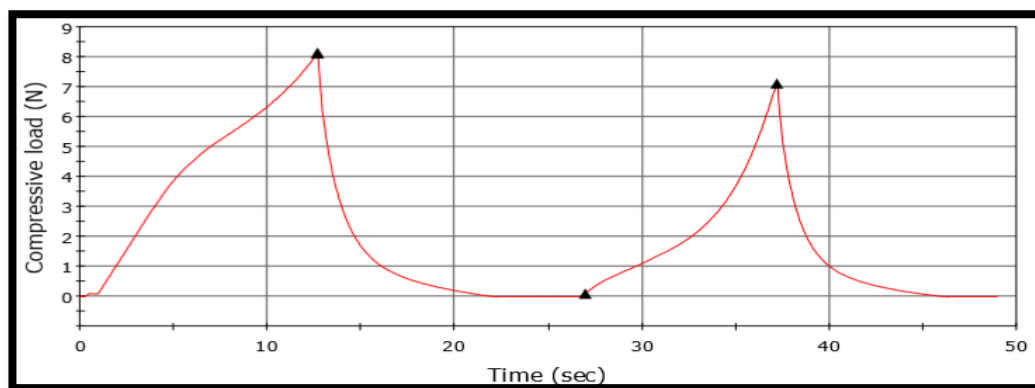
**Fuente: Elaboración propia-2017**

**Gráfico 30: Replica carga de compresión vs tiempo del pan Panini tratamiento 12**



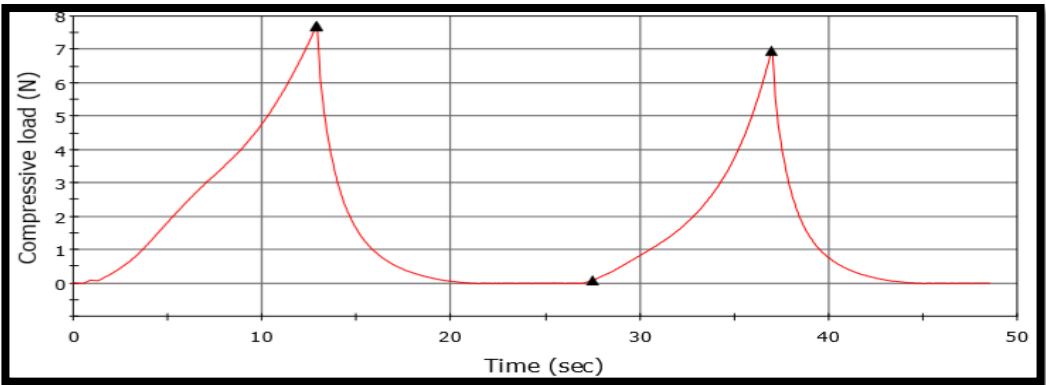
**Fuente: Elaboración propia-2017**

**Gráfico 31: Carga de compresión vs tiempo del pan Panini tratamiento 13**



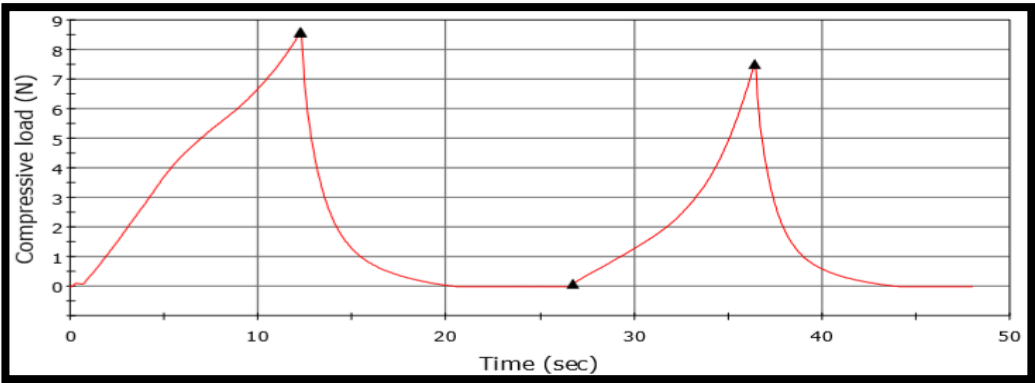
**Fuente: Elaboración propia-2017**

**Gráfico 32: Replica carga de compresión vs tiempo del pan Panini tratamiento 13**



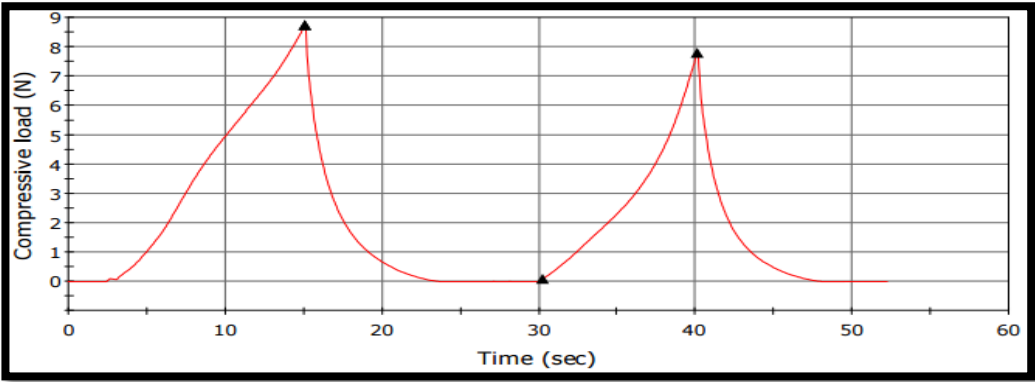
**Fuente:** Elaboración propia-2017

**Gráfico 33: Carga de compresión vs tiempo del pan Panini tratamiento 14**



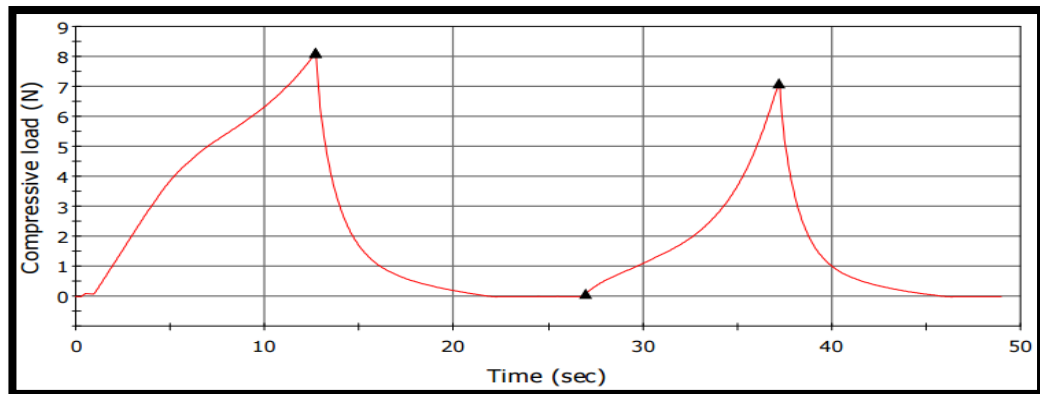
**Fuente:** Elaboración propia-2017

**Gráfico 34: Replica carga de compresión vs tiempo del pan Panini tratamiento 14**



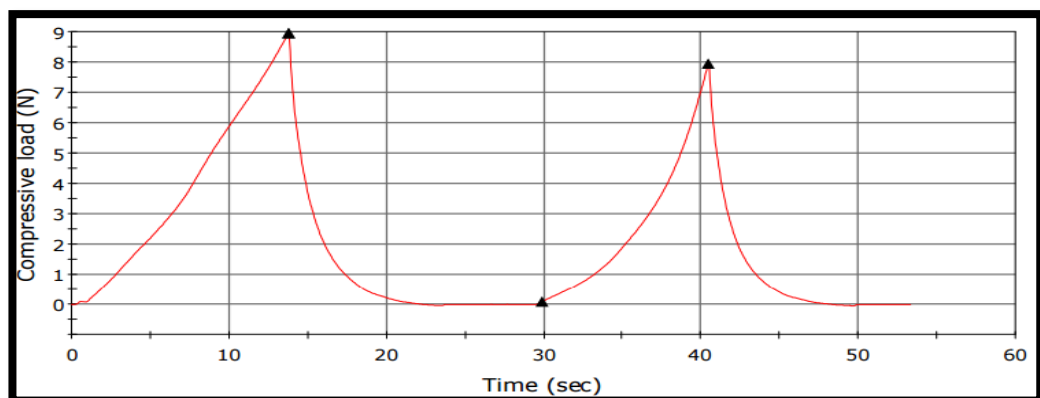
**Fuente:** Elaboración propia-2017

**Gráfico 35: Carga de compresión vs tiempo del pan Panini tratamiento 15**



**Fuente: Elaboración propia-2017**

**Gráfico 36: Replica carga de compresión vs tiempo del pan Panini tratamiento 15**



**Fuente: Elaboración propia-2017**



## **Anexo 18: Optimización de respuesta para las variables dureza, elasticidad y cohesividad**

### **Anexo 18A: Optimización de respuesta para la variable dureza**

<b>Factor</b>	<b>Bajo</b>	<b>Alto</b>	<b>Óptimo</b>
Harina de quinua	3,0	9,0	3,00067
Harina de kiwicha	3,0	9,0	9,0
Harina de cañihua	1,0	2,0	1,37133
Valor óptimo = 7,05891			

**Fuente: Elaboración propia-2017**

### **Anexo 18B: Optimización de respuesta para la variable elasticidad**

<b>Factor</b>	<b>Bajo</b>	<b>Alto</b>	<b>Óptimo</b>
Harina de quinua	3,0	9,0	3,02065
Harina de kiwicha	3,0	9,0	3,0
Harina de cañihua	1,0	2,0	1,99954
Valor óptimo = 0,884606			

**Fuente: Elaboración propia-2017**

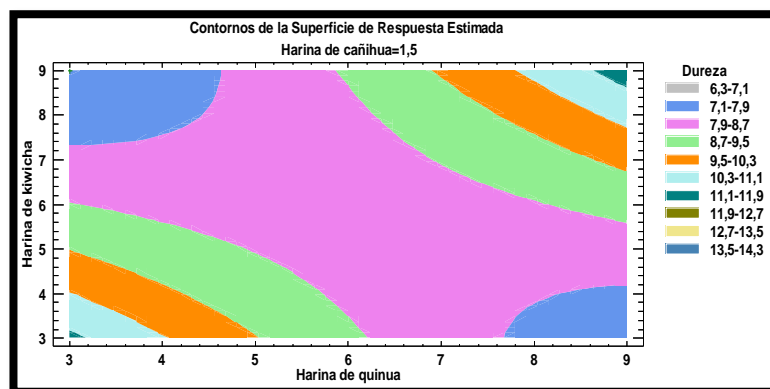
### **Anexo 18C: Optimización de respuesta para la variable cohesividad**

<b>Factor</b>	<b>Bajo</b>	<b>Alto</b>	<b>Óptimo</b>
Harina de quinua	3,0	9,0	8,98622
Harina de kiwicha	3,0	9,0	4,06238
Harina de cañihua	1,0	2,0	1,0
Valor óptimo = 0,542615			

**Fuente: Elaboración propia-2017**

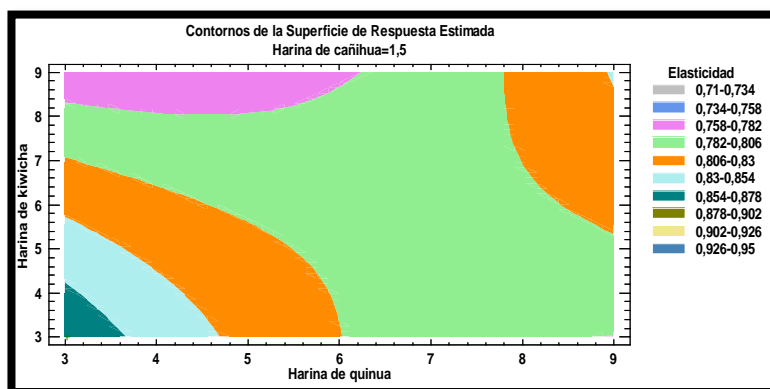
## Anexo 19: Contorno de superficie de respuesta estimada para las variables dureza, elasticidad y cohesividad

### Anexo 19A: Contorno de superficie de respuesta para la variable dureza



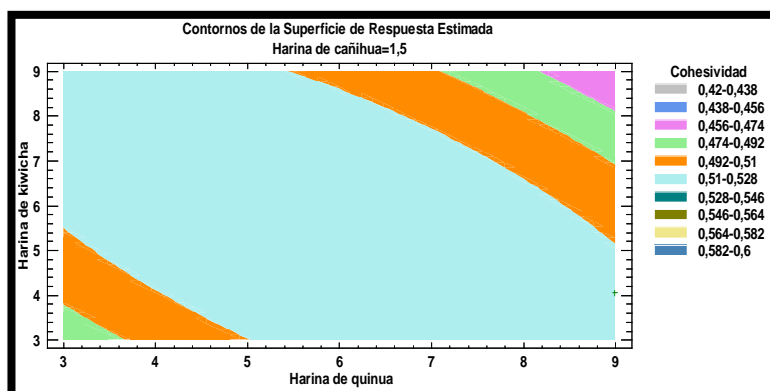
Fuente: Elaboración propia-2017

### Anexo 19B: Contorno de superficie de respuesta para la variable elasticidad



Fuente: Elaboración propia-2017

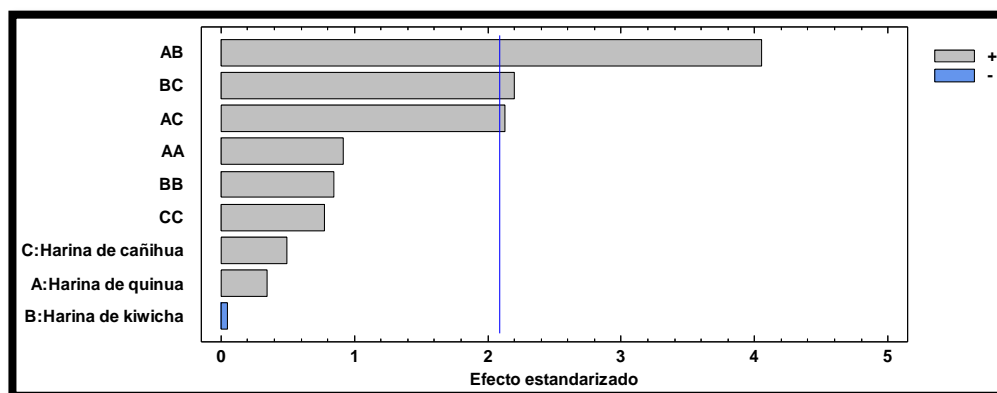
### Anexo 19C: Contorno de superficie respuesta para la variable elasticidad



Fuente: Elaboración propia-2017

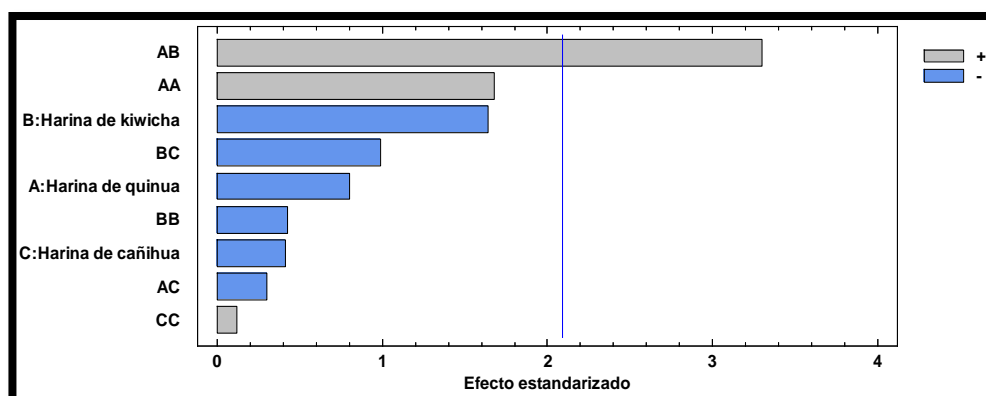
## Anexo 20: Diagrama de Pareto para las variables dureza, elasticidad y cohesividad

**Gráfico 37: Diagrama de Pareto estandarizada para la variable dureza.**



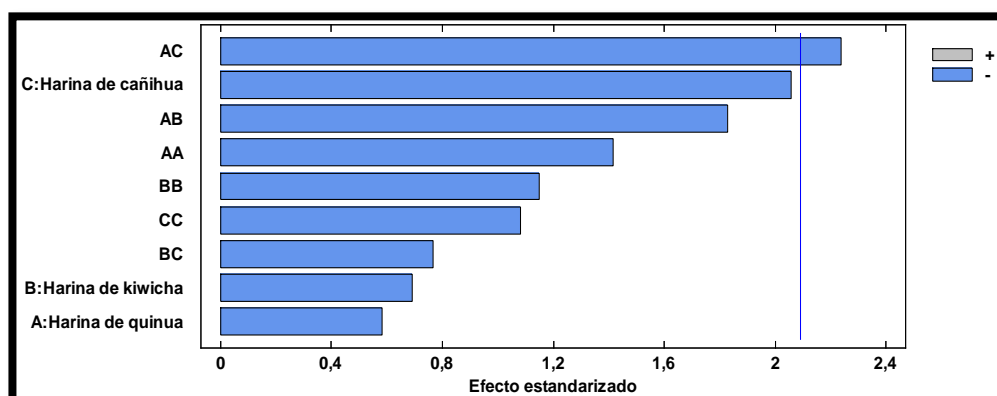
Fuente: Elaboración propia-2017

**Gráfico 38: Diagrama de Pareto estandarizada para la variable elasticidad.**



Fuente: Elaboración propia-2017

**Gráfico 39: Diagrama de Pareto estandarizada para la variable cohesividad.**



Fuente: Elaboración propia-2017