

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL



**EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE PANES DE MOLDE ELABORADOS
CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE QUINUA (*Chenopodium
quinoa* Willd) Y HARINA DE CAÑIHUA (*Chenopodium pallidicaule* Aellen)
MEDIANTE ANÁLISIS DE IMÁGENES**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. JESUS GABRIEL FLORES CAHUANA

Bach. FLORA MARLENY FLORES CAHUANA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

PUNO - PERU

2015

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE PANES DE MOLDE
ELABORADOS CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE QUINUA
(*Chenopodium quinoa Willd*) Y HARINA DE CAÑIHUA (*Chenopodium
pallidicaule Aellen*) MEDIANTE ANÁLISIS DE IMÁGENES

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. JESUS GABRIEL FLORES CAHUANA
Bach. FLORA MARLENY FLORES CAHUANA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE :

Ph.D. Juan Marcos Aro Aro

PRIMER MIEMBRO :

Ing. M.Sc. Luis Alberto Jiménez Monroy

SEGUNDO MIEMBRO :

Ing. M.Sc. Roger Segura Peña

DIRECTOR DE TESIS :

Dr. Wenceslao Teddy Medina Espinoza

ASESOR DE TESIS :

Dr. Cristian Alejandro Ramírez Bustos

Área: Ingeniería y tecnología**Tema:** Desarrollo de procesos y productos agroindustriales sostenibles y eficientes

DEDICATORIA

*A Dios, por ser mi compañero,
mi guía y fortaleza espiritual
que me ayudo a no
Desvanecer.*

Doy infinitas gracias...



*A nuestros padres Jesús y Felipa por
su paciencia, por creer y confiar en
nosotros, por su amor y apoyo, por sus
consejos y regaños y sobre todo por ser
modelo de ejemplo a seguir.*

*A nuestra familia, por ser la fuerza, la
razón de ser y templanza en este largo
camino*

*A la vida por permitirnos compartir este
gran triunfo con los seres que más
queremos y por enseñarnos lo
aprendido...*

AGRADECIMIENTOS

A la primera casa de estudios, por ser nuestro segundo hogar durante todo el periodo de nuestra formación profesional, y por haber depositado su confianza en nosotros para llevar a cabo este proyecto de investigación.

A mis catedráticos que con su ayuda y especial sapiencia quienes nos inculcaron a crecer como personas y profesionales, por su apoyo y dedicación para el cumplimiento de los objetivos de la tesis.

De manera especial también mostramos nuestra inmensa gratitud al Dr. Wenceslao Teddy Medina Espinoza, por su apoyo profesional para consolidar el presente trabajo de investigación, de igual forma al señor Rufino Aroni Acero por su apoyo y a las jefaturas de los laboratorios de Análisis de Imágenes de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial y el Laboratorio de aguas y suelos de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano Puno.

A los miembros de nuestra familia por su apoyo incondicional y a todas aquellas personas que de una u otra forma depositaron su granito de arena en beneficio del presente proyecto.

Los Autores

ÍNDICE

Pág.

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE ANEXOS

ÍNDICE DE SIGLAS

RESUMEN

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA	3
2.1. La Quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd).....	3
2.2. La Cañihua (<i>Chenopodium pallidicaule</i> Aellen).....	3
2.3. Composición Química y valor nutricional de los granos de Quinoa y Cañihua.....	4
2.4. Pan de molde.....	7
2.4.2. Características externas	8
2.4.3. Características internas.....	8
2.4.4. Estructura porosa del pan.....	9
2.5. Procesamiento digital de imágenes.....	10
2.5.1. Análisis de imágenes	10
2.5.2. Etapas de procesamiento de imágenes.....	10
2.5.3. Adquisición de imagen	10
2.5.4. Características de toma de una imagen.....	11
2.5.5. Pre-procesado	12
2.5.6. Segmentación	12
2.5.7. Clasificación.	13

2.5.8. Descripción y extracción de características	13
2.5.8.1. Porosidad	20
2.5.8.2. Dimension fractal	20
2.5.8.3. Textura	33
2.5.8.4. Color.....	34
2.6. Granulometría.....	37
III. MATERIALES Y MÉTODOS	22
3.1. Lugar de ejecución.....	22
3.2. Materiales, equipos y otros	22
3.3. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	23
3.3.1. Descripción del proceso de tamizado de harina de Quinua y Cañihua.....	24
3.3.2. Descripción del proceso de elaboración de pan de molde con sustitución parcial de harina de Trigo por harina de Quinua y harina de Cañihua	27
3.4. MÉTODOS DE ANÁLISIS	48
3.4.1. Determinación de porosidad.....	48
3.4.2. Determinación de dimensión fractal.....	50
3.4.3. Determinación de textura	52
3.4.4. Determinación de color RGB	54
3.5. FACTORES Y VARIABLES	56
3.6. Analisis Estadístico.....	58
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	59
4.1. Determinación de porosidad.....	59
4.2. Determinación de dimensión fractal.....	67
4.3. Determinación de propiedades estructurales - textura.....	72

4.4. Determinación del modelo de color HSL (Hue- Saturation-Lightness).....89

4.5. Valor nutricional de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de
Quinoa y Cañihua.....93

CONCLUSIONES.....96

RECOMENDACIONES97

BIBLIOGRAFIA98

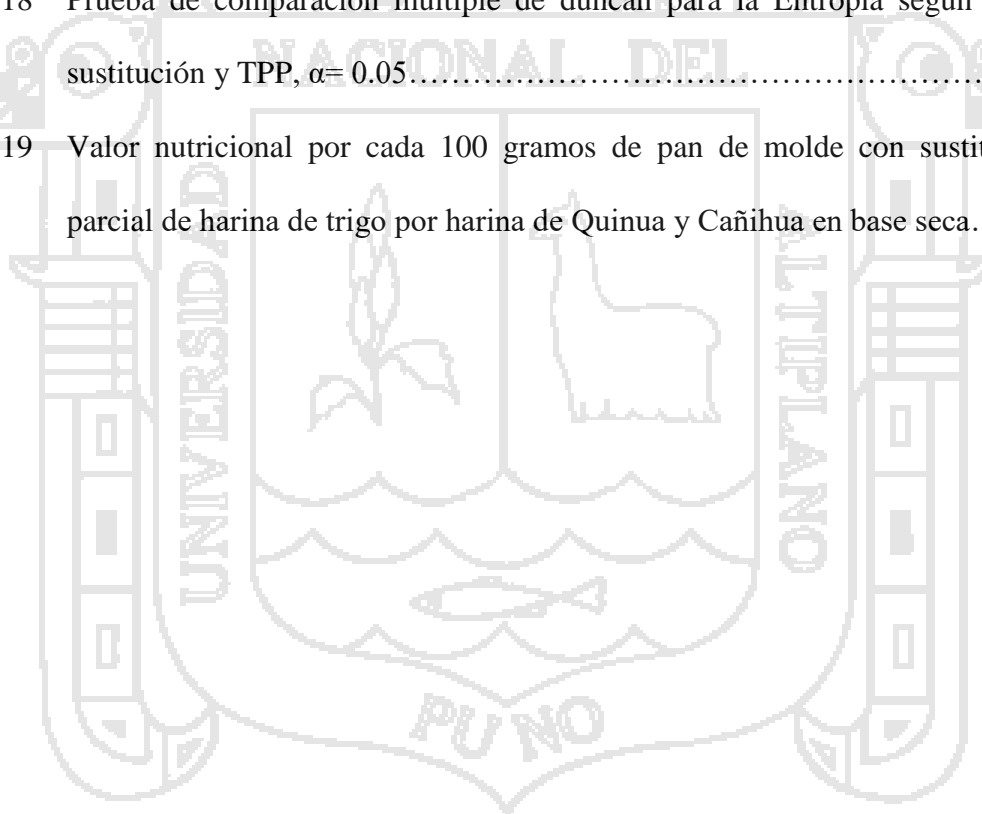
ANEXOS.....104



ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1	Valor nutricional por cada 100 gramos de Quinoa y Cañihua.....	21
Tabla 2	Constituyentes minerales de Quinoa y Cañihua contenido en 100g.....	22
Tabla 3	Contenido de aminoácidos en los granos de Quinoa y Cañihua.....	23
Tabla 4	Intervalo de valores de los componentes de color.....	35
Tabla 5	Análisis de varianza (ANOVA) para la porosidad de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Quinoa.....	65
Tabla 6	Análisis de varianza para la porosidad de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Cañihua.....	66
Tabla 7	Prueba de comparación múltiple de duncan para la porosidad Según porcentaje de sustitución y TPP, $\alpha= 0.05$	66
Tabla 8	Análisis de varianza para la dimensión fractal de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Quinoa.....	71
Tabla 9	Análisis de varianza para la dimensión fractal de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Cañihua.....	72
Tabla 10	Análisis de varianza para el segundo momento angular de la superficie del pan de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Quinoa.....	77
Tabla 11	Prueba de comparación múltiple de duncan para el (ASM) Según porcentaje de sustitución y TPP, $\alpha= 0.05$	77
Tabla 12	Análisis de varianza para el ASM de la superficie del pan de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Cañihua.....	78
Tabla 13	Análisis de varianza (ANOVA) del Momento Inverso de Diferencia (IDM) de la superficie del pan de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Quinoa.....	83

Tabla 14	Análisis de varianza (ANOVA) del Momento Inverso de Diferencia (IDM) de la superficie del pan de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Cañihua.....	83
Tabla 15	Análisis de varianza (ANOVA) de la Entropía de la superficie del pan de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Quinua.....	87
Tabla 16	Prueba de comparación múltiple de duncan para la Entropía según porcentaje de sustitución y TPP, $\alpha= 0.05$	88
Tabla 17	Análisis de varianza (ANOVA) de la Entropía de la superficie del pan de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Cañihua.....	88
Tabla 18	Prueba de comparación múltiple de duncan para la Entropía según % de sustitución y TPP, $\alpha= 0.05$	89
Tabla 19	Valor nutricional por cada 100 gramos de pan de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Quinua y Cañihua en base seca.....	94



ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1	Etapas de procesamiento digital de imágenes.....	27
Figura 2	Esquema que muestra cómo se utiliza la expansión de un gas.....	32
Figura 3	Modelo de color HSL. (a) Modelo HSL en perspectiva de arriba, (b) modelo HSL en perspectiva frontal y (c) base de ambas pirámides del modelo HSL....	37
Figura 4	Diagrama de flujo para el estudio del tamizado de harina de Quinua y harina de Cañihua.....	41
Figura 5	Diagrama de flujo para el proceso de elaboración de pan de molde con sustitución parcial de harina de Trigo por harina de Quinua y Cañihua, y su proceso de análisis de imagen.....	43
Figura 6	Implementación del sistema de adquisición de imágenes.....	47
Figura 7	Procedimiento para determinar la porosidad: (a) imagen original, (b) imagen a escala de grises, (c) imagen blanco y negro, (d) imagen binaria.....	49
Figura 8	Procedimiento para determinar la Dimensión Fractal: (a) imagen original, (b) imagen a escala de grises, (c) imagen blanco y negro, (d) imagen dilatada, (e) dimensión fractal.....	51
Figura 9	Procedimiento utilizado en la determinación de los descriptores estadísticos de textura: (a) imagen original, (b) área seleccionada, (c) imagen a escala de grises, (d) resultado de ASM, IDM, ET.....	53
Figura 10	Determinación de color RGB: (a) área seleccionada, (b) thresholding method OTSU, (c) analisis de medias de RGB, (d) resultado de RGB.....	55

Figura 11	Variación de la porosidad de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Quinoa con diferentes tamaños de partículas de harinas: sustitución de harina de Quinoa variedad Blanca de Juli.....	60
Figura 12	Variación de la porosidad de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Quinoa con diferentes tamaños de partículas de harinas: sustitución de harina de Quinoa variedad Kancolla.....	61
Figura 13	Variación de la porosidad de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Cañihua con diferentes tamaños de partículas de harinas: sustitución de harina de Cañihua variedad Cupi.....	62
Figura 14	Variación de la porosidad de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Cañihua con diferentes tamaños de partículas de harinas: sustitución de harina de Cañihua variedad Ramis.....	63
Figura 15	Variación de la dimensión fractal de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Quinoa con diferentes TPP de harinas: (a) variedad Blanca de Juli, (b) variedad Kancolla.....	69
Figura 16	Variación de la dimensión fractal de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Cañihua con diferentes TPP de harinas: (a) variedad Cupi, (b) variedad Ramis.....	70
Figura 17	Variación del Segundo Momento Angular de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Quinoa con diferentes TPP de harinas: (a) variedad Blanca de Juli, (b) variedad Kancolla.....	74
Figura 18	Variación del Segundo Momento Angular de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Cañihua con diferentes TPP de harinas: (a) variedad Cupi, (b) variedad Ramis.....	75

Figura 19	Variación del Momento Inverso de Diferencia de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Quinoa con diferentes TPP de harinas: (a) variedad Blanca de Juli, (b) variedad Kancolla.....	80
Figura 20	Variación del Momento Inverso de Diferencia de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Cañihua con diferentes TPP de harinas: (a) variedad Cupi, (b) variedad Ramis.....	81
Figura 21	Variación de la Entropía de panes de molde con sustitución parcial de harina trigo por harina de Quinoa con diferentes TPP de harinas: (a) variedad Blanca de Juli, (b) variedad Kancolla.....	85
Figura 22	Variación de la Entropía de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Cañihua con diferentes TPP de harinas: (a) variedad Cupi, (b) variedad Ramis.....	86
Figura 23	Comportamiento de la tonalidad (superficie de panes de molde) de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Quinoa con diferentes TPP de harinas(a) variedad Blanca de Juli, (b) variedad Kancolla...	90
Figura 24	Comportamiento de la tonalidad (superficie de panes de molde) de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Cañihua con diferentes TPP de harinas: (a) variedad Cupi, (b) variedad Ramis.....	92

ÍNDICE DE ANEXOS

		Pág.
Anexo 1	Resultados obtenidos de la porosidad de cada pan de molde con diferentes tamaños promedios de partículas de harinas y porcentaje de sustitución de harina de trigo por harina de Quinua y Cañihua, obtenidas de la implementación de algoritmo en MATLAB.....	105
Anexo 2	Datos obtenidos en la matriz de diseño experimental para la dimensión fractal de panes de molde con diferentes tamaños promedios de partículas de harinas y porcentaje de sustitución de harina de trigo por harina de Quinua y Cañihua.....	106
Anexo 3	Datos obtenidos en la matriz de diseño experimental para la textura de panes de molde con diferentes tamaños promedios de partículas de harinas y porcentaje de sustitución de harina de trigo por harina de Quinua.....	107
Anexo 4	Datos obtenidos en la matriz de diseño experimental para la textura de panes de molde con diferentes tamaños promedios de partículas de harinas y porcentaje de sustitución de harina de trigo por harina de Cañihua.....	109
Anexo 5	Datos obtenidos en la matriz de diseño experimental para el color de panes de molde con diferentes tamaños promedios de partículas de harinas y porcentaje de sustitución de harina de trigo por harina de Quinua.....	111
Anexo 6	Datos obtenidos en la matriz de diseño experimental para el color de panes de molde con diferentes tamaños promedios de partículas de harinas y porcentaje de sustitución de harina de trigo por harina de Cañihua.....	113
Anexo 7	Tabla de la escala de Tyler para determinar tamaño de grano.....	115
Anexo 8	Fotografías del tamizado y la obtención de harinas de Quinua y Cañihua....	116

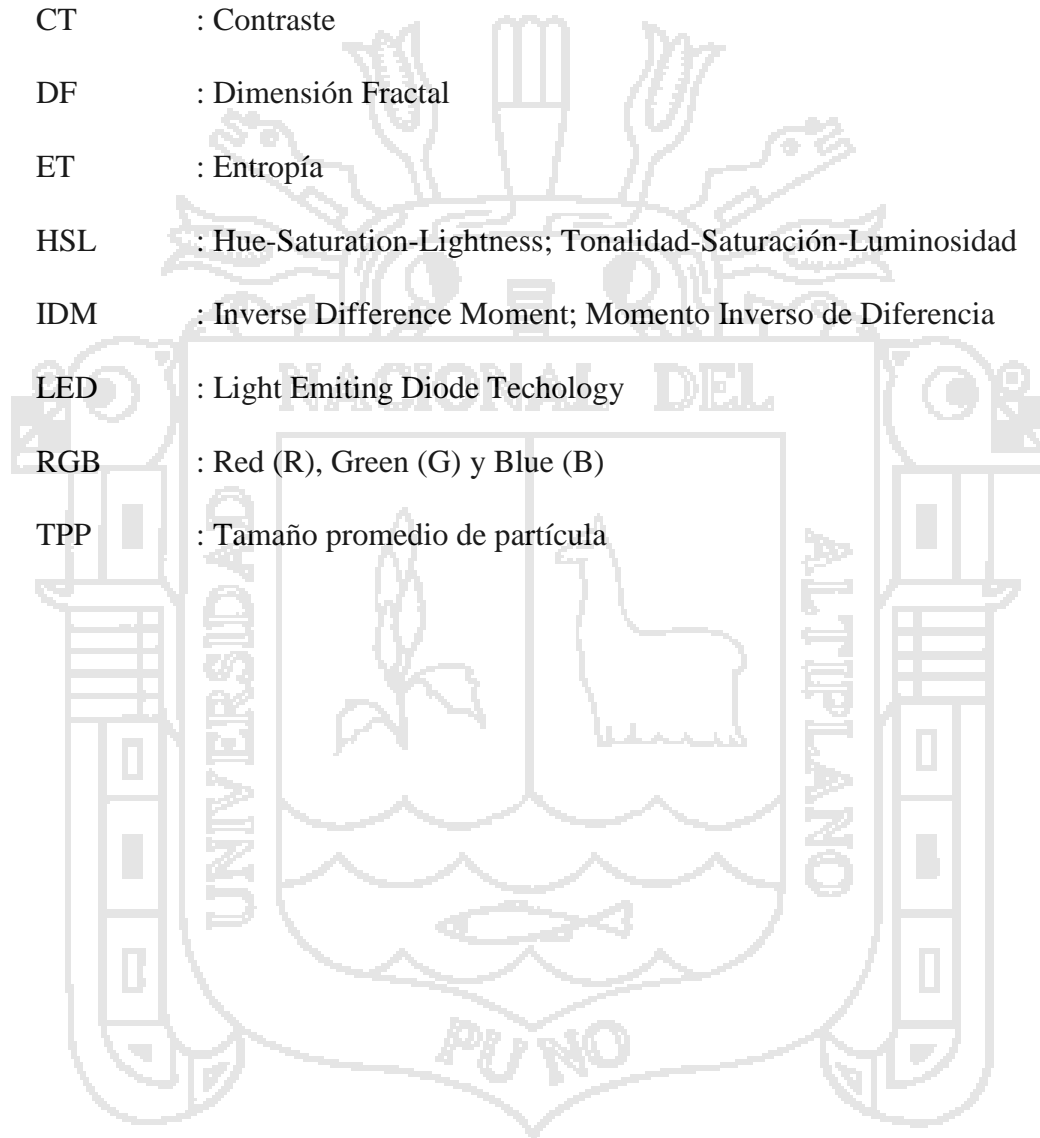
Anexo 9	Cuadro y curva del Tamizado de harina de Quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd).....	117
Anexo 10	Cuadro y curva del Tamizado de harina de Cañihua (<i>Chenopodium Pallidicaule</i> Aellen).....	118
Anexo 11	Certificación orgánica de Quinoa y Canihua utilizados en la investigación...	120
Anexo 12	Informe de análisis Físico Químico de los panes de molde Nro. 00052-2014.....	121
Anexo 13	Resultado de laboratorio del análisis granulométrico de harina de Quinoa y Cañihua.....	122
Anexo 14	Resultados de la porosidad de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Quinoa interpretado en porcentaje (%).....	123
Anexo 15	Resultados de la porosidad de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Cañihua interpretado en porcentaje (%).....	123
Anexo 16	Resultados de la variación de la dimensión fractal de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Quinoa.....	124
Anexo 17	Resultados de la variación de la dimensión fractal de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Cañihua	124
Anexo 18	Resultados de la variación del Segundo Momento Angular de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Quinoa.....	125
Anexo 19	Resultados de la variación del Segundo Momento Angular de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Cañihua.....	125
Anexo 20	Resultados de la variación del Momento inverso de Diferencia de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Quinoa.....	126

Anexo 21	Resultados de la variación del Momento inverso de Diferencia de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Cañihua.....	126
Anexo 22	Resultados de la variación Entropía de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Quinoa.....	127
Anexo 23	Resultados de la variación Entropía de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Cañihua.....	127
Anexo 24	Resultados de la tonalidad en la superficie de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Quinoa.....	128
Anexo 25	Resultados de la tonalidad en la superficie de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Cañihua.....	129



ÍNDICE DE SIGLAS

ANOVA	: Analysis Of Variance; Análisis de Varianza
ASM	: Angular Second Moment; Segundo Momento Angular
CM	: Cuadrados medios
CT	: Contraste
DF	: Dimensión Fractal
ET	: Entropía
HSL	: Hue-Saturation-Lightness; Tonalidad-Saturación-Luminosidad
IDM	: Inverse Difference Moment; Momento Inverso de Diferencia
LED	: Light Emitting Diode Techology
RGB	: Red (R), Green (G) y Blue (B)
TPP	: Tamaño promedio de partícula



RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se realizó la evaluación de las propiedades estructurales de pan de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) y harina de Cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) mediante análisis de imágenes. Para el estudio se utilizó dos variedades de Quinoa: Blanca de Juli y Kancolla y dos variedades de Cañihua: Cupi y Ramis, se tomaron como factores de variación el porcentaje de sustitución (5%, 10%, 15% y 20%) utilizando el modelo estadístico lineal bajo el diseño completo al azar con arreglo factorial, para determinar la estructura de los panes de molde utilizados en la investigación se determinó la porosidad, dimensión fractal, textura y color, donde los valores de porosidad son independientes unos de otros, variando entre (65.70% - 87.23%); los descriptores estadísticos de textura indican que los panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Quinoa están entre: ASM 0.008 y 0.021, IDM 5.83E-05 y 9.62E-05, ET 4.002 y 4.908; DF 1.988 y 1.992 mostrando mayor uniformidad, muy heterogénea y desordenada en su estructura; los valores de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Cañihua, varían de manera similar con valores de ASM 0.005 y 0.010, IDM 7.33E-05 y 9.86E-05, ET 4.833 y 5.310; DF 1.988 y 1.994 presentando uniformidad y homogeneidad en su textura con una tonalidad (H) entre (58° a 45°), es más elevada al inicio de la sustitución, debido a que el color de las harinas son distintas, las medidas de luminosidad (L) varían entre 32 y 50, y para panes con sustitución de harina de Cañihua la tonalidad esta entre (42° a 59°) Con valores de saturación de (34% y 17%). Para ambos casos el color no es puro porque su rango de saturación es muy bajo.

Palabras clave: Color, Dimensión fractal, Estructura, Porosidad, Textura.

I. INTRODUCCIÓN

En el Perú la zona de mayor producción de Quinoa y Cañihua es el departamento de Puno, según (MINAGRI, 2015) la producción de Quinoa en el 2014 alcanzó las 33,104 toneladas superando el año 2013 de 18,250 toneladas, lo que representa un aumento de 81%, la producción de Cañihua supero las 3,750 toneladas en el año 2013.

La Quinoa y la Cañihua se constituyen un cultivo nativo de mucha importancia para la alimentación en la zona andina, es necesario darle la prioridad necesaria en la investigación desde el punto de vista Agroindustrial para realizar el uso adecuado de sus enormes potencialidades a través de una transformación que permita generar valor agregado a otros productos, tal como el pan de molde que es un producto que se adecúa fácilmente a las exigencias de los consumidores por poseer algunos atributos especialmente en la estructura de su miga (Cauvain y Young, 2002).

El sustituir harina de trigo por harina de Quinoa y harina de Cañihua permitirá mejorar el valor nutritivo del pan de molde, así mismo la selección y utilización de diferentes tamaños de grano en su elaboración modificara la estructura de su miga, porosidad, color, textura, dimensión fractal y análisis sensorial. El estudio se efectuó con la finalidad de evaluar estos cambios físicos que se producen durante el proceso de elaboración del pan de molde; técnica que consiste en la digitalización de imágenes que son convertidas de una imagen a color a una escala de grises posteriormente a color binario, una imagen puede ser definida como una función bidimensional donde (x,y) son las coordenadas de los puntos x_1, \dots, x_m que forman parte del contorno cerrado que conforma al objeto. Una imagen binaria es totalmente transportable a una imagen a escala de grises. Para el caso especial de imágenes binarias $I(x,y) \in \{0,1\}$, por lo que

este tipo de dato solo tiene dos valores posibles 0 y 1, en el procesamiento de imágenes existen diferentes tipos de algoritmos las cuales al procesar una imagen generan una imagen resultante cuyos valores pueden variar en intervalos bastante amplios, por lo que normalmente se dificulta su análisis y visualización. Es por ello que la utilización del software MatLAB versión R2013Aa y el software ImageJ v.1.49, es indispensable para hallar porosidad, color, textura y dimensión fractal de los panes de molde elaborados en la investigación. (Cuevas *et al.*, 2010)

Para tal fin se plantearon los siguientes objetivos:

- Determinar la porosidad de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) y harina de Cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen).
- Determinar la dimensión fractal de la superficie de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) y harina de Cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen).
- Determinar las propiedades estructurales de la miga de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) y harina de Cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen).
- Determinar el color de las muestras de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) y harina de Cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen).

II. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

2.1. La Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd)

2.1.1. Generalidades

La Quinua es uno de los alimentos de origen vegetal que es nutricionalmente completo por contener en su composición un contenido proteico de 14.4%, carbohidrato de 72.6% y grasa de 6% además de encontrar cantidades de minerales, en especial hierro, fosforo y magnesio (Mujica *et al.*, 2006).

Mujica y Jacobsen, (2001) menciona que la Quinua es originaria de los Andes de América del Sur, abarcando Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, Argentina y Chile, encontrándose la mayor cantidad de variedades entre Perú y Bolivia. Es una planta herbácea de 0,5 a 2 metros de altura. El fruto es un aquenio con una sola semilla o gránulo. Estas semillas que son la parte de mayor valor alimenticio son pequeños gránulos con diámetros entre 1.8 y 2.2 mm, de color variado, los hay de color blanco, café, amarillas, rosadas, grises, rosadas, rojas y negras, en la semilla se encuentra la saponina la cual es una sustancia amarga que debe ser eliminada para consumir las semillas.

2.2. La Cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen)

2.2.1. Generalidades

La Cañihua otro cultivo andino originario del altiplano peruano, altamente nutritivo, sin embargo es poco difundido pese a sus enormes cualidades alimenticias y nutricionales. En su composición presenta un 16.72% de proteína, 11% de calcio y 37.5% de fosforo siendo superior a la Quinua, Kiwicha y otros cereales (Mujica y Jacobsen, 2006).

Mujica y Jacobsen, (2006) mencionan que la Cañihua es un grano muy nutritivo propio de la altiplanicie andina que pertenece a la misma familia que la Quinua. Chenopodiaceae. Aellen lo clasificó en 1929 como una especie propia (Repo-Carrasco, 1998). La Cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) es una planta que llega a desarrollar hasta en alturas de 4200 msnm debido fundamentalmente a su alta resistencia a las bajas temperaturas y precocidad de desarrollo. El mismo autor indica que un factor negativo puede ser considerado el tamaño del grano, el mismo que casi nunca ha sobrepasado un milímetro de diámetro.

2.3. Composición Química y valor nutricional de los granos de Quinua y Cañihua

La Quinua y la Cañihua se comparan favorablemente con otros cereales en cuanto a valores nutritivos, la Quinua y Cañihua poseen un rango de humedad entre 9 y 12.4% esta característica tiene importancia en la conservación y almacenamiento del grano por un tiempo relativamente prolongado (Mujica *et al.*, 2002). El valor nutricional por cada 100 gramos de Quinua y Cañihua se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Valor nutricional por cada 100 gramos de Quinua y Cañihua.

Componentes (%)	Contenido por 100g. de Quinua	Contenido por 100g. de Cañihua
Carbohidratos	65.46	55.46
Ceniza	2.82	5.8
Fibra	3.50	5.3
Grasa	5.79	6.34
Proteína	14.73	16.9
Humedad	7.71	10.2

Fuente: Mujica *et al.*, (2006).

Los constituyentes minerales de la Quinua y Cañihua se mencionan en la tabla 2.

Tabla 2. Constituyentes minerales de Quinua y Cañihua contenido en 100g.

Minerales	Quinua (mg/100g de porción)	Cañihua (mg/100g de porción)
Ca	66.6	110
P	408.3	375
Mg	204.2	199.1
k	1040.0	1000
Fe	10.9	13.0
Mn	2.21	3.4
Zn	7.47	6.44

Fuente: Bravo *et al.*, (2010).

Mujica *et al.*, (2006) Señala que una proteína es biológicamente completa cuando contiene todos los aminoácidos esenciales en una cantidad igual o superior a la establecida para cada aminoácido en una proteína de referencia o patrón. Las proteínas que poseen uno o más aminoácidos limitantes, es decir que se encuentran en menor proporción que la establecida para la proteína patrón, se consideran biológicamente incompletas, debido a que no puede utilizarse totalmente.

El contenido de aminoácidos en la Quinua y Cañihua se presenta en la tabla 3.

Tabla 3. Contenido de aminoácidos en los granos de Quinoa y Cañihua.

Aminoácidos	g. de aminoácidos/16g. de nitrógeno	
	Quinoa	Cañihua
Ácido Glutámico	13.2	13.6
Ácido aspártico	8	7.6
Alanina	4.1	4.1
Arginina	8.1	8.3
Cistina	1.7	1.6
Fenilalanina	3.7	3.7
Glicina	5	5.2
Histidina	2.7	2.7
Isoleucina	3.4	3.4
Leusina	6.1	6.1
Lisina	5.6	5.3
Metionina	3.1	3.0
Nitrógeno	2.05	2.51
Prolina	3.4	3.2
Serina	3.9	3.9
Tirosina	2.5	2.3
Treonina	3.4	3.3
Triptófano	1.1	0.9
Valina	4.2	4.2

Fuente: Bravo *et al.*, (2010).

2.3.1. Variedades de los granos de Quinua y Cañihua

Blanca de Juli, (Apaza, 2002) indica que la selección de eco tipos locales de Juli-Puno, grano mediano con 1.4 a 1.8 mm de diámetro, de color blanco, semidulce, tipo de panoja glomerulada algo laxa, periodo vegetativo 160 a 170 días (semitardia), rendimiento 2500 Kg/Ha, tolerancia intermedio al mildiu.

Kancolla, (Apaza, 2002) el grano es obtenido por la selección masal de eco tipos de Cabanillas-Puno, grano mediano de 1.6 a 1.9 mm de diámetro, de color blanco, alto contenido en saponina, tipo de panoja glomerulada, periodo vegetativo 160 a 180 días (tardía) rendimiento 3500 Kg/Ha, tolerancia intermedia al mildiu.

Mujica *et al.*, (2006) indica que las principales variedades de Cañihua actualmente cultivadas son:

Cupi, tipo lasta, de doble propósito grano y forraje, su periodo vegetativo es de 140 a 150 días, rendimiento 2,5 a 3 toneladas/hectárea altamente tolerante a heladas.

Ramis, tipo lasta, producción grano grande, su periodo vegetativo es de 140 a 150 días, rendimiento 1,5 a 2,5 toneladas/hectárea altamente tolerante a heladas

2.4. Pan de molde

2.4.1. Generalidades

El pan de molde, es uno de los alimentos más ampliamente consumidos por la humanidad. Tradicionalmente, el pan se elabora a partir de harina del cereal de trigo. Muchos otros tipos de cereales pueden molerse para obtener harina pero la capacidad de las proteínas contenidas en el trigo para transformar una porción de harina y agua en una masa cohesiva que se transforma en pan queda corrientemente limitada al trigo. Los

métodos para estimar la calidad del pan van dirigidos normalmente a definir tres amplias categorías: calidad interna, calidad externa y calidad asociada a la textura y palatabilidad, en las que se incluyen el sabor y aroma (Cauvain y Young, 2002).

2.4.2. Características externas

Entre las características que con más frecuencia se estiman bajo este encabezamiento son las dimensiones, el volumen, la apariencia, el color y la formación de corteza. Las dimensiones críticas para la mayoría de los panes son la longitud y la altura, relegándose la anchura a un lugar menos importante. (Clemente *et al.*, 2010).

Existen dispositivos muy simples para medir las dimensiones del producto una vez acabado; entre ellos está la técnica de análisis de imagen, se considera un atributo de calidad deseable el contraste entre las áreas oscuras de la corteza y las más claras que se forman por expansión de la miga después del horneado. El color de la corteza y la miga del pan se estiman comúnmente mediante técnicas descriptivas. Pueden utilizarse métodos objetivos basados en comparaciones con cartas de colores normalizados como el sistema de Munsell o directamente con colorímetros triestímulos (Cauvain y Young, 2002).

Las características deseadas de la corteza y la miga varían con cada producto y con frecuencia se estiman subjetivamente, pero no son habituales porque la medida así obtenida está fuertemente influida por la compleja arquitectura de los productos (Cauvain y Young, 2002).

2.4.3. Características internas

Fierro y Jara, (2010) indica que el interés principal de las características internas del pan se limita normalmente al tamaño, número y distribución de alveolos en la miga,

el color de la misma y cualquier defecto de calidad que pueda apreciarse, como oquedades impropias o manchas densas visibles en un corte transversal del producto.

Como se mencionó anteriormente, (Clemente *et al.*,2010).indica que cada tipo de pan tiene sus propios requisitos sobre la estructura alveolar de la miga y, por tanto, no hay un solo estándar que pueda aplicarse a todos los producto. Debido a esta situación, el método más común que se utiliza es la estimación subjetiva de la estructura alveolar de la miga del producto comparándola con algún material de referencia.

Aunque la estructura alveolar de la miga es uno de los atributos más importantes de las características del pan, permanece aún como un parámetro muy difícil de cuantificar desde el punto de vista de su correlación con la percepción humana de la calidad (Cauvain y Young, 2002).

2.4.4. Estructura porosa del pan

Fierro y Jara, (2010) indican que la miga tiene una considerable importancia en la definición de la calidad del pan, que es una cualidad, criterio utilizado en la industria de panadería y laboratorios de investigación para evaluar las propiedades reológicas del pan. La producción de una estructura alveolar en el pan depende totalmente de la formación y retención de las burbujas de gas en la masa, el único nuevo gas disponible es el dióxido de carbono generado por la fermentación de las levaduras. El dióxido de carbono tiene muchas propiedades peculiares de las cuales, en este momento interesan dos: su elevada solubilidad y su relativa poca facultad de formar burbujas de gas (Cauvain y Young, 2002).

2.5. Procesamiento digital de imágenes

2.5.1. Análisis de imágenes

El procesamiento de imágenes se aplicó con éxito para investigar la estructura de un medio poroso (Pires *et al.*, 2007) como el pan es un sólido celular, este método puede proporcionar información sobre la estructura de la miga también señala que utilizar el análisis de imágenes para describir la forma y el tamaño de las células de aire de la miga de pan ayuda a determinar la estructura y la calidad del pan.

2.5.2. Etapas de procesamiento de imágenes

Se pueden caracterizar cuantitativamente características físicas como tamaño, morfología y propiedades de textura de cualquier imagen digital (Du y Sun, 2004).

Pedreschi *et al.*, (2004) indican que la adquisición de la imagen, se puede realizar por etapas como se menciona en la Figura 1, la adquisición de la imagen que consta en convertir una imagen en forma digital, el pre-procesamiento es obtener una imagen mejorada a la imagen original, la segmentación es separar por regiones de interés y extraer sus características, la clasificación nos sirve para identificar los objetos.



Fig. 1. Etapas de procesamiento digital de imágenes (Pedreschi *et al.*, 2004)

2.5.3. Adquisición de imagen

Podemos determinar que el proceso de la toma de adquisición de imágenes, inicia cuando el objeto de estudio es sometido a la captura de la imagen, mediante una cámara y esta es procesada y almacenada en un computador, considerar el efecto que

produce la iluminación mediante la intensidad de luz debe ser uniforme, ya que los niveles de gris que se ha determinado mediante los pixeles están determinando no solo por la característica física de la superficie del pan sino también por sus parámetros (Pedreschi *et al.*, 2006).

2.5.4. Características de toma de una imagen

2.5.4.1. Iluminación

Los errores de la iluminación son reconocidas en el histograma porque la región final o inicial de la escala de intensidad no es utilizada, mientras que en las otras regiones del histograma son ocupadas por valores de intensidad de pixeles, variando esta por la aplicación con diferentes tipos de iluminación y son fácilmente detectables por el histograma (Cuevas *et al.*, 2010).

2.5.4.2. Contraste

Se entiende como contraste al campo de valores de intensidad que en una imagen son utilizadas para la diferencia entre máximo y mínimo valor de intensidad de los pixeles. Un contraste completo de niveles de intensidad definidos para la imagen $a=a_{\min} \dots a_{\max}=0 \dots K-1$ (de negro a blanco) (Cuevas *et al.*, 2010).

2.5.4.3. Dinámica

Se entiende el número de pixeles diferentes que son utilizados en la imagen. El caso ideal para una imagen resulta cuando es utilizado el rango completo de valores de intensidad disponibles K para la imagen en cuestión, en este caso la región de valores es cubierta completamente. Una imagen cubra una región de valores de intensidad $a = a_{\min} \dots a_{\max}$, más pequeña que la completa con.

$$a_{\min} < 0 \text{ y } a_{\max} < 255 \quad (1)$$

Una dinámica alta presenta para una imagen una ventaja porque se reduce el riesgo de perder calidad en la imagen a través de las siguientes etapas de procesamiento. Por esa razón las cámaras digitales y los escáner profesionales tienen una resolución mayor a los 8 bits, normalmente de 12 bits a 14 bits, aunque los elementos de despliegue de la imagen tengan las resoluciones normales de 256 (Cuevas *et al.*, 2010).

2.5.5. Pre-procesado

Este proceso consiste en mejorar la imagen antes de ser utilizadas en el estudio, para mejorar la toma de la muestra a procesar es necesario eliminar el ruido que es considerado como alguna imperfección en la muestra.

2.5.6. Segmentación

Se realiza con el fin de separar las partes de interés del resto de la imagen, utilizando las herramientas del MATLAB R2013a y de ImageJ v1.49, es posible segmentar una imagen del nivel de intensidad de los objetos participantes en la escena, solo es necesario marcar un nivel de intensidad (Umbral) a partir del cual los elementos de la imagen podrán ser clasificados en dos clases, cada una de las regiones de interés (que comparten ciertas propiedades) se denomina objeto, antes de segmentar es preciso definir que objetos interesa determinar, tras la segmentación es posible realizar operaciones de filtrado (a nivel de objetos), así como determinar características que permitan clasificar objetos, una buena segmentación busca claramente valores diferentes de las características discriminantes (Cuevas *et al.*, 2010).

Al aplicar un umbral, u , se genera una partición de la imagen mediante:

$$L(x, y) = \begin{cases} 1, I(x, y) \leq u \\ 0, I(x, y) > u \end{cases} \quad (2)$$

Esto equivale a definir el conjunto (en este ejemplo, de nivel inferior)

$$L_u = \{(x, y) \in \Omega / I(x, y) < u\} \quad (3)$$

Sin embargo, puede haber limitaciones; si las distribuciones están solapadas, ningún umbral aplicado directamente sobre la luminancia de la imagen puede obtener una segmentación libre de errores.

2.5.7. Clasificación

Las características extraídas de cada región son analizadas y asignadas a una clase definida

que represente a todos los posibles tipos de las regiones esperadas de la imagen. El clasificador es designado siguiendo un entrenamiento supervisado. Los clasificadores simples pueden ser implementados comparando las características medidas en la segmentación de la imagen. Sin embargo, también es posible utilizar técnicas de clasificación más sofisticadas, como las que llevan a cabo análisis estadísticos y geométricos del espacio vectorial de las características o los que utilizan las redes neuronales o lógica difusa (Moya, 2011).

2.5.8. Descripción y extracción de características

2.5.8.1. Porosidad

Rodríguez, (2010) menciona que únicamente la porosidad (n) como una propiedad física, es decir como un parámetro numérico, denominado también volumen poroso. Se define como el volumen ocupando los espacios vacíos (V_v) por unidad de Volumen de muestra (V), y se expresa en porcentaje:

$$n = (V_v / V) \times 100 \quad (4)$$

La porosidad admiten ciertas matizaciones y se establecen distintos tipos, siendo los principales: la porosidad total y la porosidad abierta. La porosidad total (n) se define como el volumen total de vacíos por unidad de volumen total de muestra. En este caso deben contabilizarse todos los espacios vacíos presentes: abiertos y cerrados, accesibles y no accesibles. La porosidad abierta (V) se conoce también como porosidad accesible y se define de la misma forma como el volumen de poros abiertos (V_a) o comunicados entre sí y con el exterior. Por unidad de volumen total de muestra (V_t) (Rodríguez, 2010).

$$(V) = (V_a / V_t) \times 100 \quad (5)$$

Esta porosidad se determina normalmente mediante técnicas experimentales, basadas en la toma de una imagen en forma directa o transversal a tras luz o con luz directa y cuantificando los datos por medio de un computador. La porosidad total es, por definición, el máximo valor de porosidad que presenta un material. En el caso ideal de que todos sus poros estén conectados con el exterior de la muestra, la porosidad total y la porosidad abierta coinciden (Ramírez *et al.*, 2010).

La porosidad de un sistema puede ser medida por diversos métodos. El más simple es el método directo, en el cual el volumen total del sistema es medido y posteriormente la muestra es compactada para remover todo el espacio poroso. Luego la diferencia de estos volúmenes nos da la porosidad total del sistema. Para medirlo el método más ampliamente utilizado es el llamado expansión de gas. En la Figura 2 se grafica el Esquema que muestra cómo se utiliza la expansión de un gas, para calcular n (López *et al.*, 2004).

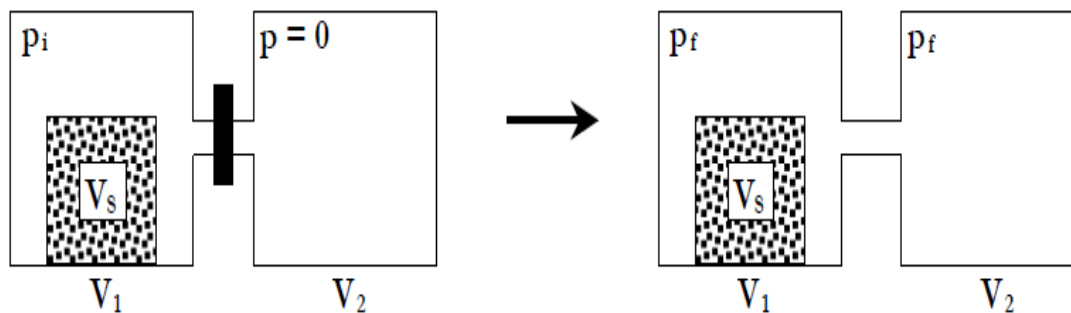


Fig. 2. Esquema que muestra cómo se utiliza la expansión de un gas (López *et al.*, 2004).

$$n = 1 - \frac{V_1}{V_s} - \frac{V_2}{V_s} \frac{p_f}{p_i - p_f} \quad (6)$$

2.5.8.1.1. Medio poroso

Podríamos definir a un medio poroso como aquel material compuesto por dos fases: una matriz sólida y en su interior un sistema de huecos (poros) que pueden o no estar interconectados entre sí. Estos últimos pueden tener geometrías, tamaños y topologías variadas, dependiendo del origen de su formación. La geometría de un sistema poroso describe las formas y tamaños de sus poros como así también la rugosidad de la superficie. Mientras que la topología nos dice el modo en que dichos poros están conectados entre sí. (López *et al.*, 2004).

2.5.8.2. Dimensión fractal

2.5.8.2.1. Análisis fractal

Un fractal es un objeto geométrico cuya estructura básica se repite en diferentes escalas, combinan irregularidad y estructura. El término fue propuesto por el matemático Benoit Mandelbrot en 1975. En muchos casos, los fractales pueden ser generados por un proceso recursivo o iterativo, capaz de producir estructuras auto-similares independientemente de la escala específica (Laencina, 2009).

2.5.8.2.2. Realización de una imagen fractal

Hay muchas maneras, y una de ellas es con la repetición constante de un cálculo simple. En eso las computadoras han venido a ser muy útiles, con el software adecuado se pueden generar imágenes fractales repitiendo un patrón fijo, un fractal es medio entre valores (0 y 1) (Laencina, 2009).

La dimensión fractal es una propiedad que caracteriza la desigualdad (aspereza) de una imagen. Un método conocido para la evaluación de dimensión fractal es un variación de frente conocido se procede a contar series, que es eficiente y exacto para la clasificación de trabajos de textura (Haralick *et al.*, 1973).

Fractal se refiere a entidades, especialmente a una serie de pixeles, que presenta un rango de similaridad con diferente escala. La dimensión fractal para una superficie rugosa es mayor que la dimensión para una superficie lisa – suave. Textura fractal de una imagen se puede determinar usando la FD derivada del poder-ley escalas (Matiacevich *et al.*, 2009). El método de Fourier fractal fue usado en cómputo la FD de poder de Fourier espectro de la selección de área y de escala de grises de una imagen.

2.5.8.3. Textura

Haralick *et al.*, (1973) describe la textura como uno de los tres tipos fundamentales de la función utilizada por los seres humanos para distinguir las regiones en una escala de grises, los otros dos son el tono y el contexto, de estos tres tipos de función, el tono y la textura sólo pueden ser evaluados automáticamente por una computadora. También señala que el tono y la textura no se puede separar por completo, en un área pequeña con grandes variaciones en el tono, la textura es la característica dominante, mientras que en una pequeña área con grandes variaciones en la textura, el

tono es la propiedad dominante. En un área que consta de un solo píxel es imposible definir la textura, el tono es la única propiedad que puede ser definido, ya que la textura es una propiedad de las variaciones espaciales en el tono y no puede haber variación espacial dentro de un solo píxel. El tono es fácilmente definido, tanto en términos subjetivos y condiciones objetivas.

Textura, por el otro lado puede ser fácilmente descrito en términos subjetivos, grueso o fino, estriado o cantos rodados, y así sucesivamente pero es muy difícil de definir medidas objetivas correspondientes a estos conceptos subjetivos. Haralick describe en términos de texturas primitivas tonales regiones con tonos uniformes. Los primitivos tonos tienen las propiedades de forma, tamaño y nivel de tono gris, estas propiedades de las primitivas tonales se puede utilizar para describir la textura de manera que se puede calcular (Haralick *et al.*, 1973).

2.5.8.4. Color

2.5.8.4.1. Imágenes RGB

Cuevas *et al.*, (2010) describen el modelo de color RGB, se basa en la combinación de los colores primarios rojo (R), verde (G) y azul (B). El origen de este modelo se encuentra en la tecnología de la televisión y puede ser combinada como la representación fundamental del color en las computadoras, cámaras digitales y escáneres, así como en el almacenamiento de imágenes. La mayoría de los programas para el procesamiento de imágenes y de representación gráfica utilizan este modelo para la representación interna del color.

2.5.8.4.2. Modelo RGB

Según Rosales, (2006) el modelo se basa en el sistema de coordenadas cartesianas, los

colores R (rojo), G (verde), B (Azul) están en tres vértices; mientras que el cian, magenta y amarillo se sitúan en los otros vértices, el negro corresponde al origen y el blanco en el vértice más alejado del origen. En este modelo la escala de grises se extiende desde negro al blanco. El tetraedro que forma este modelo es unitario, es decir todos los valores R, G, y B están en el rango [0,1].

El modelo RGB forma un cubo, cuyos ejes de coordenadas corresponden a 3 colores primarios R, G y B. los valores RGB son positivos y sus valores se encuentran restringidos al intervalo de $[0, V_{\max}]$, en donde normalmente $V_{\max} = 255$. Cada posible color C_i corresponde a un punto dentro del cubo RGB, con los componentes:

$$C_i = (R_i, G_i, B_i) \tag{7}$$

Tabla 4. Intervalo de valores de los componentes de color (Rosales, 2006).

Punto	Color	R	G	B
N	Negro	0	0	0
R	Rojo	1	0	0
A	Amarillo	1	1	0
G	Verde	0	1	0
C	Cyan	0	1	1
B	Azul	0	0	1
M	Magenta	1	0	1
W	Blanco	1	1	1
K	Gris	0.5	0.5	0.5

Donde $0 \leq R_i, G_i, B_i \leq V_{\max}$. Normalmente el intervalo de valores de los componentes de color son normalizados al intervalo [0,1], de tal forma que el espacio de colores quedaría representado por el cubo unitario mostrado en la figura 3. El punto $N = (0,0,0)$ corresponde al negro, $W = (1,1,1)$ corresponde al blanco y todos los

puntos que se encuentran en la línea entre N y W son las tonalidades a escala de grises donde los componentes R, G y B (Rosales, 2006). Como se muestra en el Tabla 4.

El modelo RGB forma un cubo, cuyos ejes de coordenadas corresponden a 3 colores primarios R, G y B. los valores RGB son positivos y sus valores se encuentran restringidos al intervalo de $[0, V_{\max}]$, en donde normalmente $V_{\max} = 255$. Cada posible color C_i corresponde a un punto dentro del cubo RGB, con los componentes (Rosales, 2006).

2.5.8.4.3. Conversión de color

Rosales, (2006) menciona que debido que al captar una imagen para extraer sus colores principales y siendo el modelo RGB el más adecuado en tratamiento de imágenes, puede ser deseable que a partir de estas tres variables de color se obtengan además otras características tales como el HSL (Hue-Saturation-Lightness) tonalidad, saturación y luminosidad. Se tiene la necesidad de hacer conversiones entre modelos de color. Normalización de los valores de los planos de color tal que:

$$R' = \frac{C_{\max} - R}{C_{dif}} \quad G' = \frac{C_{\max} - G}{C_{dif}} \quad B' = \frac{C_{\max} - B}{C_{dif}} \quad (8)$$

Dependiendo de cuál de los planos de color presenta un mayor valor, puede calcularse una variable auxiliar H' tal que:

$$\begin{aligned} H' &= B' - G' && \text{si } R = C_{\max} \\ H' &= R' - B' + 2 && \text{si } G = C_{\max} \\ H' &= G' - R' + 4 && \text{si } B = C_{\max} \end{aligned} \quad (9)$$

El modelo de color HSL (Tonalidad, Luminancia y Saturación, “Hue”, “Luminance”, “Saturation”) los parámetros de luminancia y saturación corresponden al eje vertical y al radio que se establece entre el eje de luminancia y el valor del color en

cuestión. La representación de este modelo HSL que es común encontrar es la de la doble pirámide (figura 3). Donde los puntos negros y blancos en este modelo se encuentran ubicados en la parte baja y alta de ambas pirámides. Los colores básicos rojo, verde y azul así como sus combinaciones se encuentran ubicados en la base donde se juntan ambas pirámides (Cuevas *et al.*, 2010).

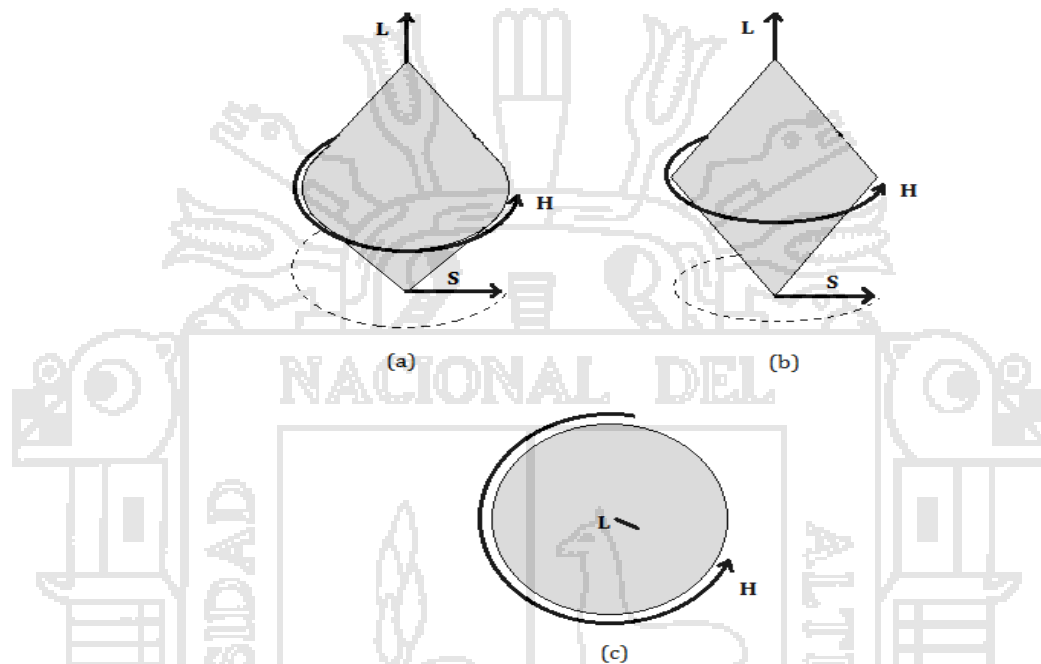


Fig.3. Modelo de color HSL. (a) Modelo HSL en perspectiva de arriba, (b) modelo HSL en perspectiva frontal y (c) base de ambas pirámides del modelo HSL.

2.6. Granulometría

Según Salager, (1991) menciona que los distintos métodos existentes para realizar análisis granulométrico, quizá el más utilizado sea la tamización con tamices acoplados en cascada. Para realizarlo se coloca un juego de tamices en cascada, es decir, ordenados de arriba abajo por orden decreciente de luz o abertura de malla. El producto a analizar se añade sobre el primer tamiz, es decir aquel de abertura de malla mayor y se somete el conjunto a un movimiento vibratorio.

El producto a analizar o producto bruto, B, queda distribuido en diferentes fracciones según el tamaño de partícula denominándose: RECHAZO: producto que queda sobre el tamiz, CERNIDO: producto que atraviesa el tamiz

En una tamización en cascada el cernido de un tamiz constituye la alimentación del siguiente, por lo tanto se obtienen tantos rechazos como tamices constituyan la cascada y un solo cernido, constituido por el producto que atraviesa las mallas del último tamiz de abertura de malla más pequeña. Teóricamente se debe cumplir que $B=C+R$, siendo B la cantidad a analizar o producto bruto, C el cernido y R la suma de todos los rechazos.

Conociendo los datos de cada una de las fracciones retenidas en los diferentes tamices se pueden establecer una serie de índices de gran interés en análisis granulométrico por tamización (Fernandez, 2000).

Índice de cernido (I_C), o porcentaje de b que representa la fracción de finos c:

$$I_C = C/B * 100 \quad (10)$$

Índice de rechazo (I_R), o índices de gruesos:

$$I_R = R/B * 100, \quad \text{siendo } I_C + I_R = 100 \quad (11)$$

Diámetro medio, de las partículas retenidas entre dos tamices consecutivos, se expresa como la media aritmética de la abertura de malla (I_i) de las mismas:

$$D_2 = \frac{I_1 + I_2}{2}; D_3 = \frac{I_2 + I_3}{2} \quad (12)$$

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

El trabajo de investigación se ejecutó en el laboratorio de Análisis de Imágenes de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial y el Laboratorio de aguas y suelos de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano Puno. Para la elaboración de los panes de molde se hizo uso de la planta piloto del Proyecto especial binacional lago Titicaca (PELT) ubicado en el Departamento de Puno.

3.2. Materiales, equipos y otros

3.2.1. Materia prima

Se utilizaron 2 variedades de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), Blanca de Juli y Kancolla y 2 variedades de Cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), Cupi y Ramis. Obtenidas de la Asociación de Productores, Agropecuarios, Agroindustriales y Artesanales Wiñay Marca de Laquinuyo, del Departamento de Puno, Provincia del Collao Distrito de Ilave.

3.2.2. Materiales

- Horno rotativo a convección Nova Max1000 de 18 bandejas electrónico a petróleo.
- Amasadora industrial Nova k15 capacidad 50 kilos.
- Laminadora industrial Nova Mk 500.
- Cámara de fermentación Industrial Nova Max 1000.
- Rebanadora de pan de molde K25.
- Mesa de Acero inoxidable.

- Molde mediano Alusin, diámetros 38cm * 9cm*9cm.
- Balanza comercial de 10Kg.
- Balanza analítica digital precisión marca AND FR-300 Japón.

3.2.3. Equipos de laboratorio

- Cámara digital D7000 4F–SDX con objetivo micro Nikkor 40 mm marca Nikon.
- Scanner hp Scanjet G2410.
- Computador Pentium (R) Dual-Core i7, 2,00 GB Ram 4 GHz.
- Papel Kanson color negro.
- Tamices N° 40, 50, 60, 70 pulgadas.
- Cronómetro Taymer
- Tampón.
- Tinta de tampón chino.
- Rodillo de esponja.

3.2.4. Sistema de iluminación

- Soportes y conexión eléctrica a la red de 220V.
- Caja cúbica negra, interiormente acondicionada con 9 LEDs de 10 voltios.

3.2.5. Software

- MATLAB (The Language of Technical Computing) version 8.1.0.604 (R2013a).
- ImageJ version 1.49. (Image Processing Program)
- Sigma Plot versión 12.0. (Exact Graphs and Data Analysis)
- Statgraphics plus versión 5.1.

3.3. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

El presente trabajo de investigación se ha realizado según el diagrama experimental mostrado en la Figura 4. En el cual se muestra el proceso realizado de tamizado de la harina de Quinua y Cañihua, el diagrama de flujo muestra el

procedimiento de la obtención de los diferentes tamaños promedios de grano de las respectivas harinas.

3.3.1. Descripción del proceso de tamizado de harina de Quinua y Cañihua

Recepción de la materia prima

En esta etapa se realizó la recepción de la materia prima: de la harina de Quinua variedad Blanca de Juli, Kancolla y de la harina de Cañihua variedad Cupi, Ramis.

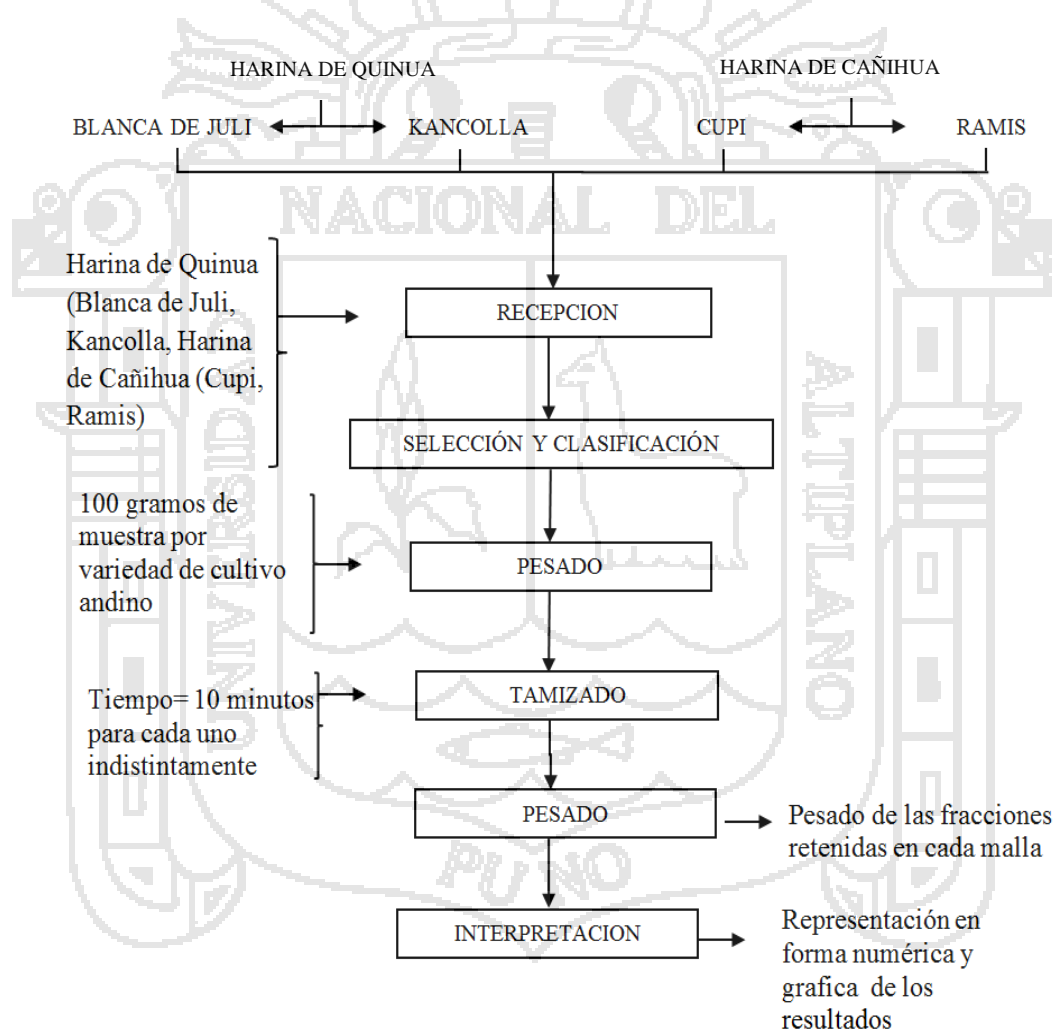


Fig. 4. Diagrama de flujo para el estudio del tamizado de harina de Quinua y harina de Cañihua.

Selección y clasificación

En esta etapa se seleccionó la materia prima a utilizar en el proceso de tamizado, se clasifico en diferentes recipientes para posteriormente pesarlas.

Pesado

En esta operación con la ayuda de una balanza analítica se procedió a pesar 100 gramos de cada variedad de las muestras de harina de Quinoa y harina de Cañihua en diferentes recipientes.

Tamizado

Se utilizó un equipo de tamizado a vibración del estándar Tyler, se procedió a colocar un juego de tamices en cascada es decir ordenados de arriba hacia abajo por orden decreciente de abertura de malla, el producto a analizar se añade sobre el primer tamiz, es decir aquel de abertura de malla mayor y se somete el conjunto a un movimiento vibratorio durante 10 minutos, para tal caso se hizo uso de 7 mallas el N°30, 40, 50, 60, 70, 80,90.

Pesado

Se procedió a pesar indistintamente la masa retenida en los diferentes tamices de las 4 muestras tomadas en distintos espacios de tiempo.

Interpretación

Los datos obtenidos serán utilizados para su representación en forma numérica y/o grafica por medio del software Sigma Plot V. 12.0.

Diagrama de flujo del proceso de elaboración de pan de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Quinoa se muestra en la Figura 5.

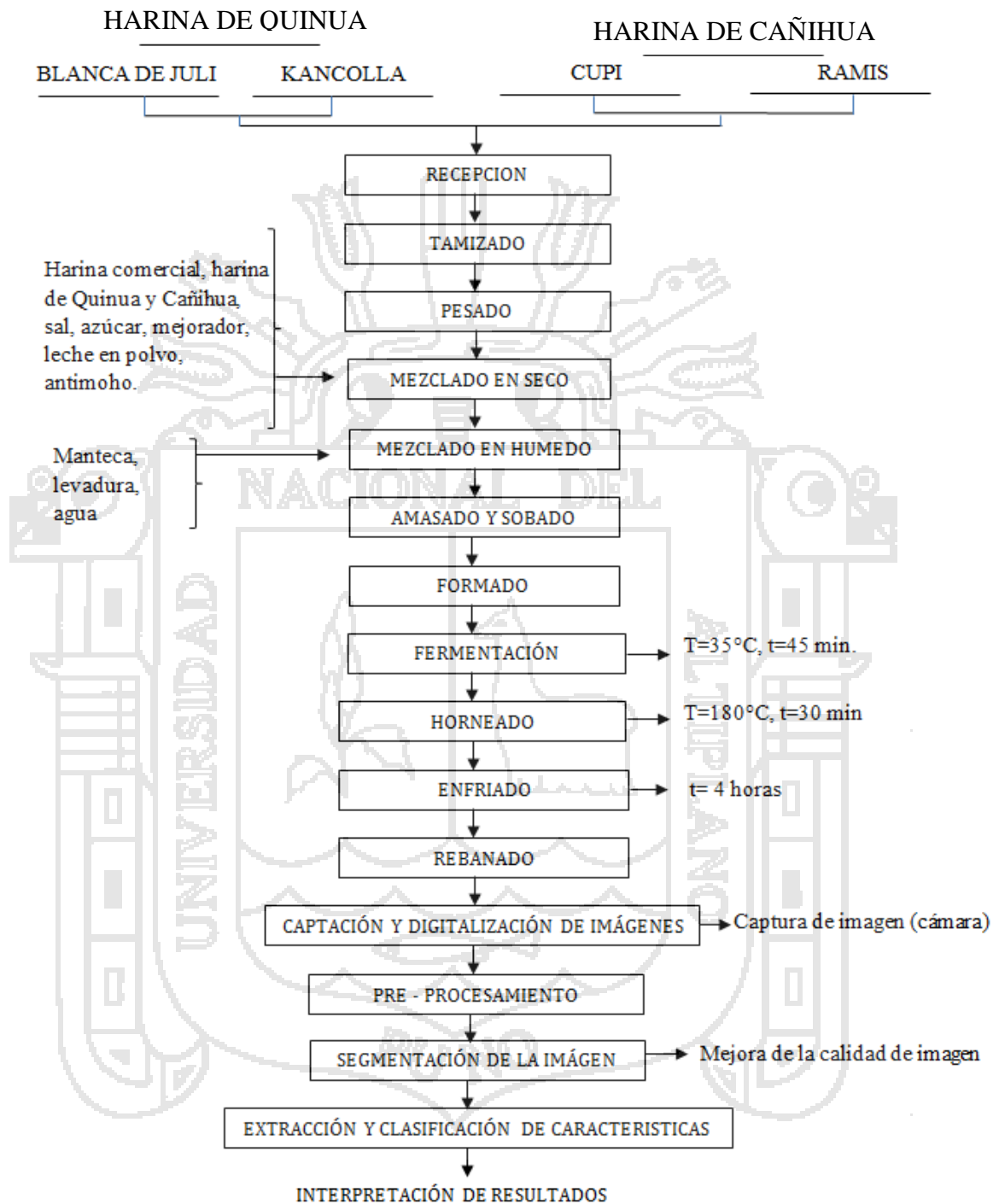


Fig. 5. Diagrama de flujo para el proceso de elaboración de pan de molde con sustitución parcial de harina de Trigo por harina de Quinoa y Cañihua, y su proceso de análisis de imagen.

3.3.2. Descripción del proceso de elaboración de pan de molde con sustitución parcial de harina de Trigo por harina de Quinoa y harina de Cañihua

Recepción de la materia prima

En esta etapa se realizó la recepción de la materia prima, estas deben ser de buena calidad, al momento de la recepción se debe manipular con mucho cuidado para evitar la contaminación directa y/o cruzada.

Tamizado

En esta operación se eliminó todas las impurezas que tengan las harinas utilizadas en el estudio, evitando así la contaminación física.

Pesado

En esta etapa se seleccionó los insumos que se utilizó para la elaboración de pan de molde poniendo énfasis en la sustitución de harina de trigo por harina de Quinoa y harina de Cañihua en distintos porcentajes de 5 %, 10 %, 15 %, y 20 % del total de 500 g por pan de molde que hacen un 25 g, 50 g, 75 g y 100 g de harina de Quinoa y harina de Cañihua separados en diferentes recipientes para ser sustituidos por harina de trigo.

Mezclado en seco

Haciendo uso de una amasadora se procede hacer el mezclado en seco de los insumos, se usó harina comercial 475 g, sal 9 g, azúcar 33.3 g, leche en polvo 25 g, mejorador 5 g, harina de Quinoa 25 g y antimoho 0.15 g, mezcla que corresponde para el 5 % de concentración de harina de Quinoa. Se realizó el mismo procedimiento para la harina de Cañihua. Así mismo se realizó las respectivas sustituciones para el resto de

panes restantes reemplazando únicamente la harina de trigo por la harina de Quinoa y harina de Cañihua en distintas concentraciones, de 10 %, 15 % y 20 %.

Mezclado en húmedo

Luego de haber mezclado en seco se procede a mezclar en húmedo que consiste en agregar a la mezcla anterior la manteca 50 g, levadura 15 g y agua 238 ml.

Amasado y sobado

En este proceso se realiza el amasado de todos los insumos logrando una mezcla homogénea y controlando el tiempo para lograr la liga correspondiente al pan de molde, es de aproximado a 18 min a una velocidad media.

Formado

Con la ayuda de un rodillo se procede a dar forma a la masa estirándolo sobre una superficie plana, logrando la forma y grosor adecuado, inicialmente se enrolla en forma de caracol calculando al tamaño del molde para que ingrese a su interior sin dañar su superficie, el peso de masa utilizado es de 900 gramos por cada pan de molde.

Fermentación

Este proceso consiste en la formación de la masa, logrando el crecimiento de los alveolos de la miga y la expansión de la masa dentro de los moldes, introduciéndolo en la fermentadora en un tiempo de 45 min. y una temperatura de 35°C, logrando así el tamaño y volumen adecuado.

Horneado

Se ingresa al horno los panes de molde previamente acondicionados, la

Temperatura del horno es de 180°C. Temperatura que se mantiene durante todo el proceso de horneado a un tiempo de 30 minutos.

Enfriado

Se enfría por un tiempo de 4 horas a temperatura ambiente, para proseguir con el rebanado, y evitar que los panes sufran ruptura o desgarramiento interno lo cual sería desventajoso para la investigación ya que uno de los parámetros de nuestro interés es la porosidad del pan.

Rebanado

En este proceso el pan de molde ingresa a la rebanadora para ser dividido en partes iguales.

Captación y digitalización de imágenes - Ajustes de disparo

- Flash: Apagado obligatorio.
- Velocidad ISO: ISO – 100.
- Modo de disparo: Manual.
- Diafragma: f/22.
- Modo de medición: Matricial.
- Modo de enfoque: AF – S.
- Tamaño /Calidad: Buena.
- Distancia focal: 40mm.

Pre-procesamiento

Una vez obtenida las imágenes se comienza a mejorar la calidad, para esto se emplean ciertos filtros digitales que eliminan el ruido en la imagen.

Segmentación de la imagen

La imagen pre-procesada es segmentada, para esto se utilizó el software MATLAB R2013a. Donde se desarrolló algoritmos que traten que la computadora simule hasta cierto grado el proceso de visión biológica. Esta imagen segmentada es una imagen binaria que consiste solo de píxeles blancos y negros, en donde “0” es negro y

“1” es blanco los cuales significan fondo y objeto respectivamente.

Extracción de características

En esta etapa se realizó principalmente la medición de la estructura de la miga de pan de molde siendo hallados principalmente datos de porosidad, dimensión fractal, textura y color, de la superficie del pan, imágenes tomadas a trasluz.

Interpretación de resultados

Finalmente se interpretó las características extraídas de cada pan de molde a diferentes TPP siendo estos, 0.42mm, 0.297mm, 0.25mm y 0.21mm. y cuatro porcentajes de sustitución al 5 %, 10 %, 15 % y 20 % de harina de Quinua y Cañihua.

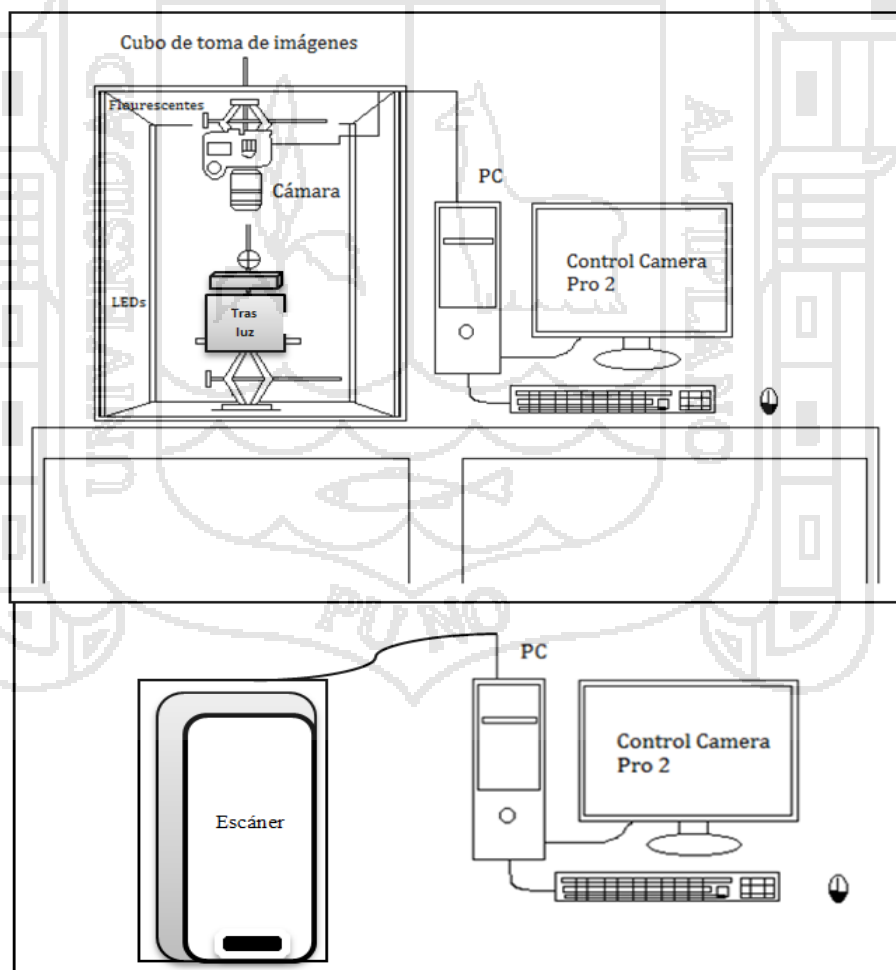


Fig. 6. Implementación del sistema de adquisición de imágenes.

3.4. MÉTODOS DE ANÁLISIS

3.4.1. Determinación de porosidad

El método se basa en el estudio de (Ramirez *et al.*, 2010). Donde selecciona al azar muestras de alimentos las cuales son seccionadas finamente, el procedimiento define un área de muestreo de un determinado tamaño, las imágenes son seleccionadas al azar y por medio de un algoritmo digitalizado en el Software MATLAB R2013a., las imágenes son procesadas y segmentadas donde una imagen a color (original) será convertida bidimensionalmente de una escala de grises luego a una escala blanco y negro. Los resultados se hallan aplicando la siguiente fórmula que es insertado al programa MATLAB R2013a. El cual es utilizado como lenguaje de programación. Como se presenta en la Figura 7.

El montaje experimental en el caso de la transmisión de luz se basa en la metodología de (Csimá, 2009) el método requiere la preparación de muestras adecuadas de 2 pulgadas que fueron acondicionadas a un sistema de adquisición de imágenes, montaje que consiste en una caja de color negro acondicionado con un sistema de iluminación a trasluz el mismo que cumple la función de soporte para la muestra, la captura de imagen se realizó en forma vertical a una distancia de 16 cm entre el focal de la cámara y la muestra, El manejo de la cámara se realizó mediante el software Camera Control Pro 2 (versión 2.8.001), conectado al puerto USB de la computadora. La porosidad se determinó realizando lo siguiente:

$$n = (V_v / V) \times 100 \quad (13)$$

Dónde:

n = porosidad

V_v = volumen que ocupa los espacios vacíos

V = unidad de volumen de muestra

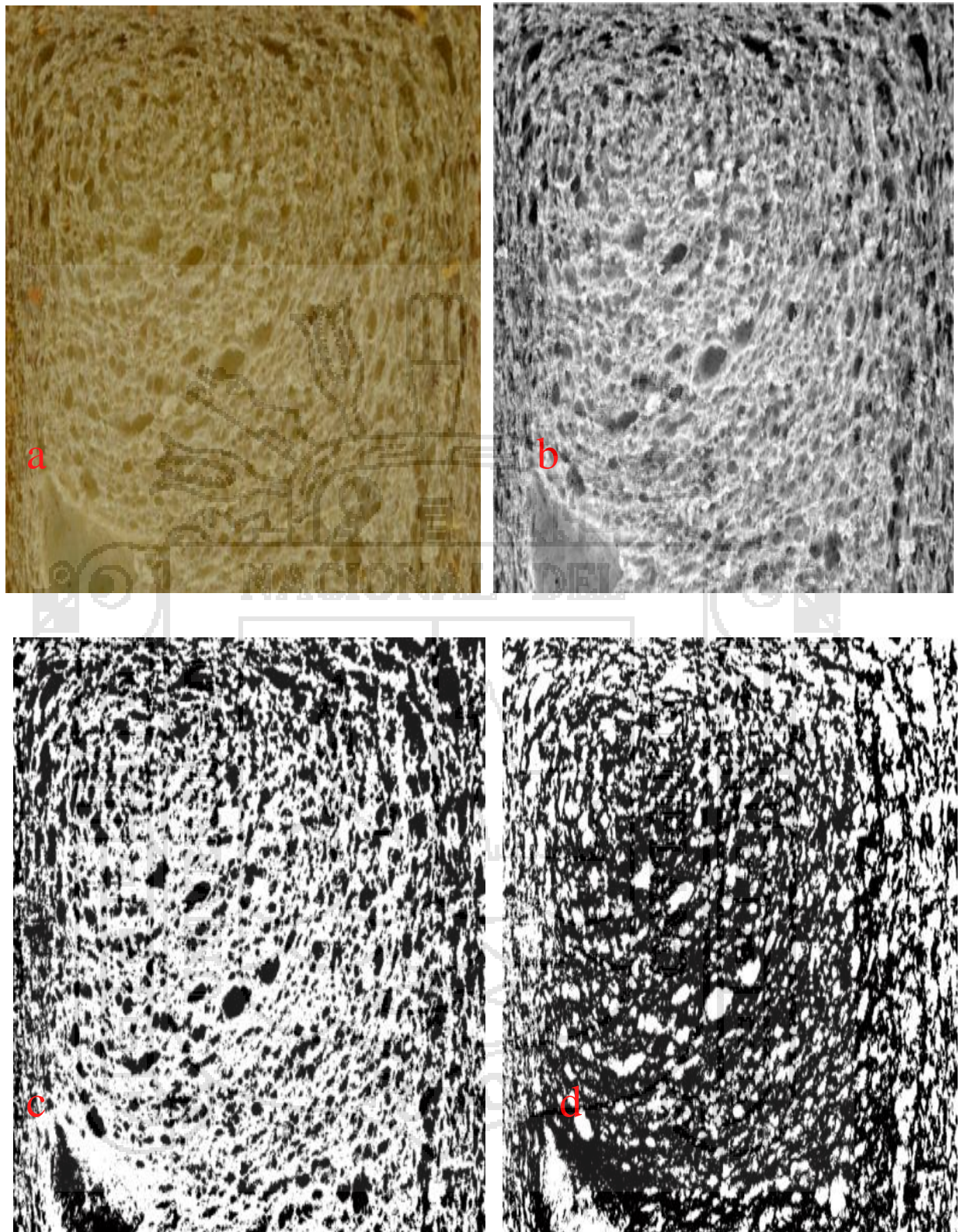


Fig. 7. Procedimiento para determinar la porosidad: (a) imagen original, (b) imagen a escala de grises, (c) imagen blanco y negro, (d) imagen binaria.

3.4.2. Determinación de dimensión fractal

El método se basó en el trabajo de (Pérez *et al.*, 2010). Que consiste en una estimación del contorno y superficie de la muestra. Donde las imágenes son convertidas a escala de grises con la función $I = \text{rgb2gray}$ en una rutina que consta en escanear los panes de molde en el formato TIFF el cual soporta una compresión que no ocasiona pérdidas y no elimina detalles en su proceso, para procesar los datos se utilizó el programa ImageJ versión 1.49 por medio de Fiji-Plugins-2.0.0-SNAPSHOT. Dimensionando la imagen seleccionada al azar con especificaciones de contorno externo de 2 pulgadas por 2 pulgadas (2x2pulg), para proceder a transformar la imagen original en forma bidimensional de una escala de grises a una escala blanco y negro por medio del programa se ajusta la imagen para luego dimensionar el fractal tal como se muestra en el esquema presentado en la Figura 8.

Los valores se utilizaron para obtener la dimensión fractal del perímetro de los poros usando la ecuación:

$$Df = - \frac{\text{Log } N(\varepsilon)}{\text{Log } \varepsilon} \quad (14)$$

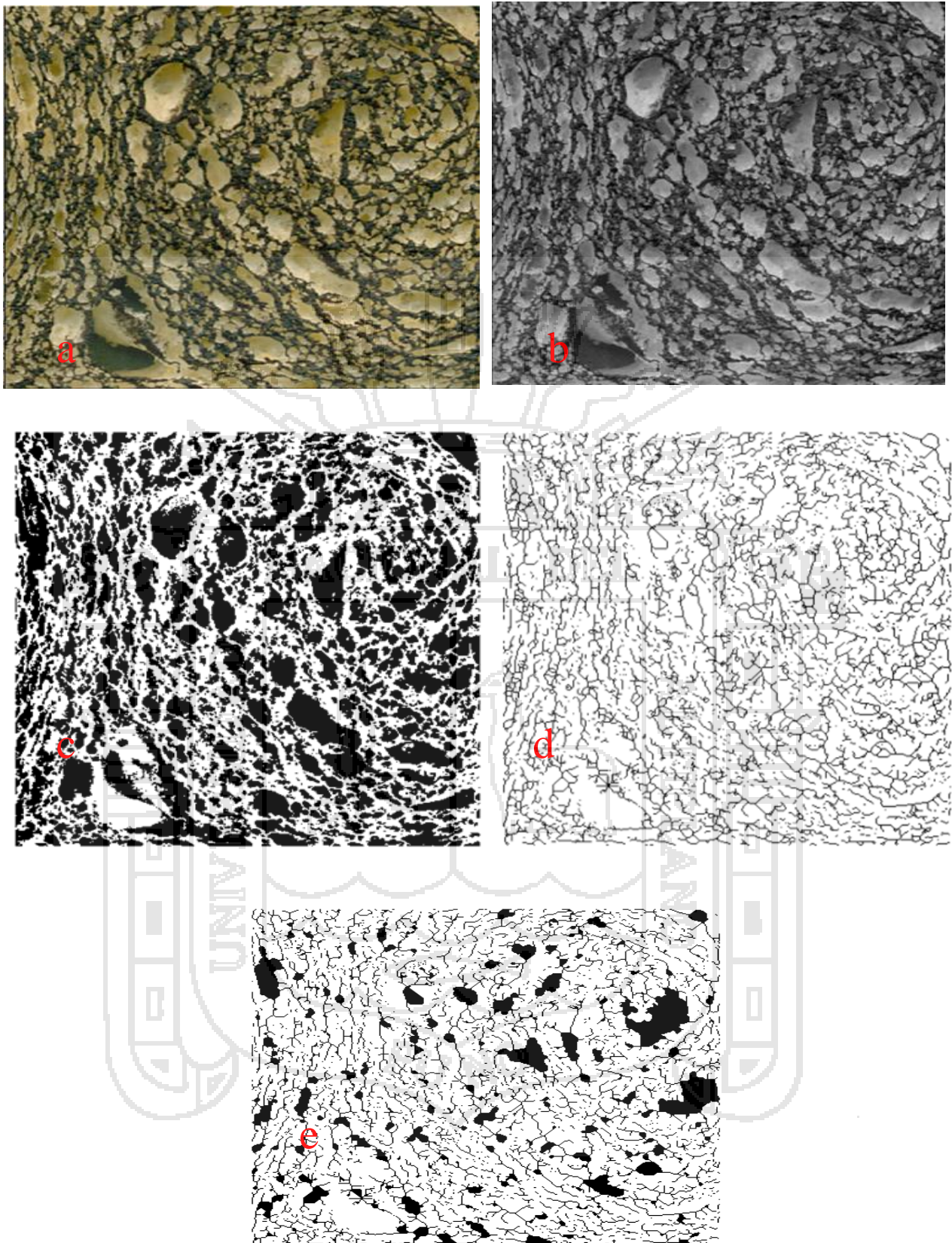


Fig. 8. Procedimiento para determinar la Dimensión Fractal: (a) imagen original, (b) imagen a escala de grises, (c) imagen blanco y negro, (d) imagen dilatada, (e) dimensión fractal.

3.4.3. Determinación de textura

Para hallar la textura se utilizó el método de (Botero y Restrepo, 2010) Quien por medio del programa ImageJ versión 1.49, halló textura en imágenes digitales lo cual describe la estructura de una superficie. A partir de esta matriz se calcularon 3 variables las cuales describen propiedades como homogeneidad, uniformidad y entropía, dimensionando la imagen seleccionada al azar con especificaciones de contorno externo de 2 pulgadas por 2 pulgadas (2x2pulg). El método consiste en transformar la imagen original en forma bidimensional. Como se observa en la Figura 9.

El descriptor de homogeneidad (*Inverse Difference Moment*) proporciona información sobre la regularidad local de la textura. Indica que mientras los elementos de la matriz estén más próximos a la diagonal principal mayor será el valor de la homogeneidad local. Se muestra en:

$$HO = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{Ci,j}{1 - (i - j)} \quad (15)$$

La uniformidad (*Angular Second Moment*) da una idea de la suavidad de la textura, y esto se refleja en la ubicación de sus probabilidades en la matriz de coocurrencia. De modo que si una mayor cantidad de píxeles de colores iguales cumplen con la condición de ocurrencia, será posible observar un pico de intensidad en la diagonal principal de la matriz. La forma de calcularla se muestra en:

$$Un = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n Ci,j \quad (16)$$

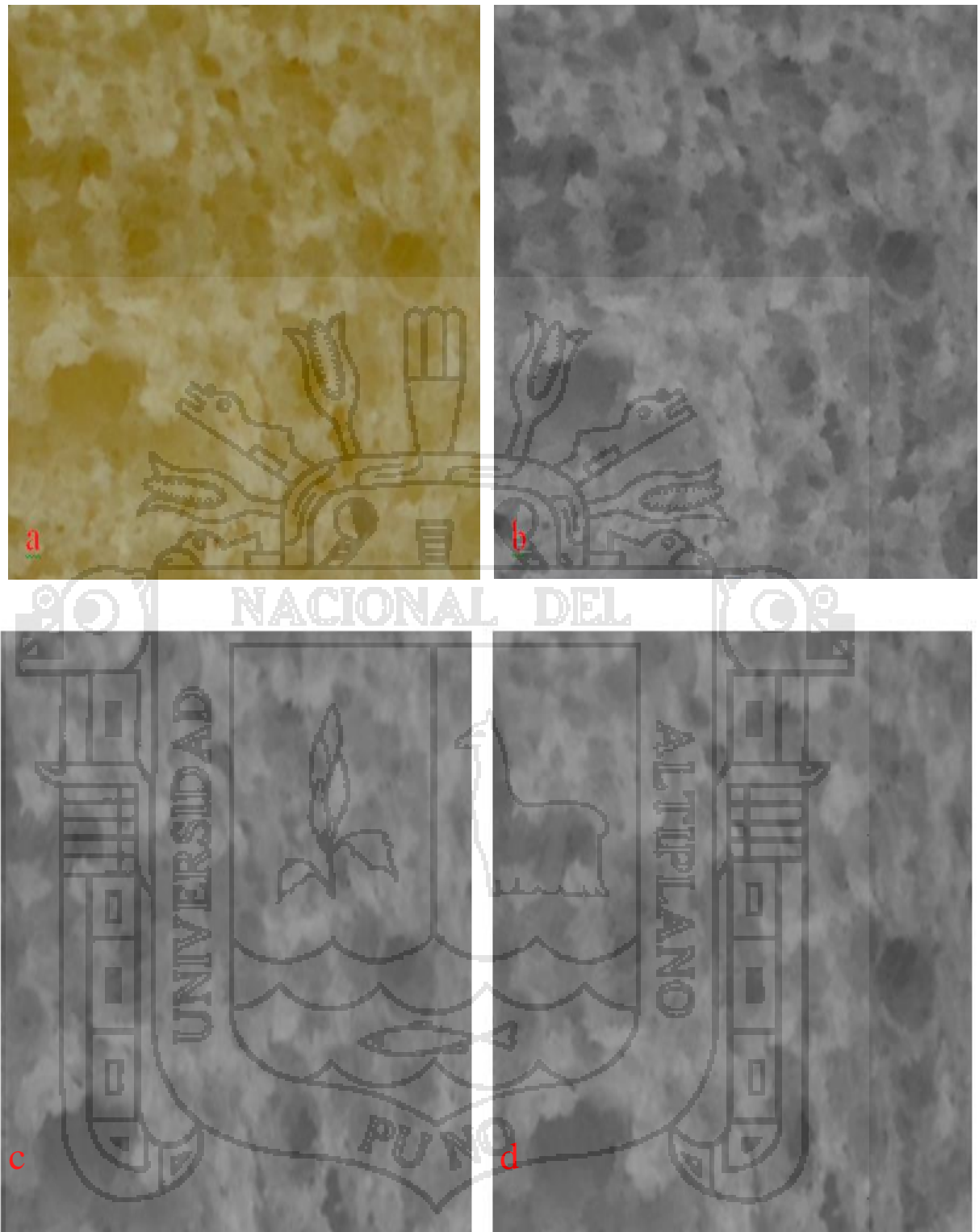


Fig. 9. Procedimiento utilizado en la determinación de los descriptores estadísticos de textura: (a) imagen original, (b) área seleccionada, (c) imagen a escala de grises, (d) resultado de ASM, IDM, ET.

La entropía (*Entropy*) es una medida del nivel de desorden en un sistema. Las imágenes que contienen escenas altamente homogéneas tienen una entropía asociada muy baja, mientras que las escenas inhomogéneas tienen una medida de entropía muy alta. La medida de entropía se obtiene de la siguiente manera:

$$f_s = - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n P(i,j) \log\{P(i,j)\} \quad (17)$$

3.4.4. Determinación de color RGB

Se usó la metodología de (Rosales, 2006) donde indica que el método denominado "thresholding method OTSU". Se utiliza para convertir una imagen de niveles de gris en una imagen binaria. Cada píxel es clasificado como blanco (valor 255) y negro (valor 0) dependiendo de si su nivel de gris excede o no un valor umbral.

Como se observa en la Figura 10.

$$x = Y/(X + Y + Z) \quad (18)$$

$$y = Y/(X + Y + Z) \quad (19)$$

$$z = Z/(X + Y + Z) \quad (20)$$

$$X = \left(\frac{x}{y}\right) Y, Z = (z/y) Y, \quad x + y + z = 1 \quad (21)$$

Con el fin de hallar el color se utilizó el software ImageJ versión 1.49 dimensionando la imagen seleccionada al azar con especificaciones de contorno externo de 2 pulgadas por 2 pulgadas, el método consiste en transformar la imagen original en una imagen RGB ajustándolo con el método de OTSU. Las coordenadas de cromaticidad o coeficientes tricromáticos X, Y, Z, son obtenidas a partir de las siguientes formulas y debido a que la suma de las coordenadas de cromaticidad es igual a 1, uno de los valores triestímulos, podría obtenerse a partir de la última ecuación (Rosales, 2006).

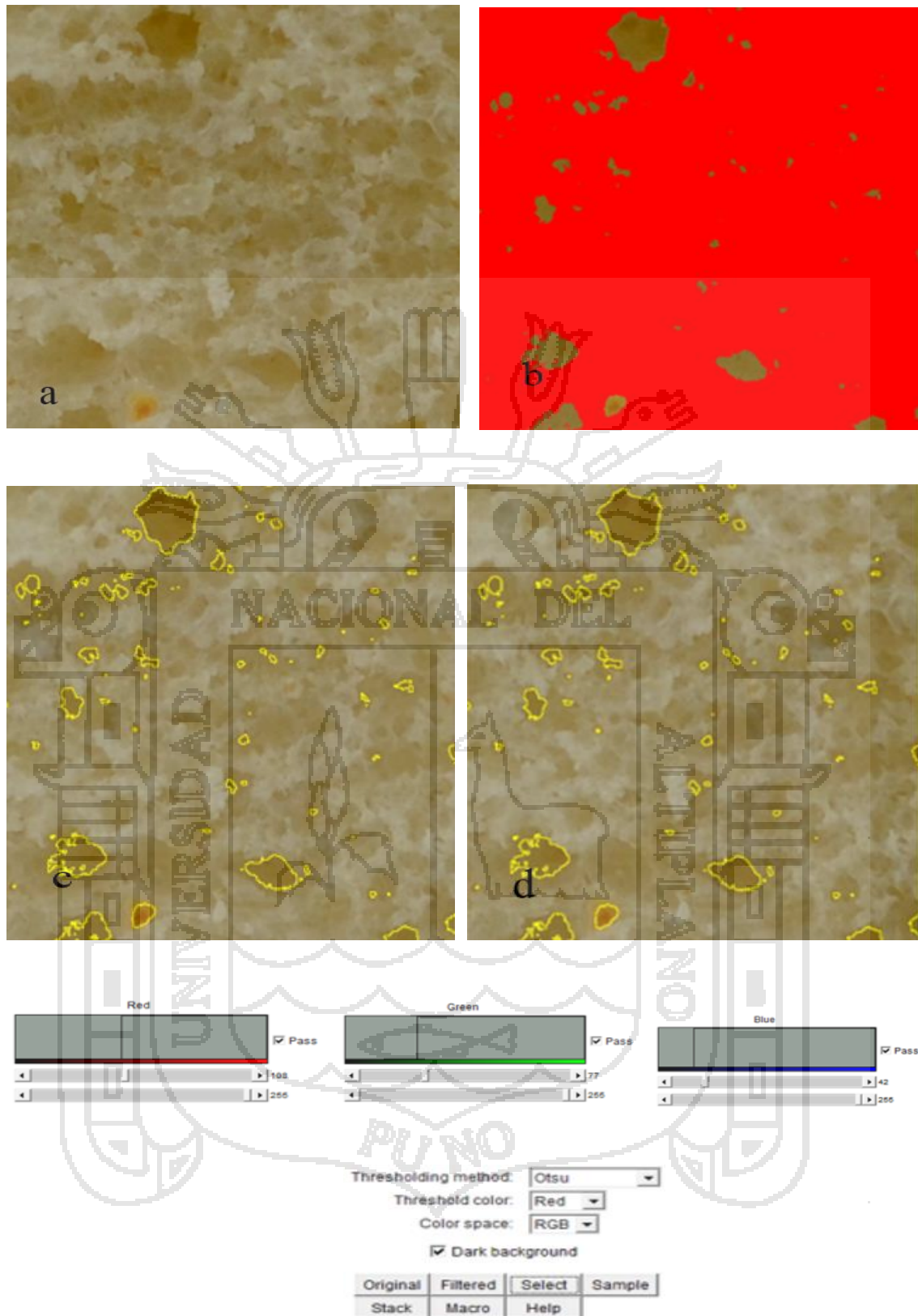


Fig. 10. Determinación de color RGB: (a) área seleccionada, (b) thresholding method OTSU, (c) analisis de medias de RGB, (d) resultado de RGB.

3.5. FACTORES Y VARIABLES

3.5.1. Unidades de análisis y observaciones

1. Variables en estudio

a. Variedades de Quinua y Cañihua

a.1 Variedades de Quinua

- Variedad Blanca de Juli (VAR1)
- Variedad Kancolla (VAR2)

a.2 Variedades de Cañihua

- Variedad Cupi (VAR3)
- Variedad Ramis (VAR4)

b. Porcentaje de sustitución

- 5 por ciento (%) (T1)
- 10 por ciento (%) (T2)
- 15 por ciento (%) (T3)
- 20 por ciento (%) (T4)

2. Variables de respuesta

- Características morfológicas
- Características de dimensión fractal
- Características de textura
- Características de color

3. Indicadores

unidades

a. Cambios en las características morfológicas

- Porosidad de la miga de pan

porcentaje (%)

b. Fractal

- Superficie

c. Textura

- Uniformidad (*Angular Second Moment*)
- Homogeneidad (*Inverse Difference Moment*)
- Entropía (*Entropy*)

d. Color

- H = Hue
- S = Saturation
- L = Lightness

(°)

(%)



3.6. ANALISIS ESTADÍSTICO

3.6.1. Matriz de diseño

Se utilizó el análisis de varianza (ANOVA), con un 95.0% de significancia y la prueba de Duncan para determinar las posibles diferencias entre los tratamientos. Se trabajó con el programa estadístico Statgraphics plus versión 5.1.

Para la recolección de datos se utilizó el modelo estadístico lineal bajo el diseño completo al azar con arreglo factorial de la serie 3ⁿ. (Ibañez, 2009).

Donde el modelo matemático lineal aditivo es el siguiente:

$$Y_{ijkl} = u + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

Dónde:

Y_{ijkl} = es la variable respuesta.

u = constante, media de la población a la cual pertenecen las observaciones.

α_i = efecto del nivel del Factor (A).

β_j = efecto del nivel del Factor (B).

γ_k = efecto del nivel del Factor (C).

$(\alpha\beta)_{ij}$ = efecto de la interacción del factor (A) y el factor (B).

$(\alpha\gamma)_{ik}$ = efecto de la interacción del factor (A) y (C).

$(\beta\gamma)_{jk}$ = efecto de la interacción del factor (B) y (C).

$(\alpha\beta\gamma)_{ijk}$ = efecto de la interacción de los factores (A), (B) y (C).

ε_{ijkl} = efecto del error experimental.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Determinación de porosidad.

En las Figuras 11, 12, 13 y 14 se presentan la variación de la porosidad, en función al tamaño promedio de partículas de harina y porcentajes de sustitución parcial de harina de trigo por harina de Quinua y Cañihua, y en los Anexos 14 y 15 se muestran los valores promedios de la variación de porosidad.

En las figuras 11 y 12 se observa que la porosidad en los panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Quinua y Cañihua, en ambas variedades muestran comportamientos distintos según el TPP y porcentaje de sustitución, con un valor óptimo de 81.81% a 67.99% para la variedad Blanca de Juli y 87.23% a 65.70% en la variedad Kancolla,

Los panes de molde utilizados en el estudio presentan valores distintos de porosidad, lo cual es razonable porque se trabajó con distintos TPP de harinas y diferentes porcentajes de sustitución. (Yarza, 2007) indica que una concentración mayor de otras harinas distintas a las del trigo reduce la cantidad de gluten en la masa y hace que la estructura superficial de los panes sean más distintas unas de otras, lo cual es cierto porque si no existiese la elasticidad que produce el gluten de la harina de trigo difícilmente la fermentación y el horneado se produciría con éxito ya que no existiría el aumento de volumen en la masa. Característica principal en panes de molde.

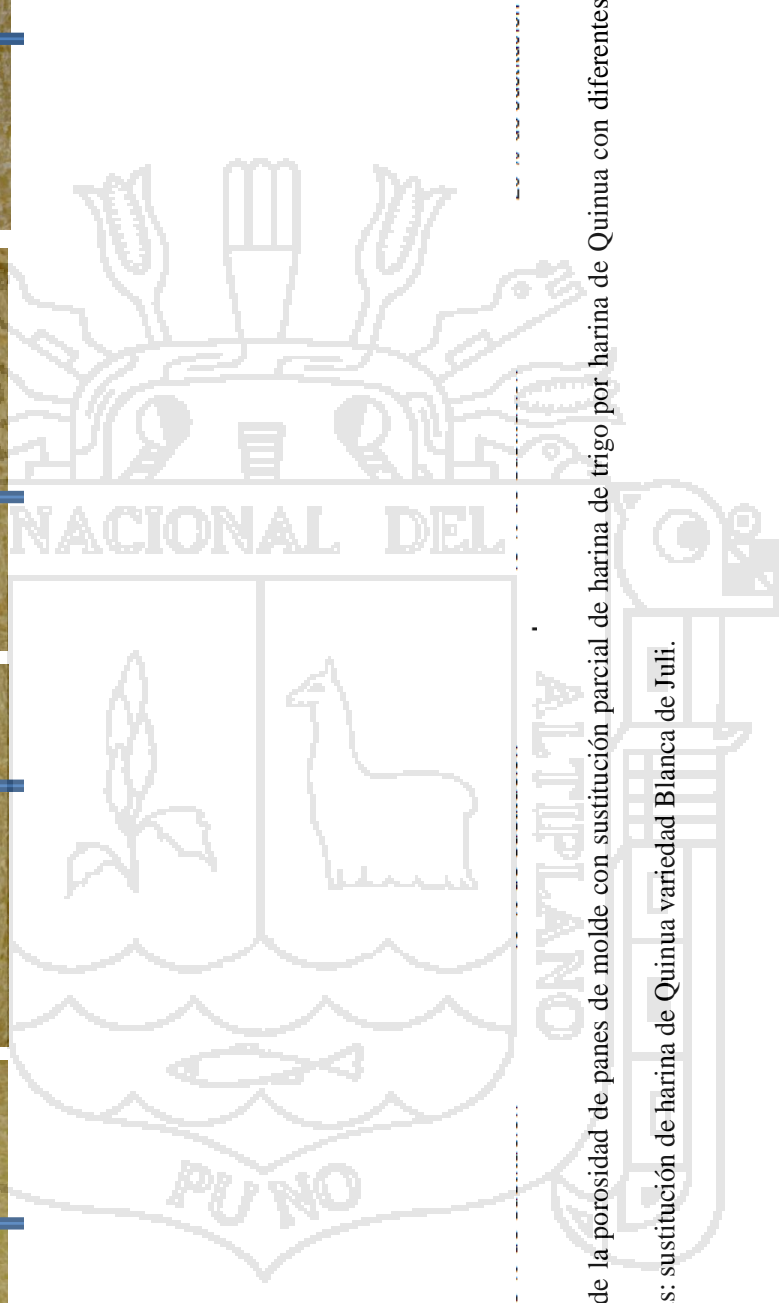
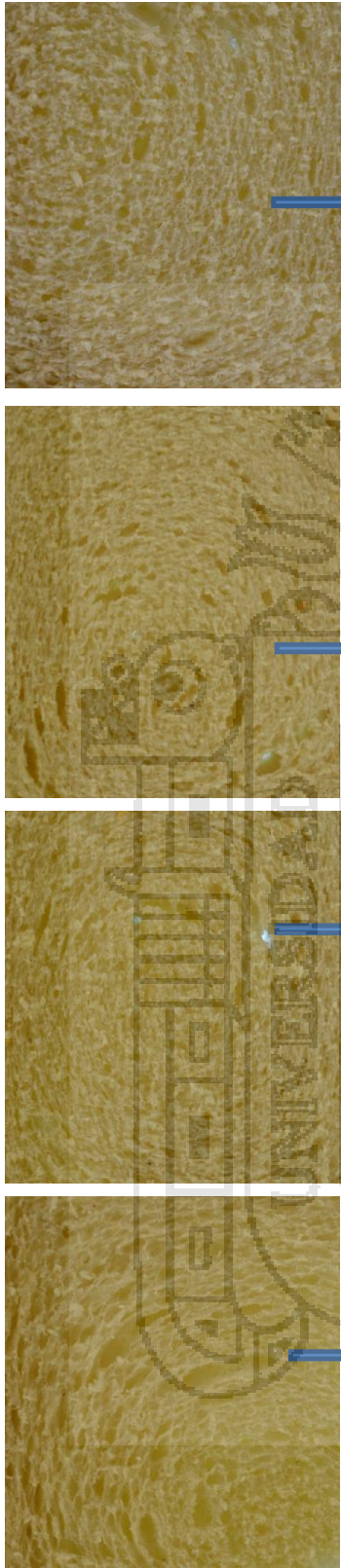


Fig. 11. Variación de la porosidad de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Quinua con diferentes tamaños de partículas de harinas: sustitución de harina de Quinua variedad Blanca de Juli.

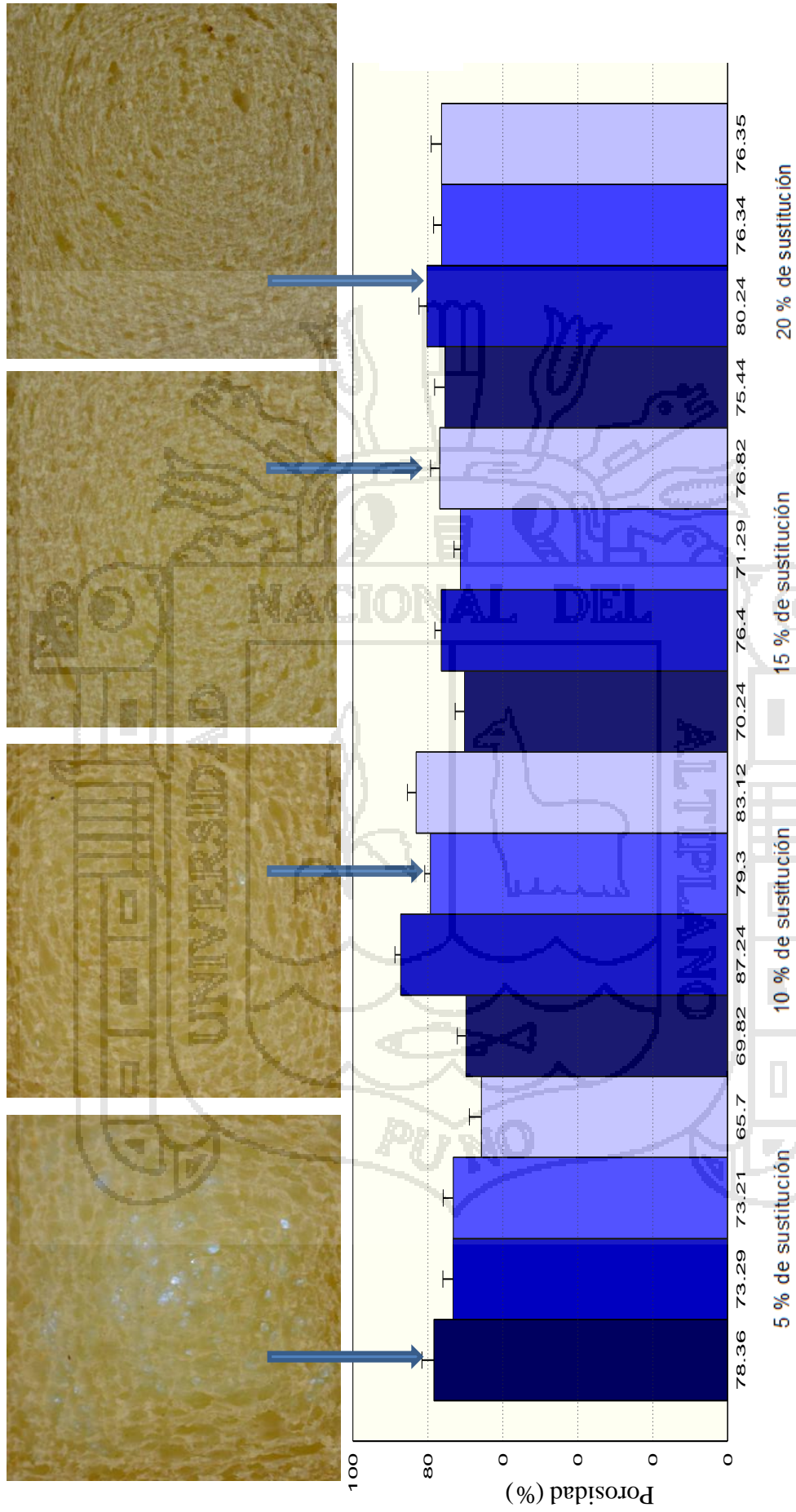


Fig. 12. Variación de la porosidad de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Quinua con diferentes tamaños de partículas de harinas: sustitución de harina de Quinua variedad Kancolla.

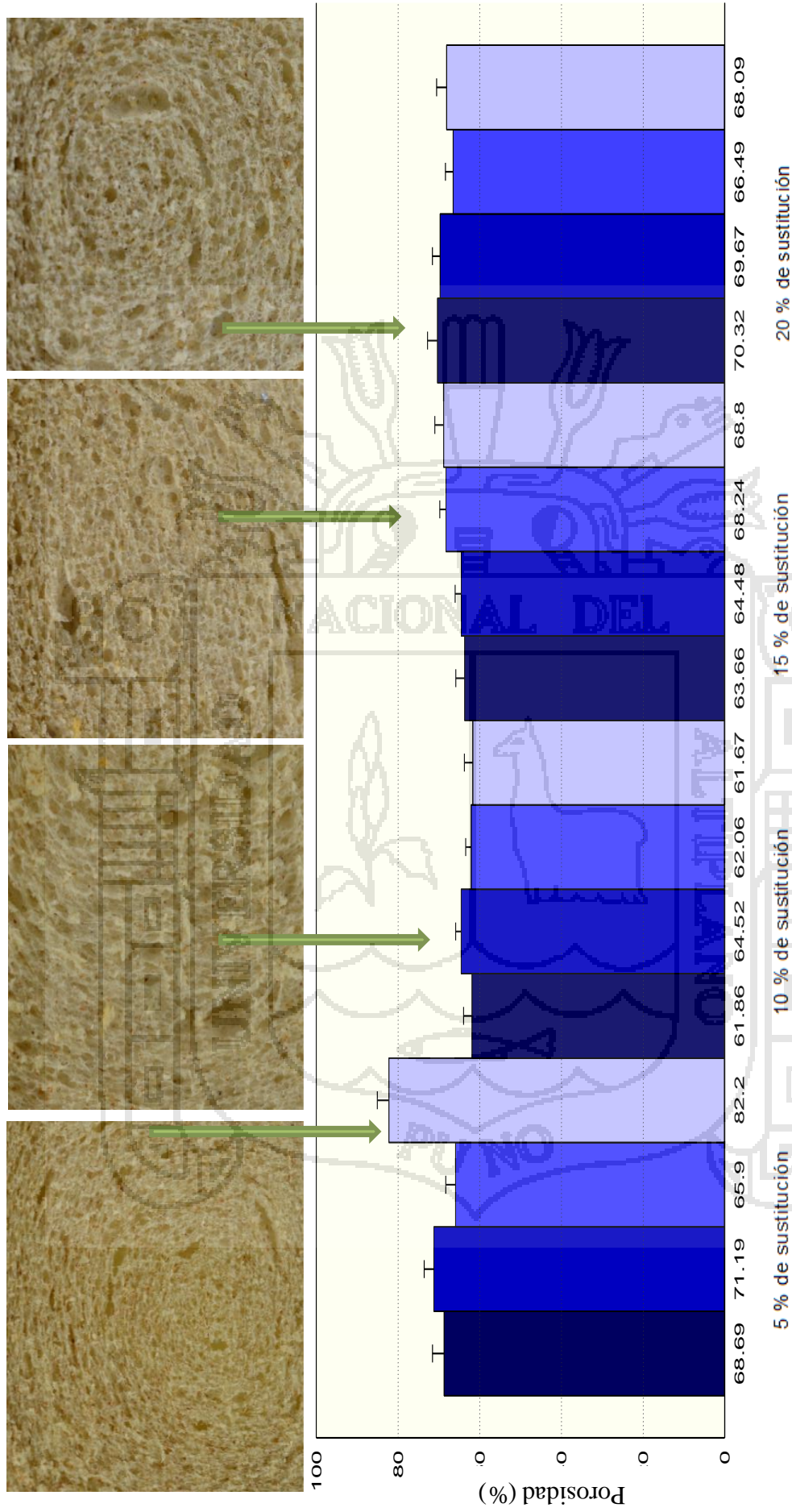


Fig. 13. Variación de la porosidad de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Cañihua con diferentes tamaños de partículas de harinas: sustitución de harina de Cañihua variedad Cupi.

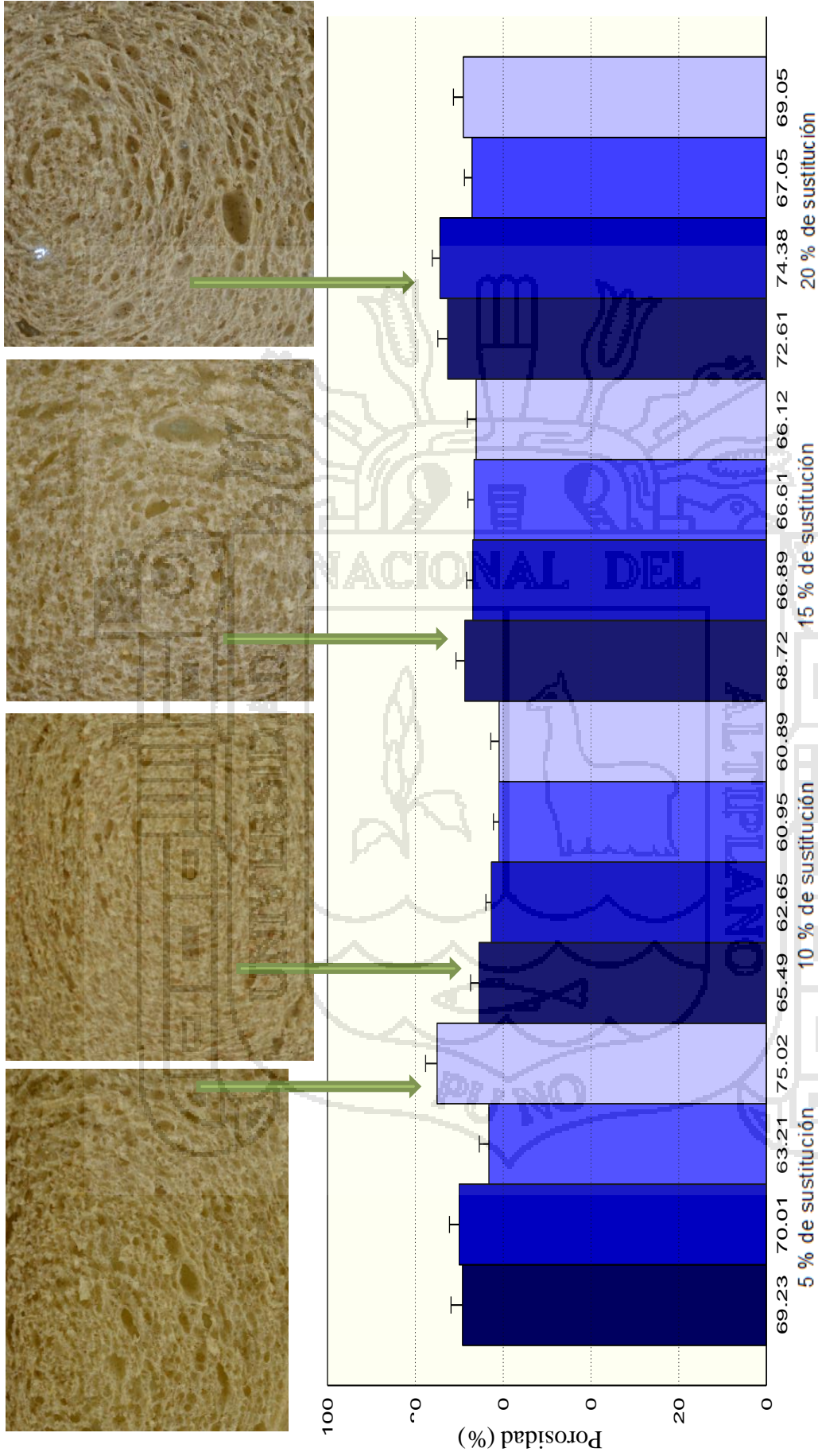


Fig. 14. Variación de la porosidad de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Cañihua con diferentes tamaños de partículas de harinas: sustitución de harina de Cañihua variedad Ramis.

Según Ramirez *et al.*, (2010) indica que la porosidad es un valor determinante en la estructura de panes, debido a la presencia de numerosos pequeños alveolos y un reducido número de grandes alveolos. Los valores de porosidad según (Csimá, 2009) varían entre (70% y 90%) donde señala que el pan blanco tradicional tiene una mayor porosidad y posee varios alveolos grandes en su miga.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la investigación se puede afirmar que el porcentaje de sustitución de las harinas utilizadas y el TPP si influyen en las propiedades y en la estructura del pan de molde, (Cauvain y Young, 2002) indica que durante su proceso de producción ocurre una serie de complejas reacciones relacionadas entre sí, provocando la aparición y el crecimiento de alveolos los cuales forman la porosidad de los panes.

La inclusión de harina de Quinoa y Cañihua en la mezcla disminuye la retención de gas en la masa (Kent y Evers, 1994) menciona que los panes con sustituciones de otros cereales en forma de harina que son utilizados para enriquecerlos muestran numerosos alveolos pequeños y grandes lo cual causa un mayor y menor volumen en el crecimiento de la masa.

El pan tradicional patrón con el que se trabajó y se utilizó de modelo en la investigación tiene una porosidad de 82.72%, lo que concuerda con lo afirmado por (Cauvain y Cister, 1996) Donde indica que un mayor volumen y un mayor crecimiento de alveolos reflejan una mejor calidad en el pan, por su suavidad, blandura y manejo, asimismo menciona que es importante controlar los parámetros durante el proceso de producción ya que a un control erróneo puede provocar una estructura basta de los panes de molde, donde los tabiques pueden comenzar a colapsarse si la masa se expande en exceso.

Con porcentajes menores en sustitución de harinas distintas al trigo resulta mejor la estructura y la expansión de masa ya que para que se forme la estructura de panes de molde es muy importante la formación y retención de burbujas de gas en la masa siendo este gas disponible el dióxido de carbono (Cauvain y Young, 2002).

Las Tablas 5, 6 y 7 muestran el Análisis de Varianza para la porosidad de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Quinoa y Cañihua respectivamente a un nivel de significancia de 95.0%.

Tabla 5. Análisis de varianza (ANOVA) para la porosidad de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Quinoa.

F. de V.	G.L.	SC	CM	Fc	significancia
Variedad (A)	1	5.451	5.451	0.26	n.s.
TPP de harina (B)	3	335.611	111.870	5.27	*
% de sustitución (C)	3	66.657	22.219	1.05	n.s.
A*B	3	95.559	31.853	1.50	n.s.
A*C	3	73.799	24.599	1.16	n.s.
B*C	9	968.398	107.599	5.07	*
A*B*C	9	389.462	43.273	2.04	n.s.
Error Exp.	64	1357.876	21.216		
Total	95	3292.816			

Fuente: Elaboración propia, datos obtenidos del software Statgraphics plus versión 5.1.

La tabla 5 presenta el análisis de varianza (ANOVA) para la porosidad de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Quinoa a un nivel de significancia de 95.0% donde indica que no hay diferencia estadística altamente significativa, sin embargo en el factor TPP de harina y la interacción B*C si se encontró significancia esto implica que los factores en estudio (A), (C) y las interacciones A*B, A*C y A*B*C son independientes uno del otro.

Tabla 6. Análisis de varianza para la porosidad de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Cañihua.

F. de V.	G.L.	SC	CM	Fc	significancia
Variedad (A)	1	7.512	7.512	0.34	n.s.
TPP de harina (B)	3	957.566	319.188	14.65	**
% de sustitución (C)	3	87.532	29.177	1.34	n.s.
A*B	3	78.599	26.199	1.20	n.s.
A*C	3	166.377	55.459	2.54	n.s.
B*C	9	844.382	93.820	4.30	*
A*B*C	9	169.445	18.827	0.86	n.s.
Error Exp.	64	1394.862	21.794		
Total	95	3706.279			

Fuente: Elaboración propia, datos obtenidos del software Statgraphics plus versión 5.1.

Tabla 7. Prueba de comparación múltiple de duncan para la porosidad Según porcentaje de sustitución y TPP, $\alpha=0.05$

% de sustitución-TPP	N	Media	
20%-0.21mm.	24	68.979	a
10%-0.297mm.	24	67.975	a b
5%-0.42mm.	24	67.571	b
15%-0.25mm.	24	66.315	b

Fuente: Elaboración propia, datos obtenidos del software Statgraphics plus versión 5.1.

La Tabla 6 muestra diferencia estadística altamente significativa ($P \leq 0.05$) para el efecto principal del factor TPP. Mientras que para el factor variedad (A), porcentaje de sustitución (C), las interacciones de primer orden y segundo orden, no presentaron diferencia alguna. Esto implica que los factores en estudio son independientes uno del otro. Para tal efecto en la Tabla 7 se muestra la prueba de comparación múltiple de

Duncan donde el 20% de sustitución es el valor de porosidad que más se acerca a la porosidad promedio.

4.2. Determinación de dimensión fractal

En las Figuras 15 y 16 se presentan la variación de la dimensión fractal en función al TPP de harinas y porcentaje de sustitución de harina de Quinua y Cañihua, y en los Anexos 16 y 17 se presenta los valores promedio de la variación de la dimensión fractal de panes de molde utilizados en el estudio

Amend y Belitz, (1990) indican que el producto final del amasado es una masa visco elástica que tras una adecuada fermentación y cocción, produce un sólido aireado denominado porosidad del pan, donde los huecos están interconectados siendo estos los elementos que forman la estructura transversal de la superficie de panes de molde.

Los panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Quinua y Cañihua muestran valores de dimensión fractal bajos que probablemente se asocia a la selección de la parte céntrica lo cual es común cuando se trabaja con panes de molde por ser este el sector de interés en el estudio. La miga es la sección de nuestro interés y es el lugar donde se detecta la mayor cantidad de alveolos. (Pérez *et al.*, 2010) menciona que los valores más bajos de dimensión fractal está asociada a una superficie lisa y suave.

Es notable que la textura se vuelve más complejo (heterogéneo), cuando no se estandariza el tiempo del horneado y de fermentación durante el proceso de producción, donde ocurre que la miga de pan se forme y se establezca, (Pérez *et al.*, 2010). Menciona que hornear panes en tiempos prolongados hace que la dimensión fractal sea más suave, que los panes horneados en tiempos cortos.

Menjivar, (1993), indica que el desarrollo del gluten es la etapa fundamental en la formación de la superficie de la masa de pan donde la glutenina es la principal proteína de elevado peso molecular y en su mayor parte insoluble, que durante el amasado sus moléculas se rompen para formarse en unidades más pequeñas las cuales hacen que la superficie del corte transversal del pan de molde sea más suave y/o lisa.

Durante el proceso de fermentación y cocción sucede la deformación de la masa que Según (Bloksma, 1990), este proceso ocurre mientras la masa busca su forma, tal es el caso del pan de molde realizado en la investigación que es sometido a un molde para obtener su forma característica, donde al mismo tiempo con la ayuda del mismo logra obtener su característica interna y externa factores indispensables a obtener para la determinación de la dimensión fractal

En las Figuras 15 y 16 se observa que los panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Quinoa y Cañihua, muestran una similitud en la dimensión fractal resultados que fluctúan entre 1.988 y 1.995 en ambas variedades, por lo tanto se puede indicar que la estructura interna del pan de molde (miga) es suave en comparación a otras texturas como las de (vilca, 2013), donde halló valores por debajo de 1 siendo estos valores negativos.

Los valores de dimensión fractal se deben al caos que existe dentro de una estructura, siendo la muestra una superficie llena de alveolos que forman una estructura totalmente irregular. (Quevedo *et al.*, 2002) menciona que los bajos valores de dimensión fractal se asocian a una textura suave, mientras que los altos valores de dimensión fractal están relacionados a una textura áspera, los valores que presentan las muestras de este estudio indican que son suaves ya que los valores de dimensión fractal

en general es de 1.9 en comparación al estudio realizado por (Pérez *et al.*, 2010) quien hallo valores que oscilan entre 2.59 y 2.79 en panes durante su cocción.

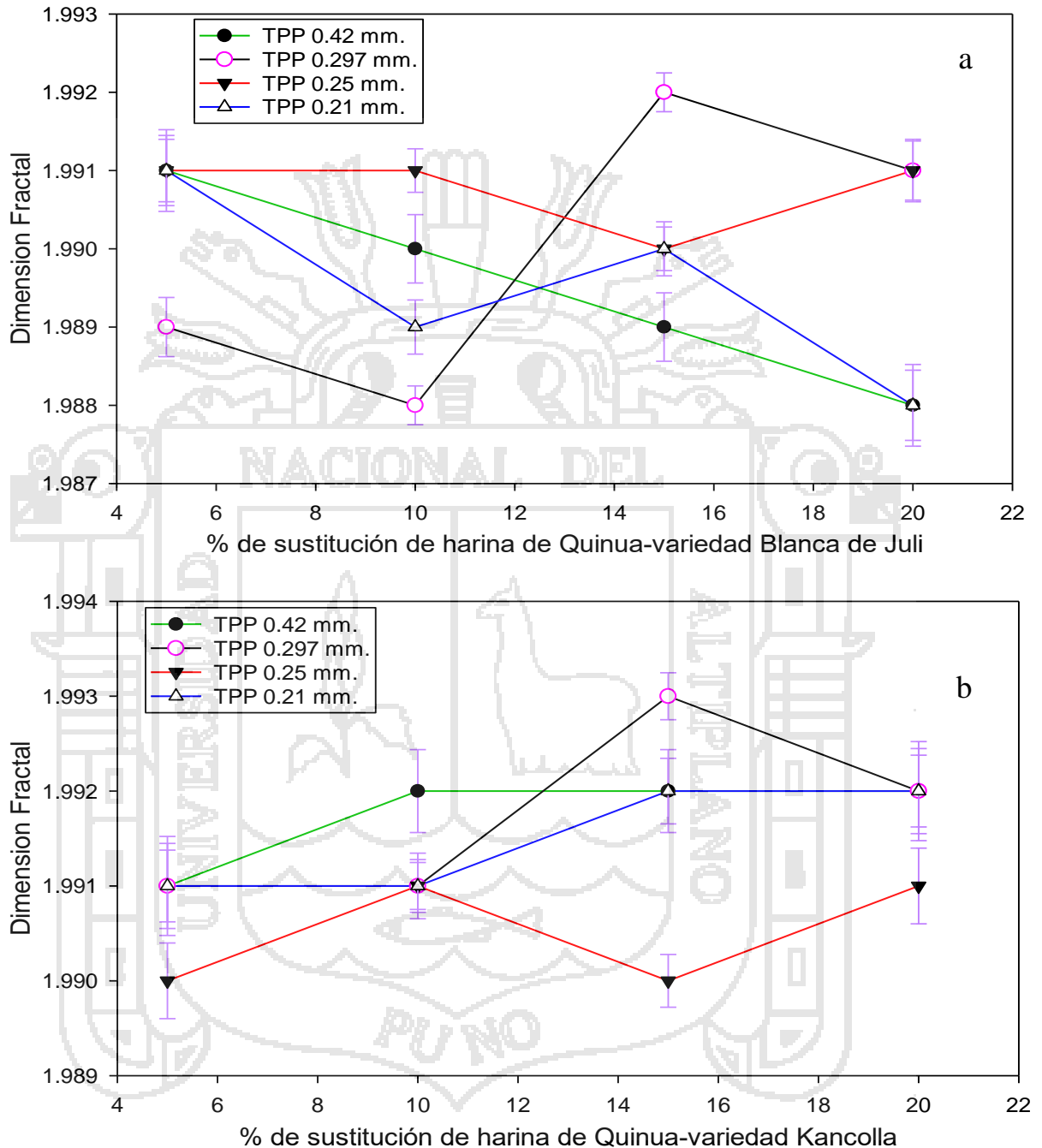


Fig. 15. Variación de la dimensión fractal de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Quinoa con diferentes TPP de harinas: (a) Variedad Blanca de Juli, (b) Variedad Kancolla.

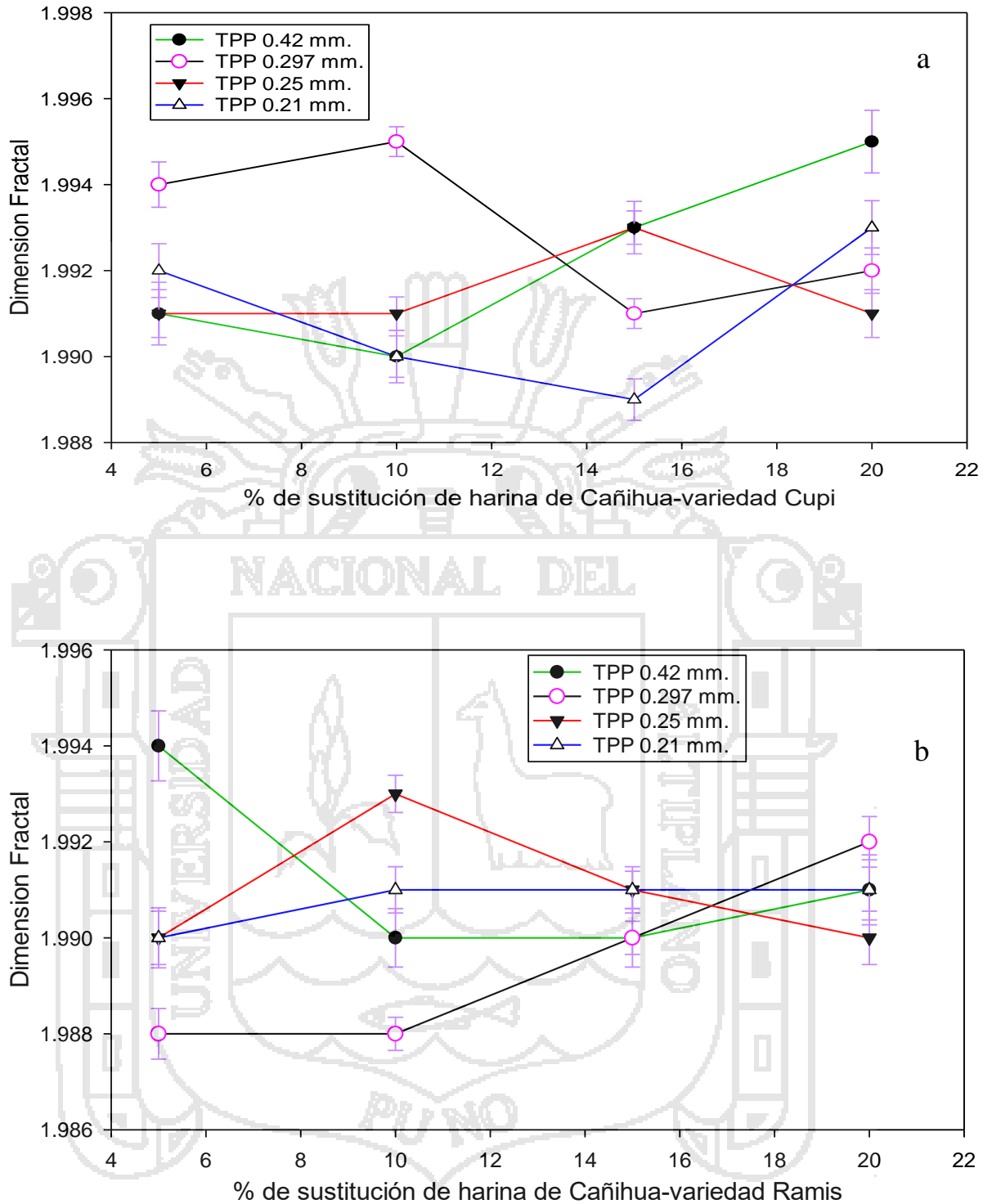


Fig. 16. Variación de la dimensión fractal de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Cañihua con diferentes TPP de harinas: (a) variedad Cupi, (b) variedad Ramis.

Los valores de dimensión fractal se deben al caos que existe dentro de una estructura, siendo la muestra una superficie llena de alveolos que forman una estructura totalmente irregular. (Quevedo *et al.*, 2002) menciona que los bajos valores de dimensión fractal se asocian a una textura suave, mientras que los altos valores de dimensión fractal están relacionados a una textura áspera, los valores que presentan las muestras de este estudio indican que son suaves ya que los valores de dimensión fractal en general es de 1.9 en comparación al estudio realizado por (Pérez *et al.*, 2010) quien halló valores que oscilan entre 2.59 y 2.79 en panes durante su cocción.

Las Tablas 8 y 9 muestran el Análisis de Varianza para la dimensión fractal de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Quinua y Cañihua respectivamente a un nivel de significancia de 95.0%.

Tabla 8. Análisis de varianza para la dimensión fractal de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Quinua.

F. de V.	G.L.	SC	CM	Fc	significancia
Variedad (A)	1	0.0087	0.0087	1.65	n.s.
TPP de harina (B)	3	0.0123	0.0041	0.77	n.s.
% de sustitución (C)	3	0.0176	0.0058	1.10	n.s.
A*B	3	0.0113	0.0037	0.71	n.s.
A*C	3	0.0026	0.0008	0.16	n.s.
B*C	9	0.0379	0.0042	0.79	n.s.
A*B*C	9	0.0234	0.0026	0.49	n.s.
Error Exp.	64	0.3406	0.0053		
Total	95	0.4547			

Fuente: Elaboración propia, datos obtenidos del software Statgraphics plus versión 5.1.

Tabla 9. Análisis de varianza para la dimensión fractal de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Cañihua.

F. de V.	G.L.	SC	CM	Fc	significancia
Variedad (A)	1	0.04538	0.04538	9.72	*
TPP de harina (B)	3	0.00375	0.00125	0.27	n.s.
% de sustitución (C)	3	0.01192	0.00397	0.85	n.s.
A*B	3	0.03154	0.01051	2.25	n.s.
A*C	3	0.00321	0.00107	0.23	n.s.
B*C	9	0.05317	0.00591	1.27	n.s.
A*B*C	9	0.09421	0.01047	2.24	*
Error Exp.	64	0.29867	0.00467		
Total	95	0.54183			

Fuente: Elaboración propia, datos obtenidos del software Statgraphics plus versión 5.1.

Los valores en todos los tratamientos son similares según la prueba estadística realizada. Las Tablas 8 y 9 presentan el análisis de varianza (ANOVA) para la dimensión fractal de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Quinua y Cañihua respectivamente a un nivel de significancia de 95.0%. Donde muestran que no hay diferencia estadística significativa para tal efecto no presentaron diferencia alguna, esto implica que los factores en estudio: variedad (A), TPP de harina (B), % de sustitución y las interacciones de primer orden y segundo orden son independientes uno del otro.

4.3. Determinación de propiedades estructurales - textura

4.3.1. Determinación de Uniformidad (*Angular Second Moment*)

La Uniformidad es el ASM (segundo momento angular) (Haralick *et al.*, 1973); la evaluación de este parámetro en la investigación está relacionado a la suavidad de la

superficie del pan de molde, para tal caso el proceso de horneado durante el proceso de elaboración del pan de molde es un punto crítico que es necesario controlar porque según (Pérez *et al.*, 2010) Hornear en tiempos prolongados hace que la suavidad de la superficie del pan sea más suave, que los panes horneados en tiempos cortos.

En las Figuras 17 y 18 observamos que los panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Quinua y Cañihua muestran un comportamiento similar, ambos incrementan y disminuyen su valor de ASM, conforme la sustitución y el tamaño de grano, se puede observar que para los panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Quinua variedad blanca de Juli y Kancolla a un porcentaje de sustitución de 10 % los valores están en un rango de (0.011-0.016) para todos los tamaños de granos, mientras que la Cañihua variedad Cupi el 20 % de sustitución es el más uniforme con valores que varían entre (0.0063-0.0073), conforme el porcentaje de sustitución se va aumentando la uniformidad va disminuyendo hasta un punto donde las variaciones son similares siendo este a un porcentaje de sustitución de 15 %, obteniendo así valores de ASM (0.0060-0.0063).

Las Figuras 17 y 18 presentan la variación del segundo momento angular (ASM) en función al tamaño promedio de partículas de harina y porcentaje de sustitución de harina de trigo por harina de Quinua y Cañihua mientras que en los Anexos 18 y 19 se observan los resultados de la variación del ASM con sus repeticiones (n=3).

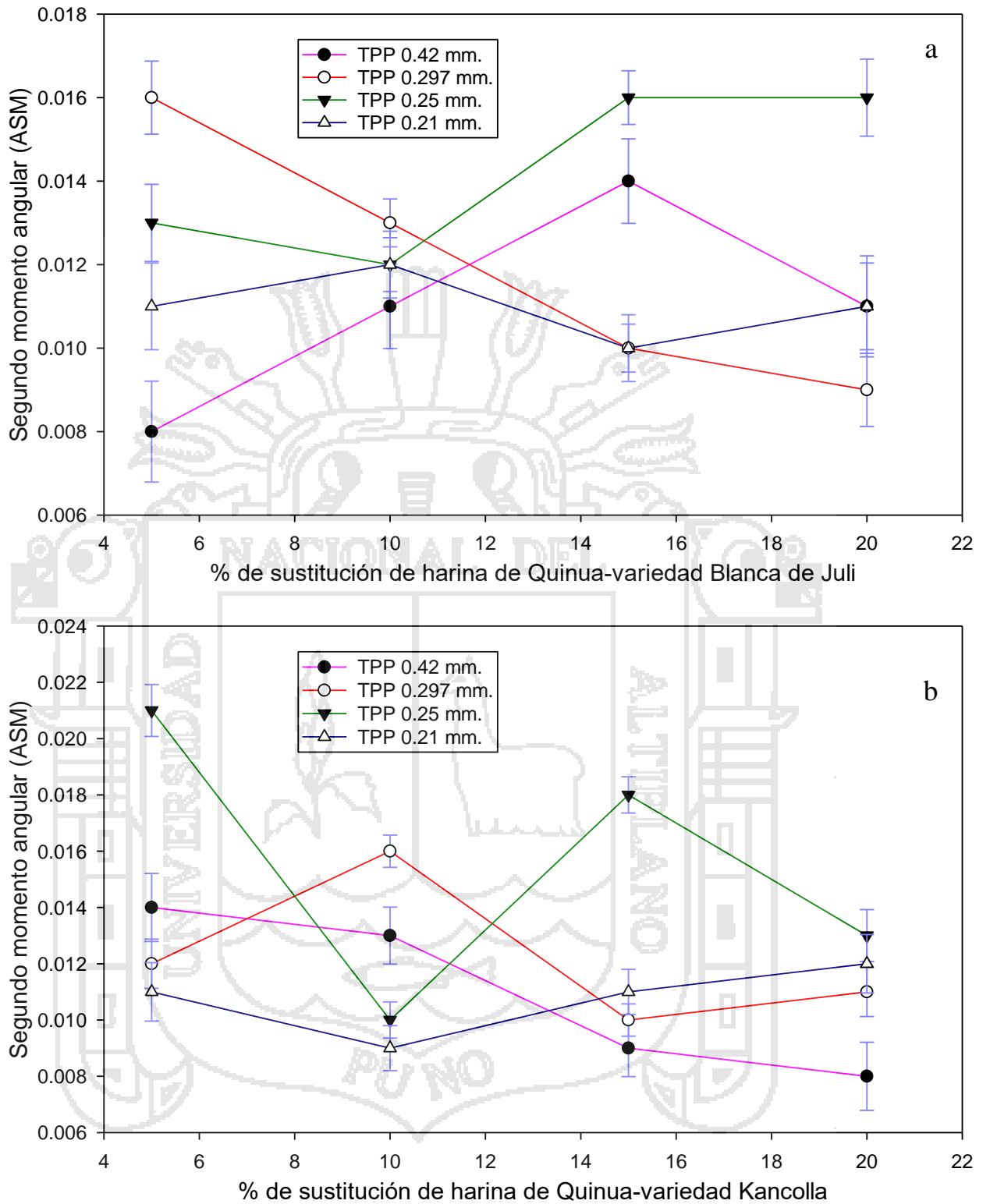


Fig. 17. Variación del Segundo Momento Angular de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Quinoa con diferentes TPP de harinas: (a) variedad Blanca de Juli, (b) variedad Kancolla.

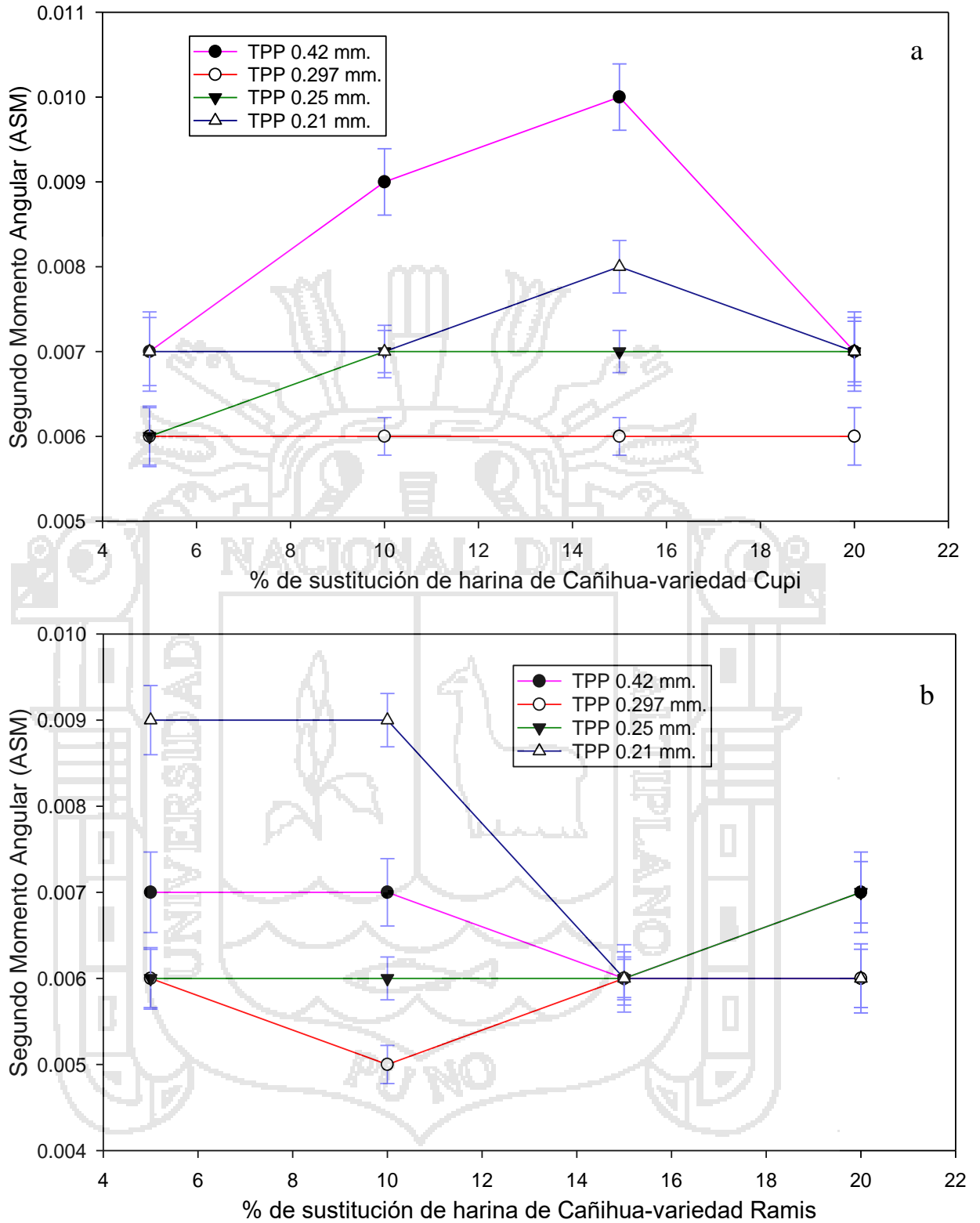


Fig. 18. Variación del Segundo Momento Angular de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Cañihua con diferentes TPP de harinas: (a) variedad Cupi, (b) variedad Ramis.

Los valores del segundo momento angular (ASM) para los panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Quinua variedad Blanca de Juli el ASM va disminuyendo en cuanto al tamaño de grano 0.297mm, conforme el porcentaje de sustitución aumenta y en la variedad Kancolla con un tamaño de grano de 0.42mm. el ASM aumenta. Mientras que para la Cañihua en ambas variedades el tamaño de grano y el porcentaje de sustitución si afectan en la suavidad del pan, conforme va aumentando el porcentaje de sustitución y disminuyendo el tamaño de partícula de harina el pan se suaviza. Lo cual concuerda con lo enunciado por (Botero y Restrepo, 2010) quien afirma que la textura se hace más suave y/o blanda cuando una estructura es más compacta y lisa.

El pan de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Quinua y Cañihua muestran comportamientos diferentes ya que cada uno es diferente del otro, sin embargo el intervalo de valores de ASM están en un rango entre (0.006-0.014) para los panes de molde, datos que están dentro del rango mencionado por (Haralick *et al.*, 1973); que son de (0.006-0.1); siendo este un valor relativamente bajo. A valores bajos de ASM los panes de molde son considerados más suaves. (Ríos *et al.*, 2010) afirma que los cambios fisicoquímicos influyen en el incremento o reducción de la uniformidad, por ello el tamaño de grano y el porcentaje de sustitución de harina de Quinua y Cañihua hace que el ASM tome valores distintos.

Las Tablas 10, 11 y 12 presentan el análisis de varianza (ANOVA) para el segundo momento angular (ASM) de la superficie de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Quinua y Cañihua respectivamente a un nivel de significancia de 95.0%.

Tabla 10. Análisis de varianza para el segundo momento angular de la superficie del pan de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Quinoa.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	significancia
Variación (A)	1	0.000001	0.000001	0.23	n.s.
TPP de harina (B)	3	0.000238	0.000079	17.71	**
% de sustitución (C)	3	0.000041	0.000013	3.08	*
A*B	3	0.000005	0.000001	0.40	n.s.
A*C	3	0.000046	0.000015	3.48	*
B*C	9	0.000259	0.000028	6.44	*
A*B*C	9	0.000223	0.000024	5.55	*
Error Exp.	64				
Total	95				

Fuente: Elaboración propia, datos obtenidos del software Statgraphics plus versión 5.1.

Tabla 11. Prueba de comparación múltiple de duncan para el (ASM) Según porcentaje de sustitución y TPP, $\alpha=0.05$

% de sustitución-TPP	N	Media	
5%- 0.42mm.	24	0.0133	a
15%- 0.25mm.	24	0.0122	a b
10%- 0.297mm.	24	0.0120	b
20%- 0.21mm.	24	0.0115	b

Fuente: Elaboración propia, datos obtenidos del software Statgraphics plus versión 5.1.

La Tabla 10 muestra el Anova donde indica que en el (ASM) si hay diferencia estadística altamente significativa ($P \leq 0.05$) para el factor TPP de harina. Esto implica que el (ASM) es directamente dependiente con respecto al factor TPP. Mientras que para el factor variedad (A), porcentaje de sustitución (C), y las interacciones de primer orden y segundo orden, no presentaron diferencia alguna. Así mismo la prueba de

comparación múltiple de Duncan indica que el T1 es superior a los demás y muestra mayor uniformidad en su superficie asimismo indica que cuando el porcentaje de sustitución es menor la uniformidad es mayor.

Tabla 12. Análisis de varianza para el segundo momento angular de la superficie del pan de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Cañihua.

F. de V.	G.L.	SC	CM	Fc	significancia
Variedad (A)	1	0.0000041	0.0000041	2.67	n.s.
TPP de harina (B)	3	0.0000369	0.0000123	7.88	*
% de sustitución (C)	3	0.0000020	0.0000006	0.44	n.s.
A*B	3	0.0000077	0.0000025	1.65	n.s.
A*C	3	0.0000097	0.0000032	2.08	n.s.
B*C	9	0.0000156	0.0000017	1.11	n.s.
A*B*C	9	0.0000176	0.0000019	1.26	n.s.
Error Exp.	64	0.0001000	0.0000015		
Total	95	0.0001940			

Fuente: Elaboración propia, datos obtenidos del software Statgraphics plus versión 5.1.

En la tabla 12 se puede observar que no hay diferencia estadística significativa en todos los tratamientos, para tal efecto no presentaron diferencia alguna, esto implica que los factores en estudio: variedad (A), TPP de harina (B), % de sustitución y las interacciones de primer orden y segundo orden son independientes uno del otro.

4.3.2. Determinación de homogeneidad (*Inverse Difference Moment*)

Las Figuras 19 y 20 presentan la variación del Momento Inverso de Diferencia en función al tamaño promedio de partículas de harina y porcentaje de sustitución de harina de trigo por harina de Quinoa y Cañihua, y los Anexos 20 y 21 muestran los

valores promedios del Momento Inverso de Diferencia (IDM) de la superficie de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Quinua y Cañihua.

En las Figuras 19 y 20 se observa una similitud en los resultados obtenidos donde los panes de molde con sustitución parcial de harina de Quinua muestran al inicio de su sustitución un aumento en el IDM en el caso de la variedad blanca de Juli, en la sustitución del 15% y 20% ($6.51E-05$ - $7.05E-05$) de harina de Quinua, tiene un comportamiento diferente con todos los tamaños de grano donde el tamaño de grano 0.297mm es diferente a los demás tratamiento, en la variedad Kancolla el IDM para los tratamientos van reduciendo siendo este a un porcentaje de sustitución de 20%.

Los panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Cañihua en la variedad Cupi el IDM en la sustitución del 15% tiene un comportamiento similar ya que al principio el IDM tiende a aumentar, y luego la homogeneidad disminuye paulatinamente según la sustitución del TPP de harina aumenta. Los panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Cañihua en la variedad Ramis presentan un comportamiento similar resultados que están entre ($9.86E-05$ - $7.45E-05$).

El IDM mide la homogeneidad de la superficie de una imagen (Botero y Restrepo, 2010); la evaluación de este parámetro en los panes de molde elaborados con sustitución de harina de trigo por harina de Quinua y Cañihua van relacionados con la regularidad de su superficie los valores de IDM muestran que los panes de molde son generalmente irregulares y/o inhomogeneos.

Los panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Cañihua muestran un comportamiento similar, ya que los valores de IDM incrementan y disminuyen pero en rangos distintos ($7.53E-05$ - $9.47E-05$), debido a que el pan de molde

es sometido a distintas sustituciones con diferentes TPP en su elaboración.

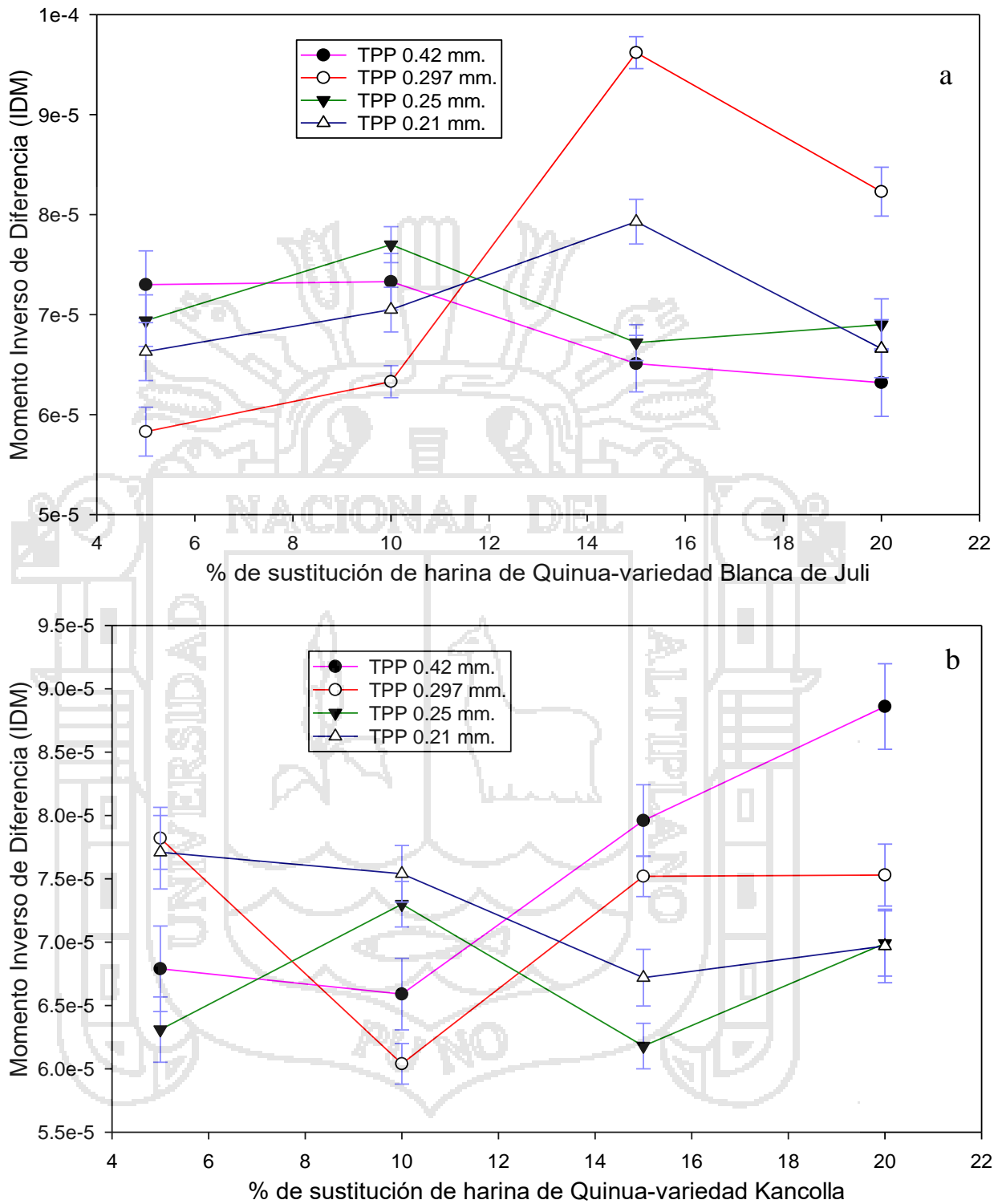


Fig. 19. Variación del Momento Inverso de Diferencia de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Quinoa con diferentes TPP de harinas: (a) variedad Blanca de Juli, (b) variedad Kancolla.

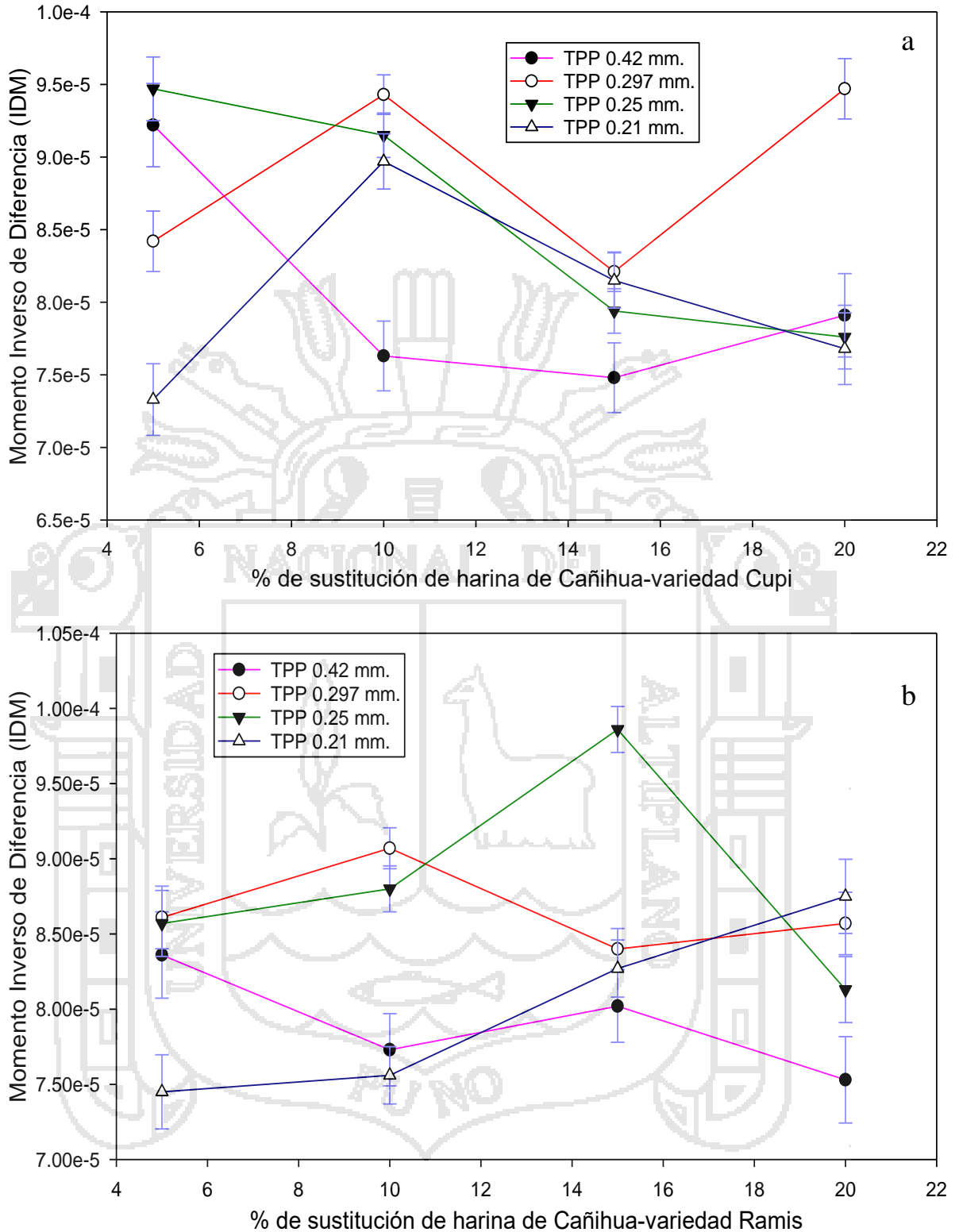


Fig. 20. Variación del Momento Inverso de Diferencia de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Cañihua con diferentes TPP de harinas: (a) variedad Cupi, (b) variedad Ramis.

Los valores de IDM de los panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Quinoa presentan un incremento de IDM en la variedad Blanca de Juli seguido de una disminución gradualmente de dicho valor, esto se debe a que el porcentaje de sustitución aumenta, los tabiques que forman la estructura interna del pan al inicio de la sustitución son más grandes que los que presentan al final de la sustitución por ende la estructura es más heterogénea cuando el porcentaje de sustitución es menor. (Botero y Restrepo, 2010);

Los panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Cañihua variedad Ramis presenta un incremento del IDM al sustituir 15% de harina de Cañihua con 0.25mm de TPP, pero al realizar una sustitución de 20 % en todas los tratamientos la homogeneidad es casi similar, manteniendo gradualmente los valores de IDM. (Ríos *et al.*, 2010) afirma que los valores de homogeneidad son mayores debido a que los elementos de una imagen son iguales o similares. Los panes de molde muestran en su superficie una irregularidad general por ser muy poroso, esto indica que los valores de IDM sean distintos para todos los casos (Haralick *et al.*, 1973).

Las Tablas 13 y 14 presentan el análisis de varianza (ANOVA) para el Momento Inverso de Diferencia (IDM) de la superficie de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Quinoa y Cañihua respectivamente a un nivel de significancia de 95.0%. Donde ambas Tablas indican que no hay diferencia estadística significativa para el factor Variedad (A), TPP de harina (B), % de sustitución (C) y las interacciones de primer y segundo orden para tal efecto no presentaron diferencia alguna en su experimentación, esto implica que los factores en estudio son independientes unos del otro.

Tabla 13. Análisis de varianza (ANOVA) del Momento Inverso de Diferencia (IDM) de la superficie del pan de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Quinua.

F. de V.	G.L.	SC	CM	Fc	significancia
Variedad (A)	1	7.041E-12	7.041E-12	0.10	n.s.
TPP de harina (B)	3	2.925E-10	9.752E-11	1.40	n.s.
% de sustitución (C)	3	3.972E-10	1.324E-10	1.90	n.s.
A*B	3	4.193E-10	1.397E-10	2.00	n.s.
A*C	3	5.664E-10	1.888E-10	2.71	n.s.
B*C	9	2.254E-9	2.505E-10	3.59	*
A*B*C	9	2.330E-9	2.589E-10	3.71	*
Error Exp.	64	4.461E-9	6.971E-11		
Total	95	1.072E-8			

Fuente: Elaboración propia, datos obtenidos del software Statgraphics plus versión 5.1.

Tabla 14. Análisis de varianza (ANOVA) del Momento Inverso de Diferencia (IDM) de la superficie del pan de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Cañihua.

F. de V.	G.L.	SC	CM	Fc	significancia
Variedad (A)	1	2.767E-12	2.767E-12	0.02	n.s.
TPP de harina (B)	3	1.323E-9	4.410E-10	2.75	n.s.
% de sustitución (C)	3	1.438E-10	4.794E-11	0.30	n.s.
A*B	3	8.185E-11	2.728E-11	0.17	n.s.
A*C	3	5.155E-10	1.718E-10	1.07	n.s.
B*C	9	1.514E-9	1.682E-10	1.05	n.s.
A*B*C	9	9.303E-10	1.033E-10	0.64	n.s.
Error Exp.	64	1.027E-8	1.605E-10		
Total	95	1.478E-8			

Fuente: Elaboración propia, datos obtenidos del software Statgraphics plus versión 5.1.

4.3.3. Determinación de Entropía (*Entropy*)

Las Figuras 21 y 22 presentan la variación de la Entropía en función al tamaño promedio de partículas de harina y porcentaje de sustitución de harina de trigo por harina de Quinoa y Cañihua. Mientras que en los Anexos 22 y 23 se muestran los valores promedios de la Entropía de la superficie de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Quinoa y Cañihua utilizados en el estudio

En los resultados obtenidos se puede observar que los datos no están muy lejanos uno de los otros por consiguiente la entropía es casi uniforme en todas las muestras utilizadas para el estudio, cabe mencionar que a valores bajos las imágenes contienen escenas de desorden menores, mientras la entropía sea más alta el desorden es mayor. Y según los autores (Botero y Restrepo, 2010) mencionan que la entropía para superficies irregulares fluctúan entre los valores de 1 y 6. La entropía es grande cuando la imagen no está texturalmente uniforme y el número de elementos tiene muy pequeños valores. Las texturas complejas tienen una tendencia alta de entropía. (Haralick *et al.*, 1973). Por lo tanto la entropía en panes de molde utilizados en el estudio son complejos y tienen desorden en su estructura, mostrando una superficie irregular.

El pan de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Quinoa variedad Kancolla incrementa y disminuye ligeramente su entropía durante todo el proceso de sustitución. Los valores de entropía para el pan de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Cañihua variedad Cupi al inicio de la sustitución el 10% y 20% aumentan sin embargo el 5% y 15% disminuyen, en todos los casos. Al final de la sustitución de 20% la entropía disminuye llegando todos al mismo punto siendo este entre (5.0-5.2).

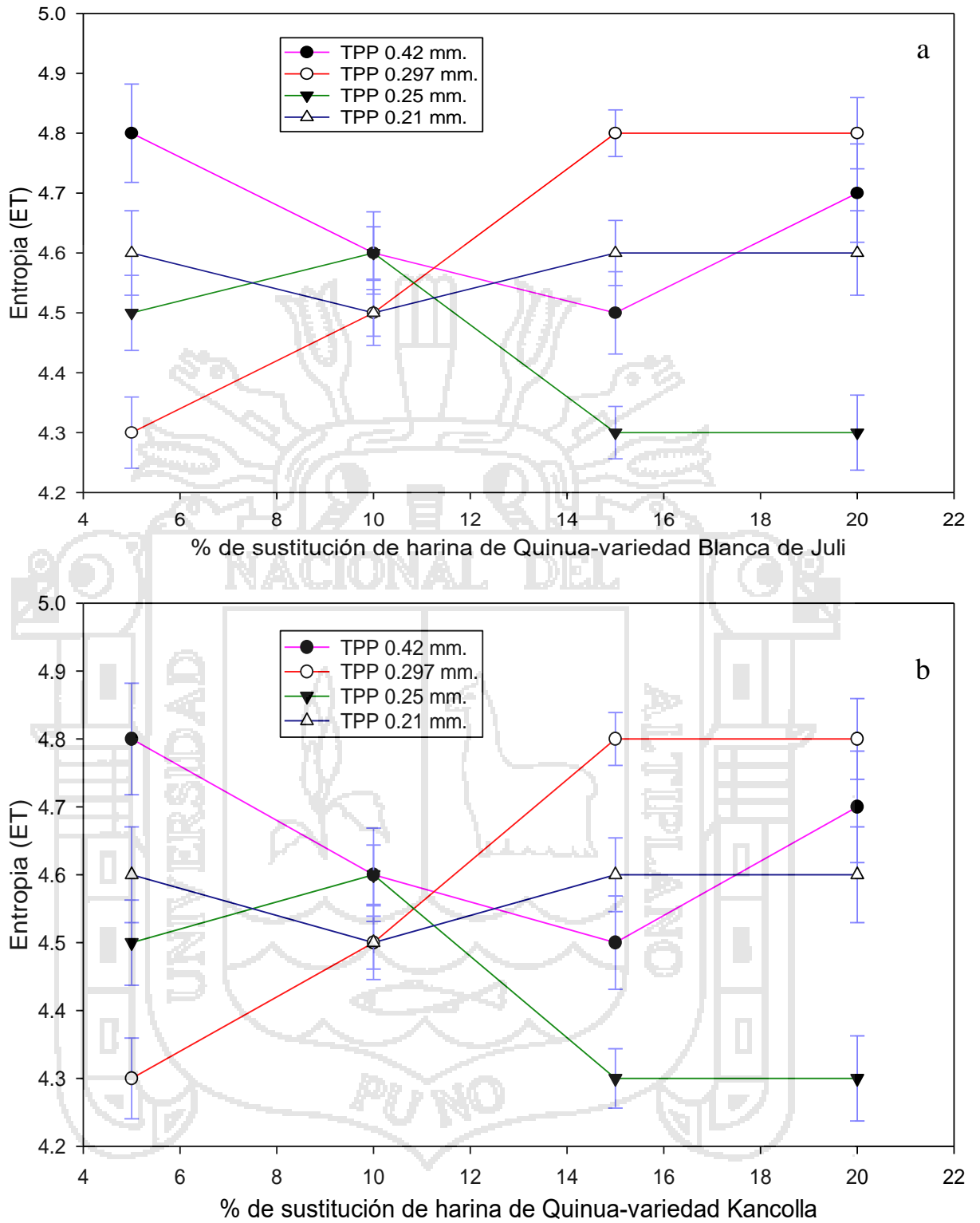


Fig. 21. Variación de la Entropía de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Quinoa con diferentes TPP de harinas: (a) variedad Blanca de Juli, (b) variedad Kancolla.

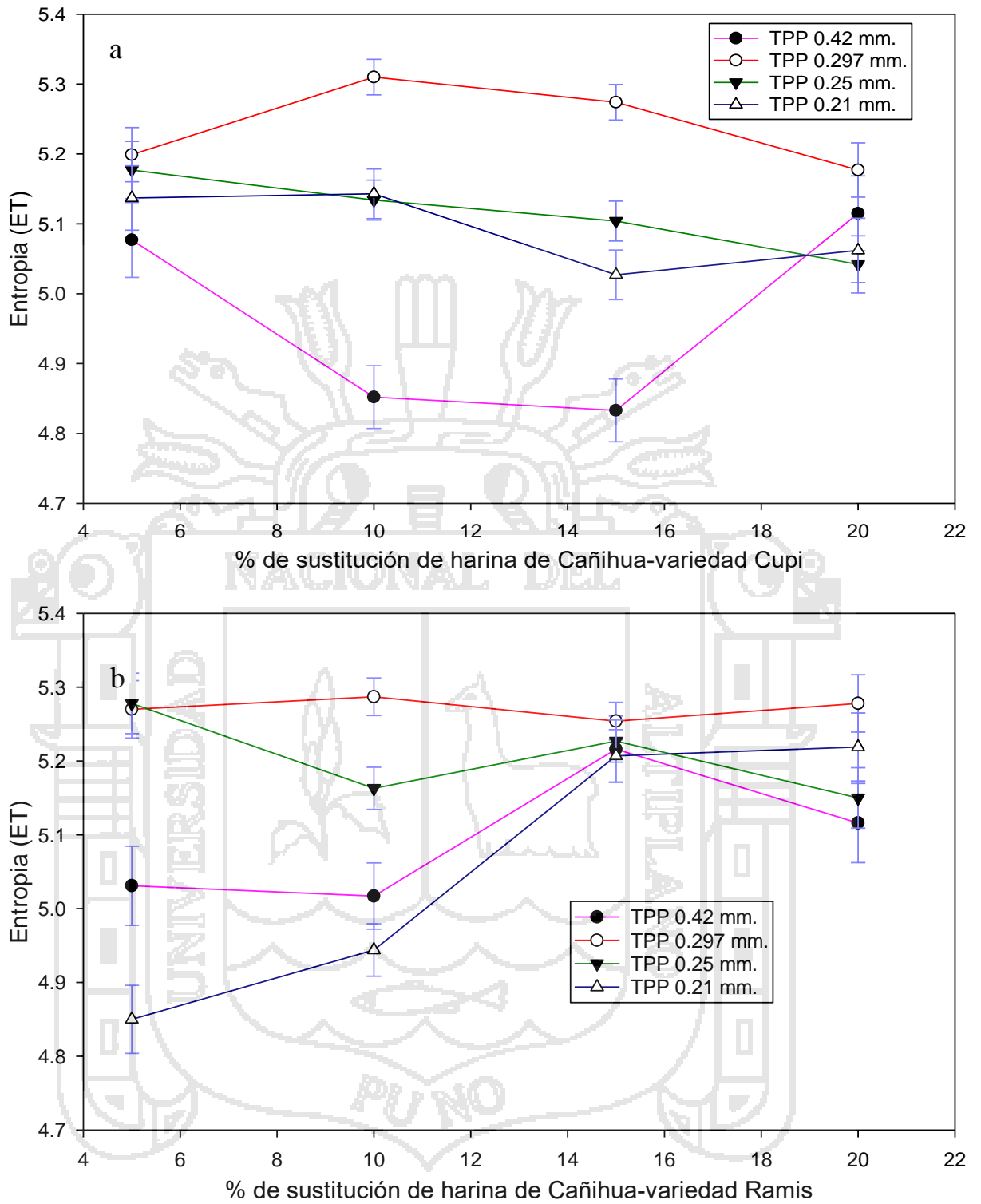


Fig. 22. Variación de la Entropía de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Cañihua con diferentes TPP de harinas: (a) variedad Cupi, (b) variedad Ramis.

En las Figuras 21 y 22 se observa que los panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Quinoa muestran una similitud en los datos que fluctúan entre 4.0-4.9 y los valores en panes con sustitución de Cañihua en todos los tratamientos están entre (4.8-5.3). La entropía como descriptor estadístico de textura está relacionado al desorden que muestra la superficie de una imagen (Pérez *et al.*, 2010).

Las Tablas 15, 16, 17 y 18 presentan el análisis de varianza (ANOVA) para la Entropía de la superficie de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Quinoa y Cañihua respectivamente a un nivel de significancia de 95.0%.

Tabla 15. Análisis de varianza (ANOVA) de la Entropía de la superficie del pan de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Quinoa.

F. de V.	G.L.	SC	CM	Fc	significancia
Variedad (A)	1	0.001	0.001	0.05	n.s.
TPP de harina (B)	3	1.386	0.462	18.55	**
% de sustitución (C)	3	0.255	0.085	3.41	*
A*B	3	0.046	0.015	0.62	n.s.
A*C	3	0.237	0.079	3.18	*
B*C	9	1.225	0.136	5.46	*
A*B*C	9	0.878	0.097	3.92	*
Error Exp.	64	1.594	0.024		
Total	95	5.626			

Fuente: Elaboración propia, datos obtenidos del software Statgraphics plus versión 5.1.

En la Tabla 16 se observa la prueba de comparación múltiple de duncan. Debido a que los resultados del Análisis de varianza Anova de la entropía resulto altamente significativo ($P \leq 0.05$) en el factor TPP de harina (B), donde se observa que el 20% de sustitución a un 0.21mm de TPP de harina es el mejor tratamiento sin embargo los

tratamientos al 10% y 15% son similares mientras que al 5% de sustitución es diferente de los demás. Así mismo los panes de molde elaborados al 20% de sustitución son los que presentan menor desorden o menos entropía.

Tabla 16. Prueba de comparación múltiple de Duncan para la Entropía según porcentaje de sustitución y TPP, $\alpha=0.05$

% de sustitución-TPP	N	Media	
20%-0.21mm.	24	4.626	a
15%-0.25mm.	24	4.580	a b
10%-0.297mm.	24	4.558	a b
5%-0.42mm.	24	4.483	b

Fuente: Elaboración propia, datos obtenidos del software Statgraphics plus versión 5.1.

Tabla 17. Análisis de varianza (ANOVA) de la Entropía de la superficie del pan de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Cañihua.

F. de V.	G.L.	SC	CM	Fc	significancia
Variedad (A)	1	0.066	0.066	3.73	n.s.
TPP de harina (B)	3	0.707	0.235	13.13	**
% de sustitución (C)	3	0.022	0.007	0.43	n.s.
A*B	3	0.092	0.030	1.71	n.s.
A*C	3	0.160	0.053	2.98	*
B*C	9	0.233	0.025	1.44	n.s.
A*B*C	9	0.295	0.032	1.83	n.s.
Error Exp.	64	1.148	0.017		
Total	95	2.727			

Fuente: Elaboración propia, datos obtenidos del software Statgraphics plus versión 5.1.

La Tabla 17 muestra que hay diferencia estadística altamente significativa ($P \leq 0.05$) para el factor TPP de harina. Esto implica que la Entropía para panes de molde

con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Cañihua es directamente dependiente con respecto al factor TPP de harina.

Tabla 18. Prueba de comparación múltiple de duncan para la Entropía según % de sustitución y TPP, $\alpha= 0.05$

% de sustitución-TPP	N	Media	
20%-0.21mm.	24	5.145	a
15%0.25mm.	24	5.142	a
5%0.42mm.	24	5.127	a b
10%0.297mm.	24	5.106	b

Fuente: Elaboración propia, datos obtenidos del software Statgraphics plus versión 5.1.

Se observa la prueba de comparación múltiple de Duncan para el factor TPP de harina donde indica que el tratamiento cuatro es el que tiene mejor ajuste en cuanto a la entropía así mismo resulta que sustituir parcialmente al 20% el tratamiento es mejor y muy similar a los panes elaborados con 15% de sustitución.

4.4. Determinación del modelo de color HSL (Hue- Saturation-Lightness)

4.4.1. Determinación del modelo de color HSL en los panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Quinua

En las Figuras 23 y 24 presentan la variación del modelo de color HSL mostrando el comportamiento de la tonalidad en su superficie y en los Anexos 24 y 25 se presentan los valores promedios del modelo de color HSL de la superficie de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Quinua utilizados en el estudio

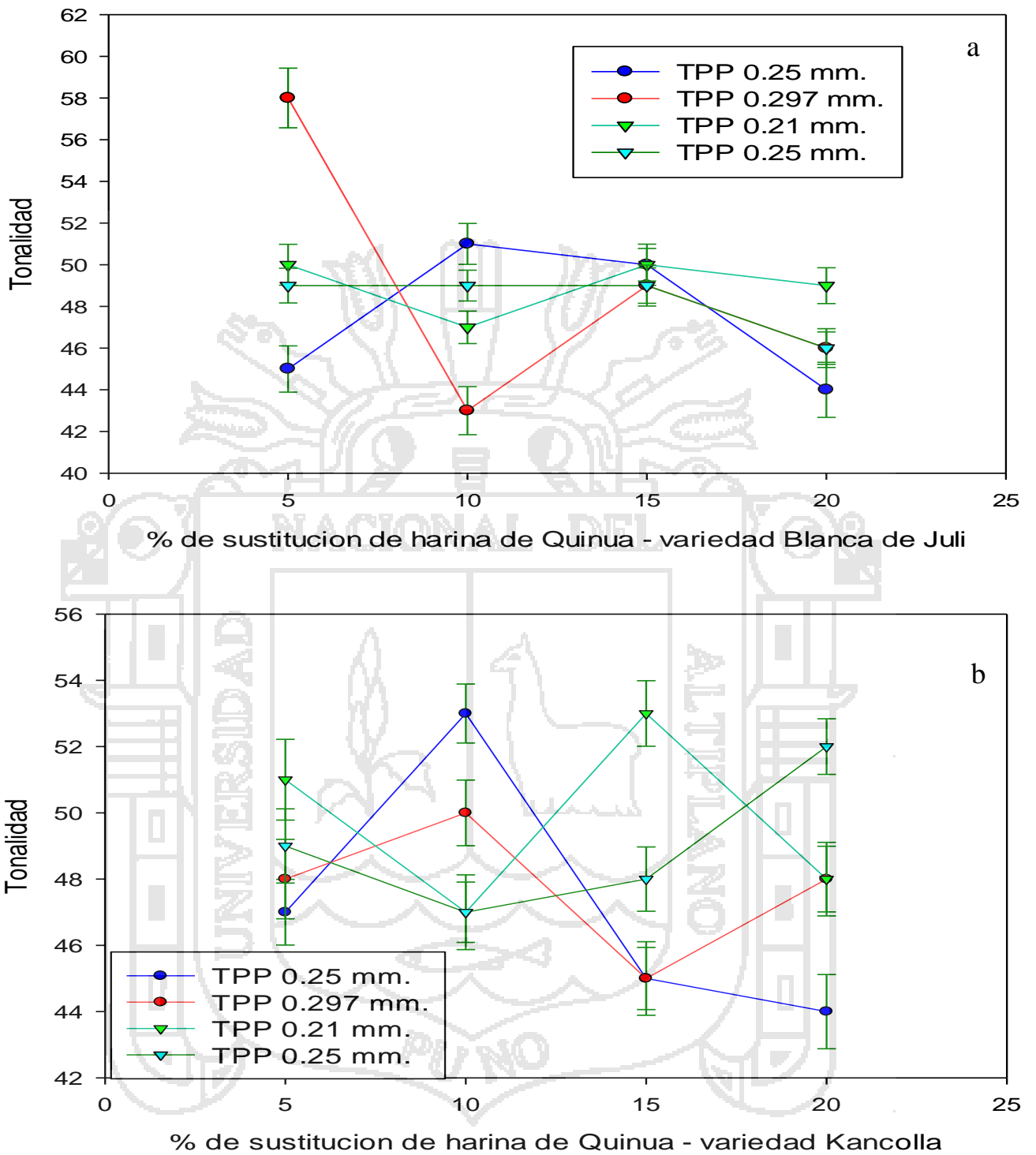


Fig. 23. Comportamiento de la tonalidad (superficie de panes de molde) de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Quinoa con diferentes TPP de harina: (a) variedad Blanca de Juli, (b) variedad Kancolla.

En la Figura 23 se observa que para los panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Quinoa variedad Blanca de Juli hay un incremento de la tonalidad en la primera sustitución del 5% a un TPP de 0.297mm. Para luego disminuir al sustituir con el 20 % de harina de trigo por harina de Quinoa (entre 58° a 45°).

Según UPM, 2009 denomina tonalidad a la longitud de onda dominante a la luz que se ve y que corresponden a una determinada cantidad de tono, presentando los panes de molde tonalidad que varía respecto al porcentaje de sustitución y tamaño promedio de partículas de harinas utilizadas en el estudio.

Para los casos muestran valores similares (Rosales, 2006) cuanto mayor sea la profundidad de pixel en una imagen (más bits de información por pixel) más colores habrá disponibles y más exacta será la representación de tonalidad, en el estudio se observa que la tonalidad es más elevada al inicio de la sustitución, esto debido a que el color de las harinas son distintas.

La luminosidad es la cantidad de luz (Herrera y Rodríguez, 2015) en el estudio realizado las medidas de luminosidad (L) varían entre 32 y 50, predominante con algunos colores claros (Medina *et al.*, 2010) menciona que Las mediciones de luminosidad (L), es decir, la relación luminosidad u oscuridad del color, demuestran que los tonos más claros tienden a predominar con algunos de los presentes blanco.

4.4.2. Determinación del modelo de color HSL en los panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Cañihua.

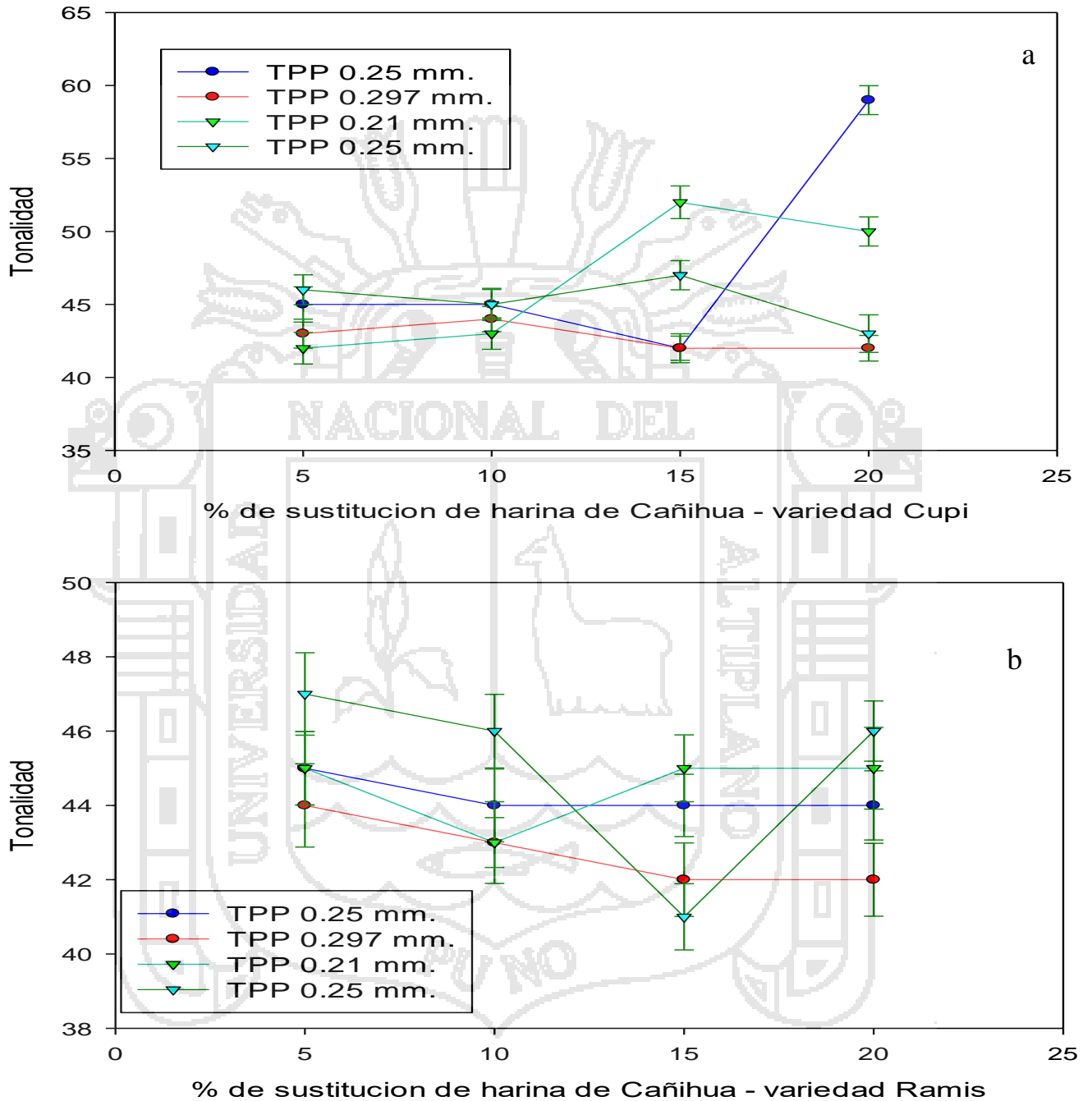


Fig. 24. Comportamiento de la tonalidad (superficie de panes de molde) de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Cañihua con diferentes TPP de harinas: (a) variedad Cupi, (b) variedad Ramis.

En la Figura 24 se observa que para los panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Cañihua variedad Cupi hay una disminución de la tonalidad en la primera sustitución del 5% para luego aumentar al sustituir con el 20 % de harina de trigo por harina de Cañihua (entre 42° a 59°).

Entonces la saturación que corresponde a la pureza de color corresponde a la proporción de luz pura de la longitud de onda dominante y a la luz blanca necesaria para definir el color, Un color 100% puro tiene una saturación del 100% y no contiene luz blanca (Herrera y Rodríguez, 2015) tal es el caso de los panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Quinoa que tienen valores de saturación de entre (42% y 22%). Para ambos casos el color no es puro ya que su rango de saturación es muy bajo.

La coloración de los panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Cañihua es más intensa que la de harina de Quinoa, ya que el color pardo característico de la Cañihua se mantiene durante el proceso de elaboración, con algunos cambios ligeramente notorios en el producto final, Entonces la saturación que corresponde a la pureza de color, Un color 100% puro tiene una saturación del 100% y no contiene luz blanca (Rosales, 2006) tal es el caso de los panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Cañihua que tienen valores de saturación de entre (34% y 17%). Para ambos casos el color no es puro ya que su rango de saturación es muy bajo.

4.5. Valor nutricional de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Quinoa y Cañihua

La tabla 19 muestra el análisis fisicoquímico reportado por el laboratorio, donde se observa que los carbohidratos y las proteínas de los panes de molde con sustitución

parcial de harina de trigo por harina de Quinua y Cañihua son relativamente superiores a los del pan de molde tradicional.

Tabla 19. Valor nutricional por cada 100 gramos de pan de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Quinua y Cañihua en base seca.

Componentes (%)	Contenido por 100g. de muestra				
	TRADICIONAL	T1	T2	T3	T4
Carbohidratos	76.81	76.82	77.06	75.19	78.46
Ceniza	1.94	1.76	1.99	2.08	2.09
Fibra	2.01	0.89	1.04	1.52	1.88
Grasa	7.70	8.59	7.97	9.05	8.79
Proteína	11.55	11.95	11.95	12.17	12.79
Humedad	26.44	20.18	22.33	23.49	24.10

Fuente: Resultados obtenidos del laboratorio de evaluación nutricional de alimentos de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial.

En la Tabla 19 se observa que a medida que aumenta los porcentajes de sustitución en los tratamientos, el porcentaje de humedad también lo hace; esto se debe a que el porcentaje de la Quinua va en aumento. En los análisis de humedad se observa que el pan de molde utilizado como patrón su porcentaje de humedad es alto., pero al hacer las sustituciones de trigo por Quinua se observa como estos varían notablemente. Los tratamientos se encuentran dentro del límite permisible siendo este como máximo 40% de acuerdo a la norma sanitaria para la fabricación y elaboración de productos de panificación (MINSA, 2011).

El contenido de cenizas en los tratamientos es más elevado a medida que aumenta el porcentaje de sustitución, a causa de que la Quinua y Cañihua posee un

elevado contenido de minerales (véase Tabla 2), los tratamientos se encontraron dentro del límite permisible de cenizas en pan de molde que es de 4.0% como máximo en (base seca), de acuerdo al (MINSA, 2011).

De acuerdo a los datos obtenidos en los análisis de proteína, el porcentaje aumenta a medida que se incrementa la sustitución, esto es de esperarse ya que el objetivo es incrementar el porcentaje de proteína en cada uno de los tratamientos.

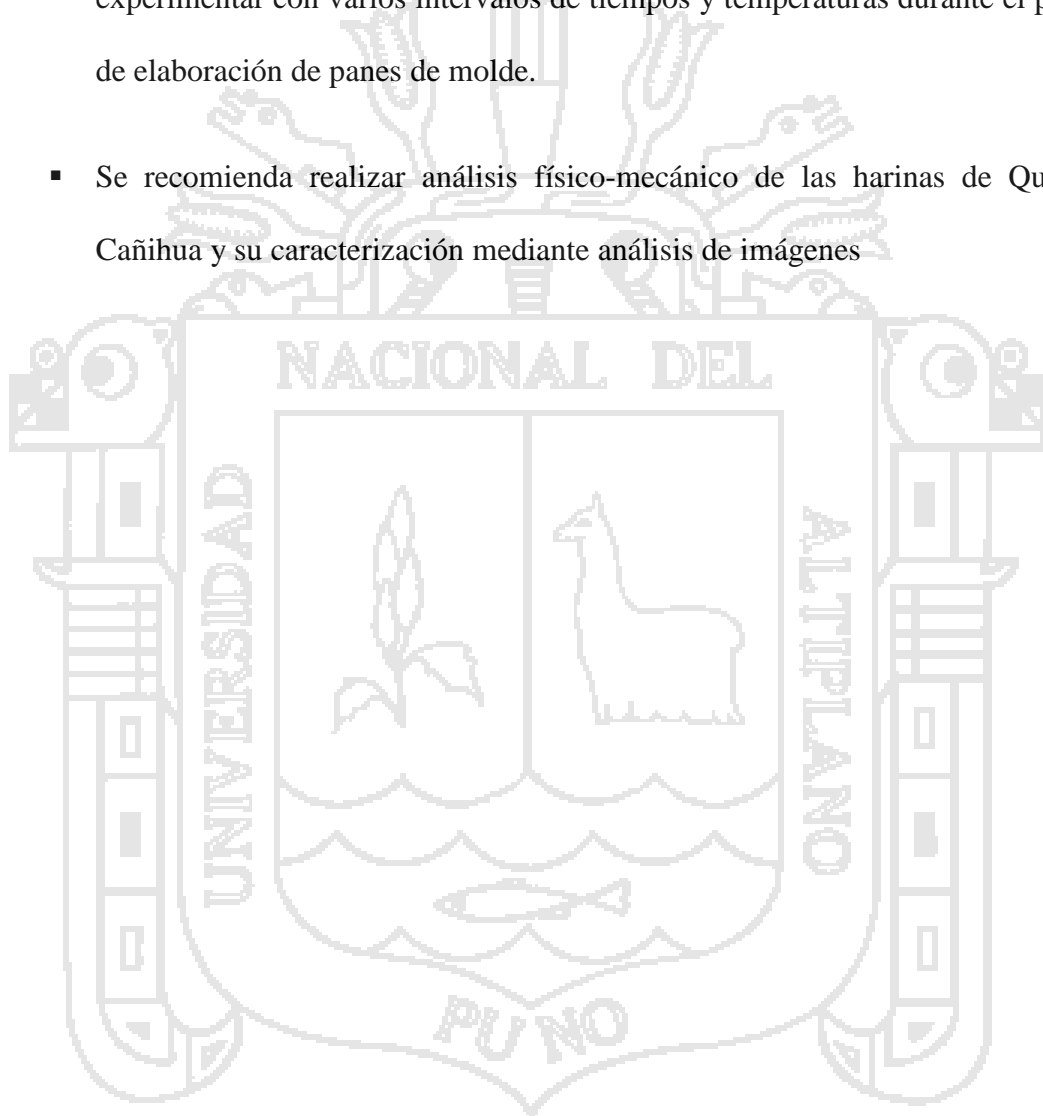
Desde el punto de vista de la nutrición, por lo que se refiere a las proteínas estas pueden tener mayor empleo que el que actualmente tienen, garantizando así la eficiencia en el consumo de productos enriquecidos con proteína, ya que esta se encuentra limitada por el contenido de aminoácidos esenciales, por lo que la escasa presencia de uno de ellos limite el desarrollo de la síntesis proteica por el organismo humano. Queriendo decir con esto que el producto es beneficiado proteicamente asegurando un equilibrio de aminoácidos aportados naturalmente a la dieta por este tipo de cereales.

CONCLUSIONES

- El porcentaje de sustitución y el TPP de harina si influye en la porosidad y la estructura del pan de molde, donde la inclusión de harina de Quinua y Cañihua en la mezcla forma diferentes estructuras y tamaños de alveolos por lo tanto 81.81% de porosidad y el 82.20%, refleja una mejor estructura en la miga de panes de molde, donde el volumen y el crecimiento de alveolos reflejan una mejor calidad en el pan, por su suavidad, blandura y manejo.
- La Dimensión Fractal resultante en la investigación es de 1.99 este valor indica que los panes de molde elaborados con sustitución parcial de harina trigo por la de Quinua y Cañihua están asociados a valores bajos de Df lo que da a entender que tiene una superficie lisa y suave.
- La textura fue determinada por (ASM), (IDM) y (ET) en la superficie del pan de molde. Donde los valores del (ASM) para los panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Quinua y Cañihua va disminuyendo mientras el TPP de harina aumenta. Por lo tanto la variedad, el TPP y el porcentaje de sustitución si afectan en la suavidad del pan y en la irregularidad de su superficie
- La tonalidad en la superficie del pan de molde en ambas sustituciones indica que mientras menores sean los tamaños de grano y mayores sean las cantidades de sustitución la tonalidad será más alto y cuando el tamaño de grano es más grande y el porcentaje de sustitución cambie la tonalidad se mantendrá. Para todos los tratamientos el grado de saturación es bastante bajo siendo estos entre (21%-32%).

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar estudios de porosidad mediante análisis de imágenes de los cambios estructurales de la masa durante el proceso de fermentación.
- Para obtener datos diferentes de dimensión fractal y textura se recomienda experimentar con varios intervalos de tiempos y temperaturas durante el proceso de elaboración de panes de molde.
- Se recomienda realizar análisis físico-mecánico de las harinas de Quinua y Cañihua y su caracterización mediante análisis de imágenes



BIBLIOGRAFIA

- Amend, T., & Belitz, H. (1990). The formation of dough and gluten a study by scanning electron microscopy. *Z. Lebensm Unters Forsch.* (190), 401-409.
- Apaza, V. (2002). Informe Anual. Proyecto IFAD-NUS I. Puno, Perú.
- Botero, J., & Restrepo, A. (2010). Analisis de textura en panes usando la matriz de coocurrencia. Instituto Tecnológico Metropolitano. *Revista Politécnica ISSN 1900-2351.* (10), 74-80.
- Bloksma, A. (1990). Dough structure, dough rheology and baking quality. *Cereals Foods World.* (35), 237-244.
- Bravo, R., Valdivia, R., Andrade, K., Padulosi, E., & Jager, M. (2010). Granos andinos, avances logros y experiencias desarrolladas en Quinoa, Cañihua y Kiwicha en Perú, pág. 127.
- Cauvain, S., & Young, L. (2002). Fabricación de pan. Zaragoza (España), Acribia. S.A. pág. 1 - 4, 16 - 19, 294.
- Cauvain, S., & Cister, J. (1996). Sponge cake technology. CCFRA, Chipping Campden. revista N° 2, 54-65
- Clemente, N., Mayayo, C., Rozas, M., & Santa, S. (2010). Análisis diferencial en distintos panes de molde, ciencia y tecnología de los vegetales, págs.118.
- Csima, G. (2009). Metodos opticos para la determinación de la porosidad de panes. Universidad Corvinus de Budapest, Hungria. *American Society of Agricultural and Biological Engineers.* (1),1-12.

- Cuevas, E., Zalvívar, D., & Pérez, M. (2010). Procesamiento digital de imágenes usando MatLAB y Simulink (Primera ed.). México, Alfaomega Grupo Editor S.A.
- Du, C., & Sun, D. (2004). Recent developments in the applications of image processing techniques for food quality evaluation. *Food Science and Technology*. (15), 230-249
- Fernandez, M. (2000). Solidos pulverulentos y analisis granulométricos. pág. 43, 1-74.
- Fierro, H., & Jara, J. (2010). Estudio de vida útil del pan de molde blanco, Escuela superior politécnica del litoral, Programa de tecnología en alimentos; Guayaquil-Ecuador. págs. 34.
- Haralick, M., Shanmugam, K., & Dinstein, I. (1973). Textural features for image classification IEEE transactions on Systems, man and cybernetics. *IEEE Systems, Man, and Cybernetics Society*. (3), 610-621.
- Herrera, J., & Rodriguez, F. (2015). Diseño de un sistema de registro de luminosidad y actividad física, Tesis de la Universidad Autónoma de México, 2015.
- Ibañez, V. (2009). Analisis y diseño de experimentos, editorial universitaria. Puno-Peru. (Primera ed.). págs. 440.
- Kent, N., & Evers, A. (1994). Kents technology of cereals, an introduction for students
Food Science and Agriculture. (cuarta ed.) págs. 316.

- Laencina, S. (2009). Scanning transmission electron microscopy and dual-beam sample preparation for the analysis of crystalline materials. *Journal of crystal growth*. (2),9-17.
- López, R., Zgrablich, J., & Vidales, A. (2004). Caracterización de medios porosos, procesos percolativos y de transporte. San Luis, Argentina.
- Matiacevich, S., Inostroza, M., Mery, D., & Pedreschi, F. (2009). Predicción de propiedades mecánicas de tortillas chips utilizando análisis de imágenes a través de visión computacional. Universidad Santiago de Chile, Departamento de Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Chile. *Journal Food Engineering*. (66), 207-212.
- Medina, W., Skurtys, O., & Aguilera, J. (2010). Study on image analysis application for identification Quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd) geographical provenance. *Food Science and Technology*. (1), 1-13.
- Menjivar, J., (1993). Fundamental aspects of dough rheology, in dough rheology and baked product texture, New York. NY: Van Nostrand reinhold.
- MINAGRI. (2015). El Perú es el principal productor y exportador de Quinoa en el mundo, Publicado el 20 de enero de 2015 y consultado el 02 de enero de 2015 en www.minag.gob.pe/portal/notas-de-prensa/notas-2015/12000.
- MINSA. (2011). Norma sanitaria para la fabricación, elaboración y expendio de productos de panificación, galletería y pastelería. Lima-Perú: RM N° 1020-2010/ Dirección general de salud ambiental ministerio de salud.

- Moya, B. (2011). Detección de bordes utilizando la matriz de coocurrencia: aplicación a la segmentación de imágenes de frutos de café. Medellín Colombia. (77), 1-174
- Mujica, A., & Jacobsen, S. (2001). Recursos genéticos y mejoramiento de la Quinoa. En memoria del primer taller internacional sobre la Quinoa. Lima, Perú. Editorial CIP-UNALM-UNAP.
- Mujica, A., & Jacobsen, S. (2006). Agro biodiversidad de las Aynokas de Quinoa (*Chenopodium Quinoa* Willd) y la seguridad alimentaria. Lima, seminario Taller .
- Mujica, A., Jacobsen, S., Izquierdo, J., & Marathee, P. (2006). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) Ancestral Cultivo Andino, Alimento del presente y futuro. UNA, Puno: In FAO.
- Mujica, A., Ortiz, R., Rossel, J., Apaza, V., & Canahua, A. (2002). Investigaciones de la Cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en Puno, Perú. Universidad Nacional del Altiplano, Centros e institutos de investigación.
- Pedreschi, F., León, J., Mery, D., & Moyano, P. (2006). Development of a computer vision system to measure the 3 color of potato chips. *Food Research International*. (39), 1092-1098.
- Pedreschi, F., Mery, D., Mendoza, F., & Aguilera, J. (2004). Classification of potato chips using pattern recognition. *Journal of Food Engineering*. (09), 01-10.

- Perez, A., Chanona, J., Farrera, R., Gutierrez, G., Alamilla, L., & Calderon, G. (2010). Image analysis of structural changes in dough during baking. *LWT. Food Science and Technology*. (43), 535-543.
- Pires, J., Cooper, M., Dias, N., Bachi, O., & Reichardt, K. (2007). Micromorfologia, Analisis del efecto de la toma de muestras por el método de anillo volumétrico en la estructura del suelo. *Food Science and Technology*. (3), 1-19.
- Quevedo, R., López, G., Aguilera, J., & Gadoche, L. (2002). Description of food surfaces and microstructural changes using fractal image texture analysis. *Journal of food Engineering*. (53), 361-371.
- Ramirez, C., Young, A., James, B., & Aguilera, J. (2010). Determination of a Representative Volume Element Based on the Variability of Mechanical Properties with Sample Size in Bread. *Journal of Food Science*. (75), E516-E521.
- Repo-Carrasco, R. (1998). Introducción a la ciencia y tecnología de cereales y de granos andinos. Edit. Agraria, Lima-Peru. págs. 137.
- Ríos, J., Groot ferrando, A., Martínez, J., & Del baño, M. (2010). Fiabilidad y reproducibilidad de un nuevo método de analisis morfo textural de imágenes ecográficas del tendón rotuliano. Grupo de Investigación. Ecografía y Morfo-densitometría Preventiva, Universidad Catolica San Antonio de Murcia (UCAM), Departamento ciencias de la salud, España- Murcia.
- Rodríguez, J. (2010). Propiedades físicas, densidad y porosidad. Departamento de geología. Universidad de Oviedo, Asturias (España). pág. 4.

Rosales, Y. (2006). Principios del desarrollo de software de formulación de color para el acabado en cuero. Instituto tecnológico de león, Dirección General de Educación Tecnológica, España.

Salager, J. (1991). Métodos de análisis granulométricos. Universidad los Andes Mérida, Escuela de Ingeniería Química, Venezuela.

UPM, (2009). El color, grupo de ingeniería gráfica.
http://www.gigetsii.upm.es/pdf/doctorado/EL_COLOR.pdf.

Vilca, R. (2013). Evaluación del proceso de cocción de tres variedades de papa (*solanum tuberosum* L.) Peruana Utilizando análisis de imágenes. UNA-Puno-Perú.

Yarza, I. (2007). Como hacer pan con masa madre. Editorial Larousse.



ANEXOS



Anexo 1. Resultados obtenidos de la porosidad de cada pan de molde con diferentes tamaños promedios de partículas de harinas y porcentaje de sustitución de harina de trigo por harina de Quinua y Cañihua obtenidas de la implementación de algoritmo en MATLAB.

VARIEDAD (A)	Cañihua Cupi															
	T1			T2			T3			T4						
	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%
CONCENT(C.)	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%
1	66.3017	69.9529	67.4222	87.8826	63.5833	61.3025	60.9456	64.6833	62.1022	65.8428	68.0635	69.5538	74.3777	67.5837	67.8349	69.7982
2	64.6885	76.7596	59.8398	71.7438	60.2061	60.9532	60.6665	60.3838	61.3436	62.7592	69.5606	71.2604	65.575	67.7339	67.0788	69.1643
3	75.0729	66.8618	70.4319	86.9717	61.7848	71.2971	64.5632	60.0312	67.5376	64.8407	67.1028	65.5855	71.0097	73.6962	64.5689	65.2941
PROMEDIO	68.6877	71.191433	65.897967	82.199367	61.858067	64.518267	62.0591	61.666767	63.661133	64.4809	68.2423	68.800567	70.3208	69.671267	66.4942	68.085333
VARIEDAD (A)	Cañihua Ramis															
TG (B)	T1			T2			T3			T4						
CONCENT(C.)	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%
1	67.1964	70.4987	61.5478	81.5872	69.6019	61.2089	61.0017	61.599	68.642	69.3954	73.1477	65.2501	69.0682	75.8959	64.808	67.5015
2	71.6864	73.7432	65.0499	72.4618	64.6165	64.9221	61.2593	60.571	68.4532	66.609	64.7031	66.911	77.0126	70.7204	68.2766	68.7239
3	68.7975	65.8003	63.0454	71.0146	62.2533	61.8328	60.5943	60.5008	69.0534	64.6537	61.9901	66.1949	71.7394	76.5208	68.0512	70.9313
PROMEDIO	69.226767	70.014733	63.214367	75.0212	65.491233	62.6546	60.951767	60.890267	68.7162	66.886033	66.613633	66.118667	72.606733	74.379033	67.045267	69.0529
VARIEDAD (A)	Quinua Blanca de Juli															
TG (B)	T1			T2			T3			T4						
CONCENT(C.)	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%
1	78.7294	80.3934	74.2894	64.4307	77.09	71.6676	81.8897	79.838	73.1897	81.7866	75.2903	77.7633	76.679	72.4097	83.4406	79.3944
2	78.1568	79.3156	73.8964	67.3241	76.3342	71.5349	78.9272	78.4495	76.609	82.89	70.4285	74.3027	77.9174	73.0937	78.4126	73.9814
3	78.0299	81.5564	73.2622	72.2422	71.2693	78.9713	84.6229	81.6332	80.3355	80.2316	70.7034	67.3361	74.6369	76.5065	76.1289	73.9851
PROMEDIO	78.305367	80.4218	75.816	67.999	74.897833	74.057933	81.813267	79.980233	76.7114	81.636067	72.139733	73.134033	76.4111	74.0033	79.327367	75.786967
VARIEDAD (A)	Quinua Kasentla															
TG (B)	T1			T2			T3			T4						
CONCENT(C.)	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%
1	83.2987	69.5759	72.4591	65.4973	70.2142	97.2299	79.5287	84.3467	62.7864	83.4526	70.5817	75.0182	72.4173	78.1524	79.7675	73.3094
2	78.0731	75.1269	71.7812	66.2274	76.2404	97.7319	77.0271	85.1589	75.2034	73.474	70.7854	76.6732	79.511	81.6708	71.362	79.6659
3	73.6943	75.1622	75.3971	65.3847	63.004	66.7508	81.3351	79.8646	72.7351	72.2638	72.4937	78.7789	74.3907	80.8903	77.8888	76.0668
PROMEDIO	78.355367	73.288333	73.212467	65.703133	69.819533	87.237533	79.296967	83.1234	70.241633	76.3968	71.286933	76.823433	75.439667	80.237833	76.339433	76.3467
3	83.4755															
	82.725533															

Anexo 2. Datos obtenidos en la matriz de diseño experimental para la dimensión fractal de panes de molde con diferentes tamaños promedios de partículas de harinas y porcentaje de sustitución de harina de trigo por harina de Quinua y Cañihua

VARIEDAD (A)		CUPI															
TG (B)		T1			T2			T3			T4						
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
CONCENT(C.)		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1		1.995	1.99	1.993	1.996	1.993	1.993	1.993	1.992	1.989	1.99	1.993	1.989	1.994	1.99	1.989	1.999
2		1.987	1.988	1.993	1.995	1.995	1.993	1.986	1.992	1.989	1.993	1.993	1.992	1.993	1.991	1.989	1.989
3		1.991	1.991	1.993	1.994	1.993	1.998	1.993	1.993	1.994	1.991	1.993	1.992	1.99	1.99	1.989	1.99
PROMEDIO		1.991	1.990	1.993	1.995	1.994	1.995	1.991	1.992	1.991	1.991	1.993	1.991	1.992	1.990	1.989	1.993
VARIEDAD (A)		BLANCA DE JULI															
TG (B)		T1			T2			T3			T4						
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
CONCENT(C.)		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1		1.992	1.991	1.988	1.988	1.988	1.988	1.988	1.992	1.988	1.991	1.992	1.992	1.989	1.991	1.992	1.99
2		1.99	1.989	1.989	1.987	1.991	1.988	1.994	1.991	1.99	1.991	1.991	1.989	1.993	1.988	1.989	1.988
3		1.991	1.991	1.989	1.99	1.988	1.987	1.99	1.991	1.994	1.992	1.988	1.991	1.99	1.989	1.99	1.987
PROMEDIO		1.991	1.990	1.989	1.988	1.989	1.988	1.992	1.991	1.991	1.991	1.990	1.991	1.991	1.989	1.990	1.988
VARIEDAD (A)		RAMIS															
TG (B)		T1			T2			T3			T4						
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
CONCENT(C.)		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1		1.99	1.989	1.991	1.987	1.988	1.991	1.992	1.991	1.992	1.99	1.987	1.991	1.99	1.99	1.991	1.991
2		1.999	1.989	1.99	1.99	1.989	1.988	1.989	1.993	1.99	1.994	1.992	1.992	1.992	1.991	1.991	1.99
3		1.989	1.99	1.99	1.991	1.988	1.989	1.99	1.99	1.99	1.993	1.991	1.992	1.988	1.992	1.991	1.991
PROMEDIO		1.994	1.990	1.990	1.991	1.988	1.988	1.990	1.992	1.990	1.993	1.991	1.990	1.990	1.991	1.991	1.991
VARIEDAD (A)		KANCOLLA															
TG (B)		T1			T2			T3			T4						
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
CONCENT(C.)		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1		1.99	1.99	1.99	1.992	1.992	1.99	1.992	1.991	1.99	1.99	1.99	1.99	1.99	1.99	1.99	1.992
2		1.99	1.992	1.992	1.992	1.989	1.992	1.991	1.993	1.991	1.992	1.99	1.99	1.992	1.992	1.993	1.993
3		1.992	1.993	1.993	1.991	1.993	1.99	1.993	1.992	1.989	1.99	1.991	1.991	1.992	1.991	1.992	1.992
PROMEDIO		1.991	1.992	1.992	1.992	1.991	1.991	1.992	1.992	1.992	1.991	1.991	1.990	1.991	1.991	1.992	1.992

Anexo 3. Datos obtenidos en la matriz de diseño experimental para la textura de panes de molde con diferentes tamaños promedios de partículas de harinas y porcentajes de sustitución de harina de trigo por harina de Quinua.

VARIEDAD		UNIFORMIDAD																					
		BLANCA DE JULI						50						60						70			
TAMIZ(B)	CONCENTR	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%		
	1	0.009	0.01	0.012	0.013	0.014	0.017	0.009	0.009	0.013	0.014	0.019	0.013	0.011	0.013	0.015	0.011	0.011	0.013	0.009	0.011	0.009	
	2	0.008	0.01	0.015	0.013	0.018	0.014	0.01	0.009	0.013	0.011	0.018	0.015	0.011	0.011	0.015	0.011	0.011	0.013	0.01	0.011	0.009	
	3	0.008	0.013	0.015	0.008	0.017	0.009	0.01	0.01	0.013	0.011	0.012	0.021	0.01	0.013	0.012	0.013	0.01	0.013	0.012	0.014	0.014	
		0.0083	0.0110	0.0140	0.0110	0.0163	0.0133	0.0097	0.0093	0.0130	0.0120	0.0163	0.0163	0.0107	0.0123	0.0103	0.0113						
HOMOGENEIDAD																							
VARIEDAD		BLANCA DE JULI																					
		40						50						60						70			
TAMIZ(B)	CONCENTR	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%		
	1	7.26E-05	8.11E-05	7.22E-05	6.89E-05	6.61E-05	5.10E-05	8.85E-05	8.03E-05	7.03E-05	8.43E-05	6.16E-05	7.42E-05	6.09E-05	6.92E-05	9.31E-05	6.17E-05						
	2	7.41E-05	7.14E-05	6.77E-05	5.08E-05	4.73E-05	5.88E-05	1.15E-04	8.20E-05	6.75E-05	7.21E-05	6.32E-05	6.50E-05	7.18E-05	7.40E-05	7.49E-05	7.96E-05						
	3	7.24E-05	6.73E-05	5.53E-05	6.98E-05	6.14E-05	8.02E-05	8.46E-05	8.47E-05	7.04E-05	7.46E-05	7.67E-05	6.77E-05	6.61E-05	6.83E-05	6.99E-05	5.84E-05						
		7.30E-05	7.33E-05	6.51E-05	6.32E-05	5.83E-05	6.33E-05	9.62E-05	8.23E-05	6.94E-05	7.70E-05	6.72E-05	6.90E-05	6.63E-05	7.05E-05	7.93E-05	6.66E-05						
ENTROPIA																							
VARIEDAD		BLANCA DE JULI																					
		40						50						60						70			
TAMIZ(B)	CONCENTR	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%		
	1	4.753	4.689	4.728	4.54	4.528	4.234	4.802	4.787	4.488	4.395	4.129	4.479	4.599	4.439	4.738	4.624						
	2	4.863	4.671	4.407	4.669	4.226	4.435	4.883	4.859	4.44	4.655	4.154	4.289	4.629	4.663	4.733	4.733						
	3	4.892	4.472	4.424	4.919	4.262	4.77	4.725	4.712	4.476	4.604	4.576	4.01	4.712	4.477	4.536	4.444						
		4.836	4.611	4.520	4.709	4.339	4.480	4.803	4.786	4.468	4.551	4.286	4.259	4.647	4.515	4.646	4.600						



UNIFORMIDAD																
KANCOLLA																
40				50				60				70				
5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%	
0.018	0.015	0.01	0.009	0.009	0.016	0.01	0.013	0.022	0.011	0.022	0.013	0.014	0.009	0.011	0.013	
0.011	0.013	0.009	0.007	0.013	0.014	0.01	0.011	0.021	0.009	0.015	0.014	0.009	0.009	0.011	0.01	
0.013	0.011	0.008	0.009	0.015	0.018	0.009	0.009	0.02	0.009	0.016	0.013	0.011	0.01	0.011	0.013	
0.0140	0.0130	0.0090	0.0083	0.0123	0.0160	0.0097	0.0110	0.0210	0.0097	0.0177	0.0133	0.0113	0.0093	0.0110	0.0120	
HOMOGENEIDAD																
KANCOLLA																
40				50				60				70				
5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%	
6.99E-05	5.91E-05	7.34E-05	7.58E-05	7.99E-05	7.17E-05	7.59E-05	6.94E-05	6.23E-05	7.48E-05	6.62E-05	8.33E-05	6.85E-05	8.33E-05	6.99E-05	7.26E-05	
6.93E-05	7.07E-05	7.78E-05	1.10E-04	6.56E-05	5.21E-05	7.23E-05	7.47E-05	6.49E-05	7.59E-05	6.40E-05	7.27E-05	7.93E-05	7.59E-05	6.42E-05	7.30E-05	
6.45E-05	6.78E-05	8.77E-05	8.03E-05	8.90E-05	5.73E-05	7.74E-05	8.17E-05	6.22E-05	6.83E-05	5.52E-05	6.85E-05	6.80E-05	8.05E-05	6.45E-05	7.25E-05	
6.79E-05	6.59E-05	7.96E-05	8.86E-05	7.82E-05	6.04E-05	7.52E-05	7.53E-05	6.31E-05	7.30E-05	6.18E-05	6.99E-05	7.71E-05	7.54E-05	6.72E-05	6.97E-05	
ENTROPIA																
KANCOLLA																
40				50				60				70				
5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%	
4.128	4.318	4.738	4.874	4.834	4.272	4.777	4.466	3.966	4.56	3.969	4.42	4.441	4.862	4.575	4.519	
4.645	4.487	4.819	5.046	4.525	4.531	4.692	4.657	3.989	4.772	4.351	4.381	4.769	4.77	4.602	4.934	
4.458	4.662	4.932	4.803	4.375	4.205	4.83	4.92	4.052	4.767	4.251	4.43	4.558	4.737	4.642	4.514	
4.410	4.489	4.830	4.908	4.578	4.336	4.766	4.681	4.002	4.700	4.190	4.410	4.589	4.790	4.606	4.656	

Anexo 4. Datos obtenidos en la matriz de diseño experimental para la textura de panes de molde con diferentes tamaños promedios de partículas de harinas y porcentaje de sustitución de harina de trigo por harina de Cañihua

VARIEDAD		UNIFORMIDAD																				
		40					50					60					70					
TAMIZ(B)	CONCENT	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%	
1	0.008	0.01	0.015	0.008	0.006	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.006	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007
2	0.007	0.009	0.007	0.006	0.006	0.006	0.006	0.007	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.008	0.007
3	0.006	0.007	0.007	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.007	0.008	0.008	0.006	0.007	0.007	0.008	0.007
	0.007	0.009	0.010	0.007	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.008	0.007
VARIEDAD		HOMOGENEIDAD																				
		40					50					60					70					
TAMIZ(B)	CONCENT	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%	
1	8.47E-05	8.11E-05	6.77E-05	6.98E-05	8.90E-05	1.26E-04	9.51E-05	1.17E-04	1.17E-04	1.17E-04	1.08E-04	6.89E-05	8.61E-05	7.06E-05	9.30E-05	1.01E-04	7.59E-05	7.85E-05	7.31E-05	7.46E-05	7.85E-05	7.72E-05
2	9.26E-05	7.31E-05	7.46E-05	7.85E-05	7.85E-05	7.72E-05	7.60E-05	7.55E-05	7.55E-05	7.55E-05	8.88E-05	7.99E-05	7.71E-05	6.54E-05	9.08E-05	7.14E-05	8.43E-05	9.93E-05	7.46E-05	8.21E-05	7.98E-05	7.53E-05
3	9.93E-05	7.46E-05	8.21E-05	8.90E-05	8.50E-05	7.98E-05	7.53E-05	9.18E-05	9.18E-05	9.18E-05	7.75E-05	8.94E-05	6.96E-05	8.40E-05	8.54E-05	7.21E-05	7.00E-05	9.22E-05	7.63E-05	7.48E-05	7.91E-05	8.42E-05
VARIEDAD		ENTROPIA																				
		40					50					60					70					
TAMIZ(B)	CONCENT	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%	
1	4.98	4.689	4.407	4.919	5.227	5.473	5.413	5.413	5.356	5.356	5.203	5.132	5.141	5.112	5.262	5.164	5.107	5.097	4.831	5.036	5.2	5.296
2	5.097	4.831	5.036	5.2	5.2	5.2	5.282	5.174	5.174	5.174	5.089	5.158	4.926	5.248	5.049	4.946	5.009	5.155	5.036	5.055	5.227	5.17
3	5.077	4.852	4.833	5.115	5.199	5.310	5.274	5.177	5.177	5.177	5.134	5.104	5.042	5.137	5.143	5.027	5.062	5.077	4.852	4.833	5.115	5.199

UNIFORMIDAD															
RAMIS															
40			50			60			70						
5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%
0.007	0.008	0.007	0.007	0.005	0.005	0.006	0.005	0.005	0.005	0.005	0.007	0.008	0.007	0.006	0.006
0.007	0.007	0.005	0.007	0.006	0.006	0.006	0.007	0.007	0.008	0.007	0.006	0.01	0.011	0.006	0.006
0.007	0.007	0.007	0.006	0.006	0.005	0.006	0.005	0.005	0.006	0.007	0.007	0.008	0.008	0.006	0.007
0.007	0.007	0.006	0.007	0.006	0.005	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.007	0.009	0.009	0.006	0.006
HOMOGENEIDAD															
RAMIS															
40			50			60			70						
5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%
8.92E-05	7.90E-05	6.66E-05	8.35E-05	8.25E-05	9.16E-05	8.80E-05	7.93E-05	7.93E-05	9.70E-05	1.35E-04	8.78E-05	6.91E-05	7.47E-05	8.53E-05	1.09E-04
9.11E-05	7.55E-05	1.01E-04	6.48E-05	9.43E-05	8.51E-05	7.95E-05	8.76E-05	8.76E-05	7.75E-05	8.28E-05	8.06E-05	7.69E-05	8.06E-05	8.73E-05	7.57E-05
7.04E-05	7.73E-05	7.27E-05	7.75E-05	8.17E-05	9.54E-05	8.45E-05	9.02E-05	9.02E-05	8.96E-05	7.80E-05	7.55E-05	7.75E-05	7.14E-05	7.55E-05	7.83E-05
8.36E-05	7.73E-05	8.02E-05	7.53E-05	8.61E-05	9.07E-05	8.40E-05	8.57E-05	8.57E-05	8.80E-05	8.57E-05	8.13E-05	7.45E-05	7.56E-05	8.27E-05	8.75E-05
ENTROPIA															
RAMIS															
40			50			60			70						
5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%
5.024	4.935	5.153	5.124	5.404	5.369	5.27	5.323	5.323	5.337	5.412	5.15	4.93	5.059	5.225	5.316
5.025	5.062	5.369	5.054	5.277	5.201	5.19	5.129	5.129	4.963	5.165	5.201	4.706	4.774	5.239	5.177
5.044	5.055	5.127	5.171	5.129	5.29	5.302	5.383	5.383	5.19	5.103	5.099	4.914	4.999	5.157	5.165
5.031	5.017	5.216	5.116	5.270	5.287	5.254	5.278	5.278	5.163	5.227	5.150	4.850	4.944	5.207	5.219



Anexo 5. Datos obtenidos en la matriz de diseño experimental para el color de panes de molde con diferentes tamaños promedios de partículas de harinas y porcentaje de sustitución de harina de trigo por harina de Quinua.

VARIEDAD	RED																							
	BLANCA DE JULI																							
	40						50						60						70					
TAMIZ(B)	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%				
CONCENTR	147.67	140.48	148.73	155.42	150.32	165.71	151.14	150.19	152.64	147.12	153.49	147.69	154.44	156.35	145.07	160.21								
1																								
2	147.67	148.58	138.45	163.46	161.37	161.12	152.28	152.44	152.46	158.19	147.37	152.77	151.75	153.07	154.51	153.25								
3	148.02	145.26	158.89	162.76	145.74	153.71	142.42	148.48	147.65	155.11	156.31	147.97	150.37	147.89	154.40	158.78								
	147.79	144.77	148.69	160.55	152.48	160.18	148.62	150.37	150.91	153.47	152.39	149.47	155.52	152.43	151.33	154.08								
	GREEN																							
VARIEDAD	BLANCA DE JULI																							
TAMIZ(B)	40						50						60						70					
CONCENTR	133.18	130.14	139.19	133.96	141.34	149.42	132.13	131.64	137.27	129.07	138.53	132.17	147.81	139.39	129.11	136.56								
1																								
2	133.18	138.63	130.36	139.98	157.77	143.47	133.67	133.60	140.05	139.68	132.91	140.68	135.20	137.50	138.50	138.89								
3	131.75	136.63	141.82	146.91	140.74	127.66	138.72	130.77	136.61	135.42	145.83	138.10	147.79	134.81	139.17	152.33								
	132.70	135.13	137.12	140.28	146.62	140.18	134.84	132.00	137.98	134.72	139.09	136.99	143.60	137.23	135.60	142.59								
	BLUE																							
VARIEDAD	BLANCA DE JULI																							
TAMIZ(B)	40						50						60						70					
CONCENTR	86.89	74.92	79.32	78.87	83.36	108.16	63.53	70.32	73.31	56.87	63.37	73.44	105.89	70.36	63.58	68.24								
1																								
2	86.89	77.38	86.16	77.67	119.74	92.23	68.72	71.02	76.96	68.26	71.67	81.61	76.98	73.11	70.60	54.33								
3	89.54	87.86	69.92	94.98	99.49	71.46	96.97	65.77	78.33	68.38	82.39	80.28	83.36	72.74	71.18	78.93								
	87.77	80.05	78.47	83.84	100.86	90.62	76.41	69.03	76.20	64.50	72.48	78.44	88.74	72.07	68.45	70.50								



RED															
KANCOLLA															
40				50				60				70			
5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%
158.34	157.34	158.20	159.27	134.08	158.09	144.79	154.21	144.87	142.23	151.25	151.45	156.17	146.18	151.93	131.00
158.86	156.35	142.43	149.29	152.75	157.94	148.18	154.24	154.59	151.06	150.35	150.68	141.15	157.54	156.86	161.76
160.27	159.59	150.76	151.31	148.60	151.88	143.01	153.93	148.20	151.06	150.08	147.53	154.64	150.02	163.05	144.00
159.16	157.76	150.46	153.29	145.14	155.97	145.33	154.13	149.22	148.12	150.89	150.22	150.65	151.25	157.61	145.92
GREEN															
KANCOLLA															
40				50				60				70			
5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%
140.01	149.13	137.73	135.22	120.83	145.56	129.45	139.52	137.02	134.90	147.48	137.16	142.31	131.36	133.66	117.00
140.82	154.14	122.74	128.02	135.55	146.20	132.56	136.41	146.76	132.87	141.22	136.88	129.52	139.85	139.26	147.56
137.12	149.45	134.77	131.88	135.22	137.81	129.01	137.06	140.06	132.87	142.52	131.29	137.36	133.39	144.35	144.41
139.32	150.91	131.75	131.71	130.53	143.19	130.34	137.66	141.28	133.54	143.74	135.11	136.40	134.86	139.76	136.32
BLUE															
KANCOLLA															
40				50				60				70			
5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%
62.79	106.34	77.29	75.01	65.39	81.74	83.60	72.77	98.03	88.15	96.08	76.28	74.36	68.85	61.13	37.00
64.74	112.64	65.09	79.65	68.20	82.99	81.83	70.58	105.21	77.64	78.70	79.29	64.50	80.30	63.54	73.50
65.55	84.38	78.69	67.65	76.58	67.97	88.89	76.69	93.40	77.64	89.35	76.73	68.68	76.58	77.17	110.51
64.36	101.12	73.69	74.11	70.05	77.57	84.78	73.35	98.88	81.14	88.04	77.43	69.85	75.24	67.95	73.67

Anexo 6. Datos obtenidos en la matriz de diseño experimental para el color de panes de molde con diferentes tamaños promedios de partículas de harinas y porcentaje de sustitución de harina de trigo por harina de Cañihua

RED															
VARIEDAD	CUPI														
	40			50			60			70					
TAMIZ(B)	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%			
1	153.60	148.39	138.21	145.71	143.12	146.18	144.34	137.87	143.20	138.13	160.14	165.65	158.29	161.43	157.81
2	147.65	146.30	150.74	147.38	142.81	144.91	143.36	141.86	145.38	148.61	155.56	160.98	154.22	160.10	164.85
3	149.25	152.55	147.86	146.52	150.89	141.85	143.80	143.08	139.84	150.22	154.28	158.89	154.99	157.85	155.50
	150.17	149.08	145.60	146.54	145.60	144.31	143.83	140.94	142.81	145.66	156.66	161.84	155.83	159.79	159.39
GREEN															
VARIEDAD	CUPI														
	40			50			60			70					
TAMIZ(B)	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%			
1	137.77	133.20	124.52	132.23	126.93	129.87	129.71	126.17	131.25	125.79	145.70	148.60	143.37	148.79	139.55
2	129.25	130.19	137.15	135.44	128.49	132.87	128.30	128.43	133.35	137.08	142.12	143.87	139.58	147.49	149.29
3	129.63	134.89	133.84	134.62	135.79	128.12	130.03	130.05	126.92	140.10	140.94	142.26	139.90	145.27	141.18
	132.22	132.76	131.84	134.10	130.40	130.29	129.35	128.22	130.51	134.32	142.92	144.91	140.95	147.18	143.34
BLUE															
VARIEDAD	CUPI														
	40			50			60			70					
TAMIZ(B)	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%			
1	88.19	90.90	93.79	96.38	87.80	98.75	95.65	100.24	101.33	97.66	96.97	99.94	109.21	100.02	96.88
2	76.28	79.40	107.38	102.62	91.28	101.24	95.04	97.55	104.55	107.93	93.23	98.05	102.12	92.45	104.80
3	73.60	86.63	100.28	103.45	96.74	93.83	96.72	98.31	96.17	114.13	96.35	95.17	101.83	94.03	103.67
	79.35	85.64	100.48	100.82	91.94	97.94	95.80	98.70	100.68	106.57	95.52	97.72	104.39	95.50	101.79



RED																															
RAMIS																															
40				50				60				70																			
5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%												
151.70	144.11	145.90	144.42	142.79	142.47	145.09	136.91	146.49	139.78	148.14	150.92	153.78	144.37	134.07	145.66	146.65	147.54	143.94	147.07	139.53	143.83	141.98	138.69	127.89	139.46	139.37	149.11	141.93	159.46	142.95	146.79
155.24	150.32	145.36	146.51	145.80	144.69	147.58	146.84	138.87	147.20	159.11	154.31	146.08	162.25	143.00	148.29	157.20	147.32	145.07	146.00	142.71	143.66	144.88	140.81	137.75	142.15	148.87	151.45	147.26	155.36	140.01	146.91
GREEN																															
RAMIS																															
40				50				60				70																			
5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%												
135.18	128.21	133.93	131.43	128.25	126.92	129.90	123.36	135.29	127.56	133.25	135.60	138.42	129.35	122.75	133.02	149.66	130.99	130.54	134.94	126.37	128.37	127.49	126.11	121.05	124.74	124.32	132.18	130.74	141.25	130.32	135.53
137.32	134.41	132.02	136.05	131.98	130.44	133.36	133.09	126.02	130.22	142.76	136.18	129.94	140.84	131.72	136.13	140.72	131.20	132.16	134.14	128.86	128.58	130.25	127.52	127.45	127.50	134.11	134.65	133.04	137.11	128.27	134.89
BLUE																															
RAMIS																															
40				50				60				70																			
5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%												
88.36	83.13	98.48	94.85	90.56	87.62	93.24	91.56	101.25	91.62	93.49	90.61	85.43	75.45	101.75	91.66	103.19	85.26	93.55	102.32	89.40	86.35	94.69	96.98	93.24	87.72	82.87	84.71	80.13	78.25	101.02	97.88
86.90	89.20	99.27	108.50	97.03	93.65	101.56	102.21	93.06	92.14	94.39	82.62	74.49	73.67	105.71	100.79	92.82	85.86	97.10	101.89	92.33	89.20	96.50	96.92	95.85	90.49	90.25	85.98	80.02	75.79	102.83	96.78



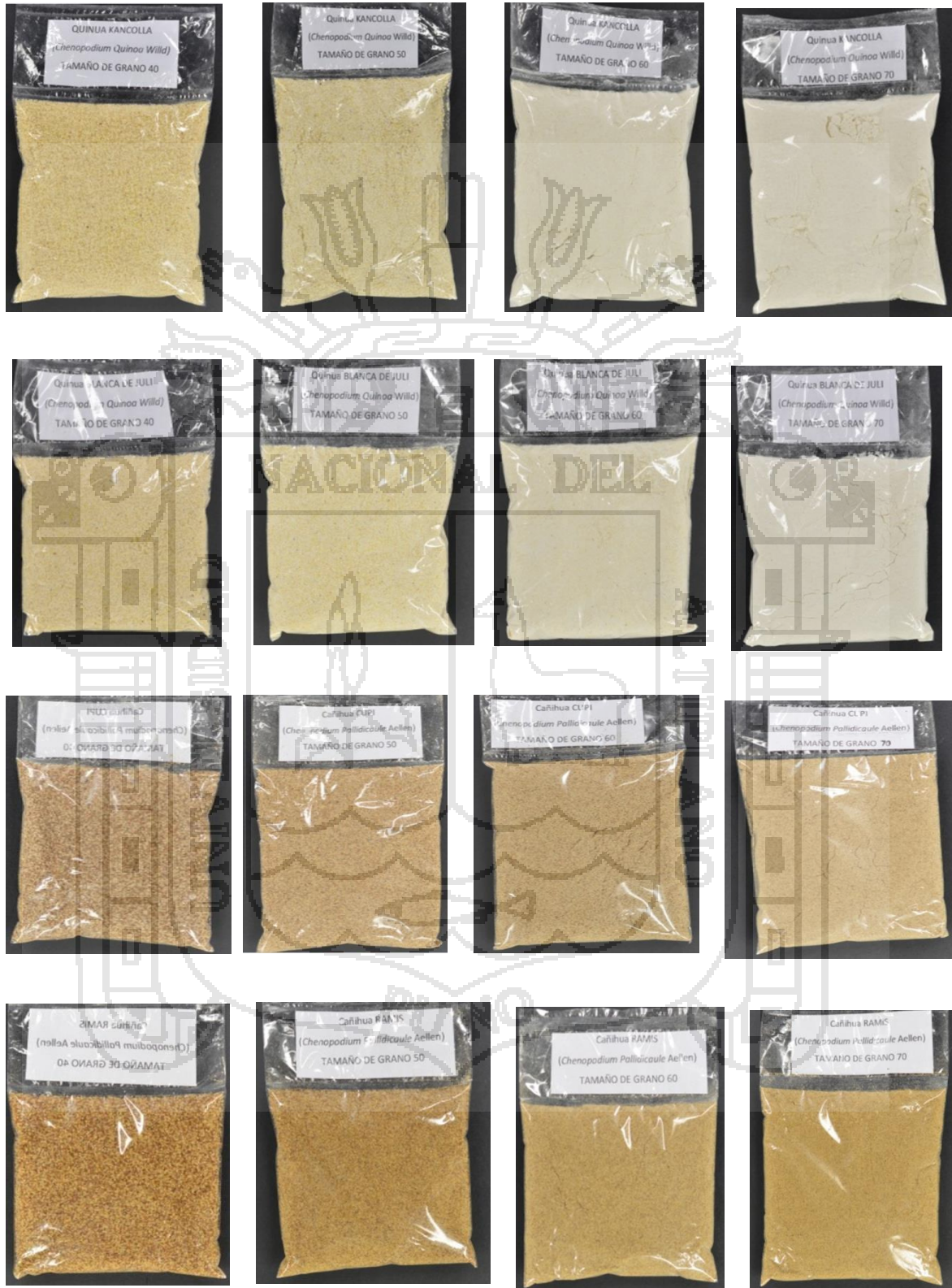
Anexo 7. Tabla de la escala de Tyler para determinar tamaño de grano.

3.1 Sieving Surfaces

Table 3.2. ^a Manufactured by W. S. Tyler Company, Cleveland, Ohio.
^b National Bureau of Standards L.C.-584 and ASTM-E. II.
^c BS-410 1943.
^d DIN 1171 (German Standard Specification).

Comparison of Various Types of Standard Sieve							
Tyler ^a	U.S. ^b		British ^c Standard		German DIN ^d		
Equivalent Mesh	Mesh No.	Openings mm	Mesh No.	Openings mm	DIN No.	Mesh/cm ²	Openings mm
3½	3½	5.66	...	...	1	1	6.000
4	4	4.76	...	...	...	...	...
5	5	4.00	...	...	...	...	...
6	6	3.36	5	3.353	2	4	3.000
7	7	2.83	6	2.812	...	...	...
...
8	8	2.38	7	2.411	2½	6.25	2.400
9	10	2.00	8	2.057	3	9	2.000
10	12	1.68	10	1.676	4	16	1.500
...
12	14	1.41	12	1.405	...	...	...
...
14	16	1.19	14	1.204	5	25	1.200
...
16	18	1.00	16	1.003	6	36	1.020
20	20	0.84	18	0.853	...	...	...
...	...	...	...	...	8	64	0.750
24	25	0.71	22	0.699	...	...	...
...
28	30	0.59	25	0.599	10	100	0.600
...	...	...	...	...	11	121	0.540
32	35	0.50	30	0.500	12	144	0.490
35	40	0.42	36	0.422	14	196	0.430
42	45	0.35	44	0.353	16	256	0.385
...
48	50	0.297	52	0.295	20	400	0.300
60	60	0.250	60	0.251	24	576	0.250
65	70	0.210	72	0.211	30	900	0.200
80	80	0.177	85	0.178	...	...	...
100	100	0.149	100	0.152	40	1600	0.150
...
115	120	0.125	120	0.124	50	2500	0.120
150	140	0.105	150	0.104	60	3600	0.102
170	170	0.088	170	0.089	70	4900	0.088
...
200	200	0.074	200	0.076	80	6400	0.075
250	230	0.062	240	0.066	100	10000	0.060
270	270	0.053	300	0.053	...	...	...
325	325	0.044	...	...	...	...	...
400	400	0.037	...	...	...	...	...

Anexo 8. Fotografías del tamizado y la obtención de harinas de Quinoa y Cañihua.

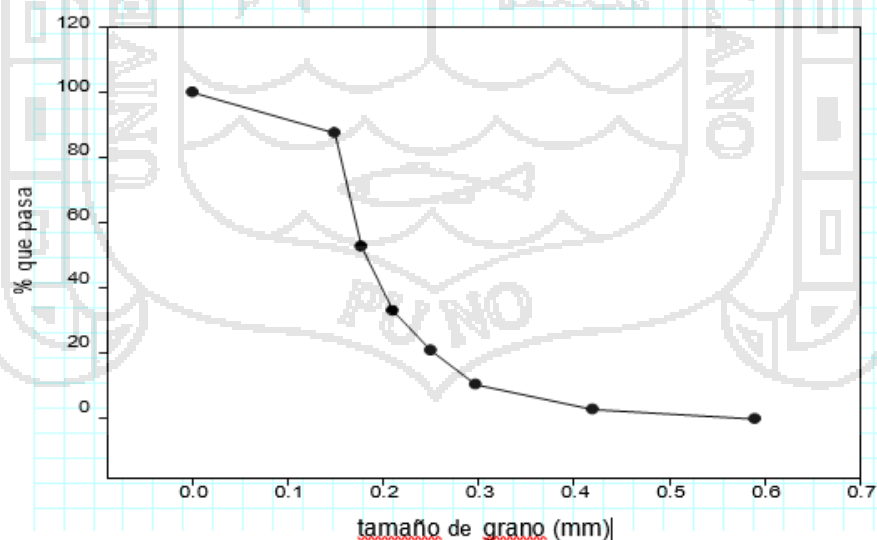


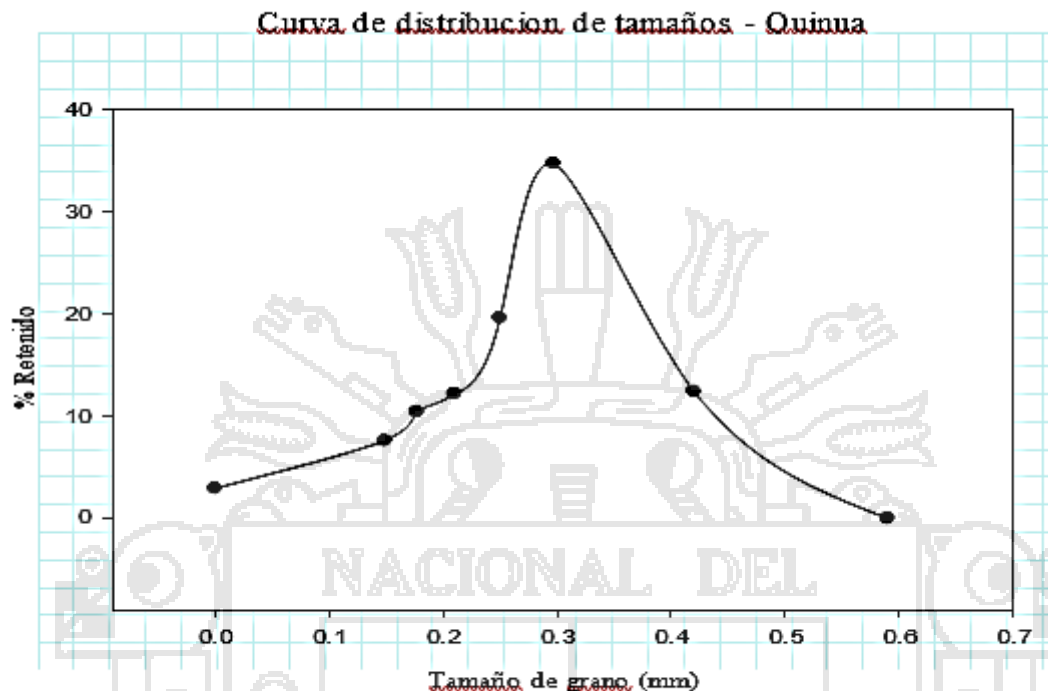
Anexo 9. Cuadro y curva del Tamizado de harina de Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd).

HARINA DE QUINUA

Tamiz	tamaño de malla	de masa	Masa ret.	% retenido	% pasa	% retenido
1 30	0.59	0	0	0	100	0
2 40	0.42	12.4	12.4	12.424	87.575	12.424
3 50	0.297	34.7	47.1	47.194	52.805	34.769
4 60	0.25	19.6	66.7	66.833	33.166	19.639
5 70	0.21	12.17	78.87	79.028	20.971	12.194
6 80	0.177	10.4	89.27	89.448	10.551	10.420
7 100	0.149	7.6	96.87	97.064	2.9358	7.6152
8 bandeja	0	2.93	99.8	100	0	2.9358
T		99.8				

curva de tamaños acumulativos-Quinua



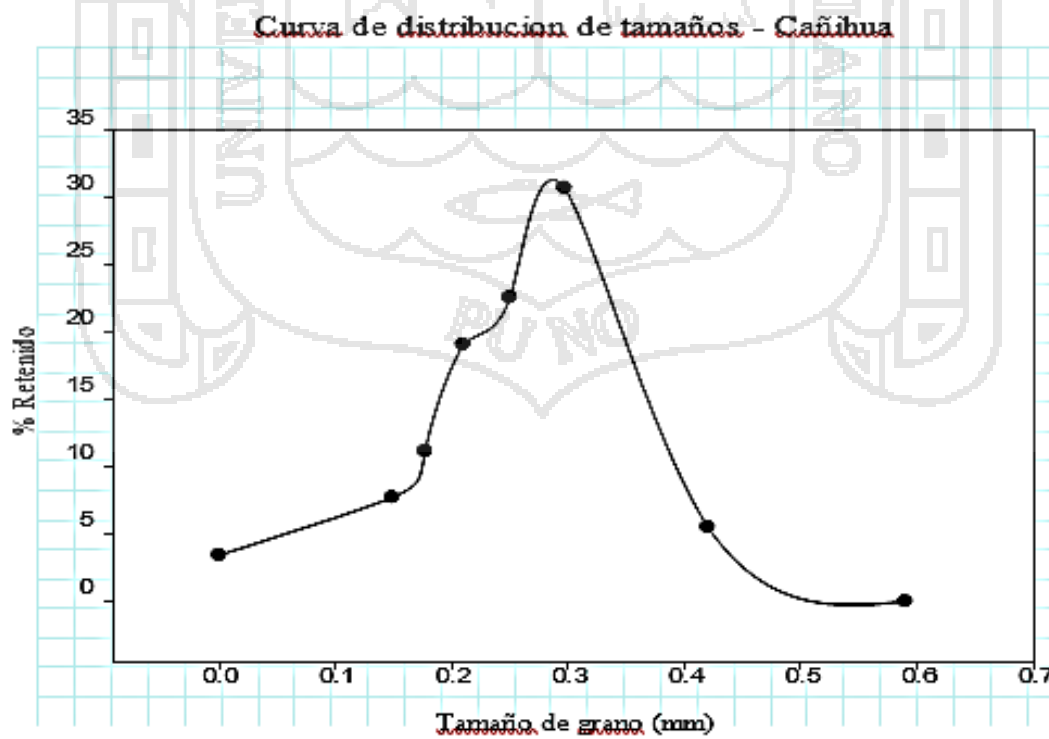
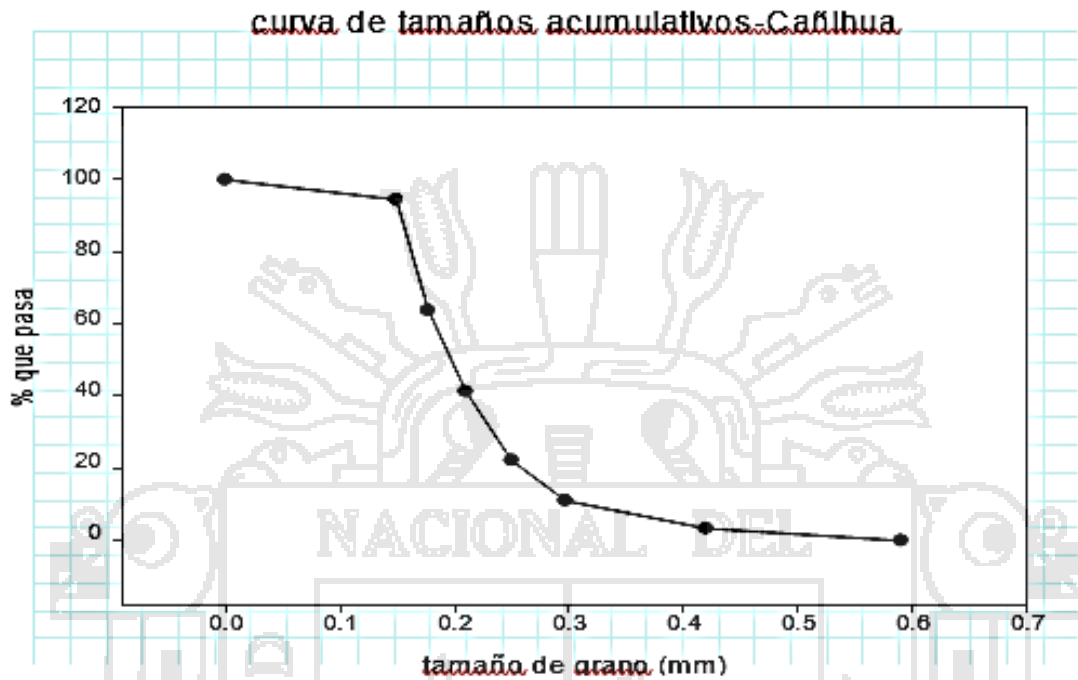


Anexo 10. Cuadro y curva del Tamizado de harina de Cañihua (*Chenopodium Pallidicaule* Aellen).

Anexo 10. Cuadro y curva del Tamizado de harina de Cañihua (*Chenopodium Pallidicaule* Aellen).

HARINA DE CAÑIHUA

Tamiz	tamaño	de masa	Masa ret.	% retenido	% pasa	% retenido
1	30	0.59	0	0	100	0
2	40	0.42	5.5	5.511	94.488	5.511
3	50	0.297	30.6	36.172	63.827	30.661
4	60	0.25	22.5	58.717	41.282	22.545
5	70	0.21	19	77.755	22.244	19.038
6	80	0.177	11.1	88.777	11.122	11.122
7	100	0.149	7.7	96.593	3.406	7.715
8	bandeja	0	3.4	99.8	0	3.406
T			99.8			



Anexo 11. certificación orgánica de Quinua y Canihua utilizados en la investigación

CERTIFICADO

Nr.: A-2011-01006 / 2012-02797

BIO ANDES ORGANNICOS S.R.L
 Pj. 10 MZA. A3 LOTE 9 URB. LOS GERANIOS
 Juliaca, San Román - Puno
 Perú.

Por la Empresa Bio Andes Orgánicos S.R.L. Confirma que la Asociación:
**NOMBRE: ASOCIACION DE PRODUCTORES AGROP. AGRINDUSTRIALES "WIRAY
 MARCA" PARCIALIDAD LAQUINUYO- UNIDAS JILATA**

REPRESENTANTE LEGAL: JAIME CONDORI BUTRON
 DNI N° 01879445

El productor cumple los requerimientos de la norma mencionada para la
 Certificación Orgánica.

Reglamento US National Organic Program (NOP) 7 CFR Part 205
 Con respecto a la producción de productos orgánicos y en las indicaciones para los
 productos orgánicos y comestibles.

PRODUCTOS CERTIFICADOS:

Confirmamos haber realizado la inspección anual a la productora mencionada,
 incluyendo su local de almacenamiento del 2013.

Esta certificación de la productora arriba mencionada mantiene su validez hasta
 que la misma empresa termine la relación contractual o BCS suspenda o cancele la
 certificación.

Fecha de renovación del certificado: 31.08.2013

Fecha de certificación continua: 31.08.2013


 Adán Ferrero Ortiz
 GERENTE





BCS Öko-Garantie GmbH - Cimbemstraße 21 - 90402 Nürnberg - Deutschland - Tel.: +49 (0)911/42439-0
 Fax(Inland): +49 (0)911/492239 - Fax(Ausland): +49 (0)911/4243971 - Internet: www.bcs-oeko.com
 EU-Code-Nr.: DE-ÖKO-001

Anexo 12. Informe de análisis Físico Químico de los panes de molde Nro. 00052-2014.



Universidad Nacional del Altiplano - Puno
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

Ciudad Universitaria, Av. Sesquicentenario N° 1150, Telf.: (051)599430 / IP. 10301 / (051) 366080



LABORATORIO DE EVALUACIÓN NUTRICIONAL DE ALIMENTOS

INFORME DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS

Nro. 00052-2014

SOLICITANTE : BACH. Jesus Gabriel, FLORES CAHUANA
 BACH. Flora Marleny, FLORES CAHUANA
 TEISIS : ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL
 FACULTAD : CIENCIAS AGRARIAS
 PRODUCTOS : Pan molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de quinua y cañihua
 ENSAYO SOLICITADO : FÍSICO QUÍMICO
 FECHA DE RECEPCION : 01 de Setiembre del 2014
 FECHA DE ENSAYO : 01 de Setiembre del 2014
 FECHA DE EMISION : 18 de Setiembre del 2014

RESULTADOS:

De acuerdo al Informe de los Análisis de Laboratorio que obra en los archivos los resultados son:

PRODUCTOS		% HUMEDAD	% CENIZAS	% PROTEINA	% GRASA	% FIBRA	% CARBOHIDRATOS
PAN TRADICIONAL	R1	26,96	1,95	11,44	7,71	2,06	76,84
	R2	25,92	1,92	11,66	7,68	1,96	76,78
CAÑIHUA RAMIS TG=0.42, 20%, P=75.0%	R1	24,78	2,11	12,79	8,77	1,91	74,42
	R2	23,42	2,06	12,79	8,81	1,85	74,49
QUINUA BLANCA DE JULI TG=0.297,15%, P=81.8%	R1	20,41	1,73	11,89	8,58	0,85	76,95
	R2	19,95	1,79	12,00	8,60	0,93	76,68
CAÑIHUA CUPI TG=0.42, 20%, P=82.2%	R1	23,85	2,05	12,00	9,07	1,55	75,33
	R2	23,12	2,10	12,34	9,02	1,49	75,05
QUINUA KANCOLLA TG=0.297, 20%, 83.1%	R1	22,61	1,97	11,89	7,94	1,02	77,18
	R2	22,05	2,02	12,00	7,99	1,05	76,94

CONCLUSIÓN : Las muestras analizadas están conformes, resultados expresados en base seca, esto es sin la humedad que aquí se refiere.

Puno, C. U. 18 de Setiembre del 2014



[Signature]
 Ing° OSWALDO ÁRPASI ALCA
 Control de Calidad de Alimentos
 LABORATORIO
 C.I.P. 160625



[Signature]
 M.Sc. Roger Segura Peña
 INGENIERO AGROINDUSTRIAL
 C.I.P. 61509

Anexo 13. Resultado de laboratorio del análisis granulométrico de harina de Quinua y Cañihua.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRONOMICA
 LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS



RESULTADO DE ANALISIS

ASUNTO: ANALISIS GRANULOMETRICO DE HARINA DE QUINUA Y CAÑIHUA

PROCEDENCIA : Asociación de productores Agrop. Agroindustriales "Wiñay Marca"- Ilave
 INTERESADO : Bach. Flora Marleny Flores Cahuana, Bach. Jesús Gabriel Flores Cahuana
 MOTIVO : Análisis granulométrico (tamizado de harina de Quinua y Cañihua)
 MUESTREO : 08/07/2013 (Interesado)
 ANALISIS : 08/07/2013

RESULTADOS QUINUA (BLANCA DE JULI Y KANCOLLA)

tamiz N°	30	40	50	60	70	80	100 bandeja
tamaño de grano(mm)							
φ	0.59	0.42	0.297	0.25	0.21	0.177	0.149
%pasa	100	99.58	99.703	99.75	99.79	99.823	99.851
masa retenida(gr)	0	12.4	34.7	19.6	12.17	10.4	7.6
							2.93

RESULTADOS CAÑIHUA (CUPI Y RAMIS)

tamiz N°	30	40	50	60	70	80	100 bandeja
tamaño de grano(mm)							
φ	0.59	0.42	0.297	0.25	0.21	0.177	0.149
%pasa	100	99.58	99.703	99.75	99.79	99.823	99.851
masa retenida(gr)	0	5.5	30.6	22.5	19	11.1	7.7
							3.4

Puno, C.U. 08 de Julio del 2013.



[Signature]
 T. Benito Fernández Allopaza
 ANALISTA DE LAB. CONTROL DE CALIDAD DE AGUAS, SUELOS
 BROMATOLOGÍA DE ALIMENTOS Y FERTILIZANTES



[Signature]
 T. M.Sc. Angel Cari Choquebarca
 JEFE DE LABORATORIO DE AGUAS, SUELOS, PLANTAS

Anexo 14. Resultados de la porosidad de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Quinoa interpretado en porcentaje (%).

% de sustitución de harina de Quinoa	Tamaño promedio de partículas de harinas			
	0.42 mm.	0.297 mm.	0.25 mm.	0.21 mm.
Blanca de Juli				
5 %				
10 %	80.42±1.897	74.06±1.074	81.64±1.206	74.00±1.500
15 %	73.82±1.897	81.81±1.074	72.14±1.206	79.33±1.500
20 %	68.00±2.266	79.98±1.641	73.13±1.730	75.79±1.946
Kancolla				
5 %				
10 %	73.29±2.684	87.24±1.520	76.40±1.707	80.24±2.123
15 %	73.21±2.684	79.30±1.520	71.29±1.707	76.34±2.123
20 %	65.70±3.207	83.12±2.322	76.82±2.449	76.35±2.754

Fuente: Elaboración propia, datos obtenidos del software Matlab versión 8.1.0.604 (R2013a), n=3

Anexo 15. Resultados de la porosidad de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Cañihua interpretado en porcentaje (%).

% de sustitución de harina de Cañihua	Tamaño promedio de partículas de harinas			
	0.42 mm	0.297 mm	0.25 mm	0.21 mm
Cupi				
5 %				
10 %	71.19±2.379	64.52±1.348	64.48±1.513	69.67±1.881
15 %	65.90±2.379	62.06±1.348	68.24±1.513	66.49±1.881
20 %	82.20±2.842	61.67±2.058	68.80±2.170	68.09±2.441
Ramis				
5 %				
10 %	70.01±2.190	62.65±1.241	66.89±1.393	74.38±1.732
15 %	63.21±2.190	60.95±1.241	66.61±1.393	67.05±1.732
20 %	75.02±2.617	60.89±1.895	66.12±1.998	69.05±2.248

Fuente: Elaboración propia, datos obtenidos del software Matlab versión 8.1.0.604 (R2013a), n=3

Anexo 16. Resultados de la variación de la dimensión fractal de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Quinua.

% de sustitución de harina de Quinua	Tamaño promedio de partículas de harinas			
	0.42 mm.	0.297 mm.	0.25 mm.	0.21 mm.
Blanca de Juli				
5 %	1.991±0.00052	1.989±0.00037	1.991±0.00039	1.991±0.00044
10 %	1.990±0.00043	1.988±0.00024	1.991±0.00027	1.989±0.00034
15 %	1.989±0.00043	1.992±0.00024	1.990±0.00027	1.990±0.00034
20 %	1.988±0.00052	1.991±0.00037	1.991±0.00039	1.988±0.00044
Kancolla				
5 %	1.991±0.00052	1.991±0.00037	1.990±0.00039	1.991±0.00044
10 %	1.992±0.00043	1.991±0.00024	1.991±0.00027	1.991±0.00034
15 %	1.992±0.00043	1.992±0.00024	1.990±0.00027	1.992±0.00034
20 %	1.992±0.00052	1.992±0.00037	1.991±0.00039	1.992±0.00044

Fuente: Elaboración propia, datos obtenidos del software ImageJ version 1.49, n=3

Anexo 17. Resultados de la variación de la dimensión fractal de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Cañihua.

% de sustitución de harina de Cañihua	Tamaño promedio de partículas de harinas			
	0.42 mm.	0.297 mm.	0.25 mm.	0.21 mm.
Cupi				
5 %	1.991±0.00072	1.994±0.00052	1.991±0.00055	1.992±0.00062
10 %	1.990±0.00060	1.995±0.00034	1.991±0.00038	1.990±0.00048
15 %	1.993±0.00060	1.991±0.00034	1.993±0.00038	1.989±0.00048
20 %	1.995±0.00072	1.992±0.00052	1.991±0.00055	1.993±0.00062
Ramis				
5 %	1.991±0.00072	1.988±0.00052	1.990±0.00055	1.990±0.00062
15 %	1.990±0.00060	1.990±0.00034	1.991±0.00038	1.991±0.00048

Fuente: Elaboración propia, datos obtenidos del software ImageJ version 1.49, n=3

Anexo 18. Resultados de la variación del Segundo Momento Angular de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Quinua.

% de sustitución de harina de Quinua	Tamaño promedio de partículas de harinas			
	0.42 mm.	0.297 mm.	0.25 mm.	0.21 mm.
Blanca de Juli				
5 %	0.008±0.00120	0.016±0.00087	0.013±0.00092	0.011±0.00103
10 %	0.011±0.00101	0.013±0.00057	0.012±0.00064	0.012±0.00080
15 %	0.014±0.00101	0.010±0.00057	0.016±0.00064	0.010±0.00080
20 %	0.011±0.00120	0.009±0.00087	0.016±0.00092	0.011±0.00103
Kancolla				
5 %	0.014±0.00120	0.012±0.00087	0.021±0.00092	0.011±0.00103
10 %	0.013±0.00101	0.016±0.00057	0.010±0.00064	0.009±0.00080
15 %	0.009±0.00101	0.010±0.00057	0.018±0.00064	0.011±0.00080
20 %	0.008±0.00120	0.011±0.00087	0.013±0.00092	0.012±0.00103

Fuente: Elaboración propia, datos obtenidos del software ImageJ version 1.49, n=3

Anexo 19. Resultados de la variación del Segundo Momento Angular de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Cañihua.

% de sustitución de harina de Cañihua	Tamaño promedio de partículas de harinas			
	0.42 mm.	0.42 mm.	0.42 mm.	0.42 mm.
Cupi				
5 %	0.0071±0.00046	0.0061±0.00033	0.0063±0.00035	0.0067±0.00040
10 %	0.0087±0.00039	0.0057±0.00022	0.0067±0.00024	0.0067±0.00030
15 %	0.0097±0.00039	0.0060±0.00022	0.0070±0.00024	0.0077±0.00030
20 %	0.0067±0.00046	0.0063±0.00033	0.0073±0.00035	0.0071±0.00040
Ramis				
5 %	0.0071±0.00046	0.0057±0.00033	0.0057±0.00035	0.0087±0.00040
15 %	0.0063±0.00039	0.0060±0.00022	0.0063±0.00024	0.0060±0.00030

Fuente: Elaboración propia, datos obtenidos del software ImageJ version 1.49, n=3



Anexo 20. Resultados de la variación del Momento inverso de Diferencia de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Quinua.

% de sustitución de harina de Quinua	Tamaño promedio de partículas de harinas			
	0.42 mm.	0.297 mm.	0.25 mm.	0.21 mm.
Blanca de Juli				
5 %	7.30E-05±0.0003	5.83E-05±0.0002	6.94E-05±0.0002	6.63E-05±0.0002
10 %	7.33E-05±0.0002	6.33E-05±0.0001	7.70E-05±0.0001	7.05E-05±0.0002
15 %	6.51E-05±0.0002	9.62E-05±0.0001	6.72E-05±0.0001	7.93E-05±0.0002
20 %	6.32E-05±0.0003	8.23E-05±0.0002	6.90E-05±0.0002	6.66E-05±0.0002
Kancolla				
5 %	6.79E-05±0.0003	7.82E-05±0.0002	6.31E-05±0.0002	7.71E-05±0.0002
10 %	6.59E-05±0.0002	6.04E-05±0.0001	7.30E-05±0.0001	7.54E-05±0.0002
15 %	7.96E-05±0.0002	7.52E-05±0.0001	6.18E-05±0.0001	6.72E-05±0.0002
20 %	8.86E-05±0.0003	7.53E-05±0.0002	6.99E-05±0.0002	6.97E-05±0.0002

Fuente: Elaboración propia, datos obtenidos del software ImageJ version 1.49, n=3

Anexo 21. Resultados de la variación del Momento inverso de Diferencia de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Cañihua.

% de sustitución de harina de Cañihua	Tamaño promedio de partículas de harinas			
	0.42 mm.	0.297 mm.	0.25 mm.	0.21 mm.
Cupi				
5 %	9.22E-05±0.0002	8.42E-05±0.0002	9.47E-05±0.0002	7.33E-05±0.0002
10 %	7.63E-05±0.0002	9.43E-05±0.0001	9.15E-05±0.0001	8.97E-05±0.0001
15 %	7.48E-05±0.0002	8.21E-05±0.0001	7.94E-05±0.0001	8.15E-05±0.0001
20 %	7.91E-05±0.0002	9.47E-05±0.0002	7.76E-05±0.0002	7.68E-05±0.0002
Ramis				
5 %	8.36E-05±0.0002	8.61E-05±0.0002	8.57E-05±0.0002	7.45E-05±0.0002
10 %	7.73E-05±0.0002	9.07E-05±0.0001	8.80E-05±0.0001	7.56E-05±0.0001
15 %	8.02E-05±0.0002	8.40E-05±0.0001	9.86E-05±0.0001	8.27E-05±0.0001
20 %	7.53E-05±0.0002	8.57E-05±0.0002	8.13E-05±0.0002	8.75E-05±0.0002

Fuente: Elaboración propia, datos obtenidos del software ImageJ version 1.49, n=3

Anexo 22. Resultados de la variación Entropía de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Quinua.

% de sustitución de harina de Quinua	Tamaño promedio de partículas de harinas			
	0.42 mm.	0.297 mm.	0.25 mm.	0.21 mm.
Blanca de Juli				
5 %	4.8±0.082	4.3±0.059	4.5±0.062	4.6±0.070
10 %	4.6±0.068	4.5±0.038	4.6±0.043	4.5±0.05
15 %	4.5±0.068	4.8±0.038	4.3±0.043	4.6±0.05
20 %	4.7±0.082	4.8±0.059	4.3±0.062	4.6±0.070
Kancolla				
5 %	4.4±0.082	4.6±0.059	4.0±0.062	4.6±0.070
10 %	4.5±0.068	4.3±0.038	4.7±0.043	4.8±0.054
15 %	4.8±0.068	4.8±0.038	4.2±0.043	4.6±0.054
20 %	4.9±0.082	4.7±0.059	4.4±0.062	4.7±0.070

Fuente: Elaboración propia, datos obtenidos del software ImageJ version 1.49, n=3

Anexo 23. Resultados de la variación Entropía de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Cañihua.

% de sustitución de harina de Cañihua	Tamaño promedio de partículas de harinas			
	0.42 mm.	0.297 mm.	0.25 mm.	0.21 mm.
Cupi				
5 %	5.1±0.053	5.2±0.038	5.2±0.040	5.1±0.046
10 %	4.9±0.044	5.3±0.025	5.1±0.028	5.1±0.035
15 %	4.8±0.044	5.3±0.025	5.1±0.028	5.0±0.035
20 %	5.1±0.053	5.2±0.038	5.0±0.040	5.1±0.046
Ramis				
5 %	5.0±0.053	5.3±0.038	5.3±0.040	4.9±0.046
10 %	5.0±0.044	5.3±0.025	5.2±0.028	4.9±0.035
15 %	5.2±0.044	5.3±0.025	5.2±0.028	5.2±0.035
20 %	5.1±0.053	5.3±0.038	5.2±0.040	5.2±0.046

Fuente: Elaboración propia, datos obtenidos del software ImageJ version 1.49, n=3

□

Anexo 24. Resultados de la tonalidad en la superficie de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de

Quinoa.

% de sustitución de harina de Quinoa	Tamaño promedio de partículas de harinas											
	0.42 mm.			0.297 mm.			0.25 mm.			0.21 mm.		
	HSL			HSL			HSL			HSL		
	H(°)	S (%)	L	H(°)	S (%)	L	H(°)	S (%)	L	H(°)	S (%)	L
Blanca de Juli												
5%	45±1.11	25.5±1.21	46.2±0.98	58±1.43	36.7±1.20	32.0±0.78	50±0.98	32.9±0.99	44.5±0.78	49±0.83	27.3±0.78	47.9±0.88
10%	51±0.98	28.8±2.20	44.1±0.54	43±1.15	27.7±0.56	49.2±0.91	47±0.78	40.8±0.88	42.7±0.89	49±0.74	35.8±0.99	44.0±0.99
15%	50±0.99	30.9±1.67	44.5±1.78	49±0.85	32.1±0.76	44.1±0.84	50±0.78	35.5±0.89	44.1±0.95	49±0.98	37.7±0.91	43.1±0.89
20%	44±1.32	31.4±0.87	47.9±1.32	46±0.78	37.1±0.93	43.0±0.72	49±0.86	31.2±0.10	44.7±0.83	46±0.93	39.9±0.82	46.0±0.93
Kancolla												
5%	47±0.99	42.4±0.98	43.8±0.78	48±1.20	34.9±0.99	42.2±0.99	51±1.22	20.3±0.99	48.6±1.11	49±1.12	33.4±1.21	44.3±0.87
10%	53±0.89	22.6±0.83	50.8±0.74	50±0.99	33.6±0.98	45.8±1.11	47±0.91	29.2±1.11	45.0±0.82	47±1.13	33.6±0.99	44.4±1.11
15%	45±1.11	34.2±0.95	44.0±0.82	45±0.94	26.3±0.99	45.1±0.99	53±0.99	26.3±0.99	46.8±0.94	48±0.97	39.7±1.11	44.2±0.98
20%	44±1.12	34.8±0.83	44.6±0.91	48±0.99	35.5±0.88	44.6±1.12	48±1.11	32.0±0.98	44.6±0.88	52±0.84	32.9±0.89	43.1±1.13

Fuente: Elaboración propia, datos obtenidos del software ImageJ version 1.49.

Anexo 25. Resultados de la tonalidad en la superficie de panes de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de

Cañihua

% de sustitución.

Tamaño promedio de partículas de harinas

de harina de

Cupa	0.42 mm.				0.297 mm.				0.25 mm.				0.21 mm.			
	H(°)	S (%)	L	H(°)	S (%)	L	H(°)	S (%)	L	H(°)	S (%)	L	H(°)	S (%)	L	
5%	45±1.21	30.9±0.98	45.0±1.11	43±0.99	22.6±0.99	46.6±0.99	42±1.08	17.3±1.40	47.7±1.11	46±1.03	25.2±0.99	52.8±0.78				
10%	45±1.10	27.0±0.88	46.0±0.94	44±0.86	22.2±1.10	46.3±1.21	43±1.08	15.5±0.99	49.5±1.12	45±1.02	24.0±0.98	49.3±1.11				
15%	42±0.99	18.3±0.86	48.3±0.98	42±0.83	20.0±1.32	47.0±1.32	52±1.12	24.2±0.94	49.4±1.19	47±1.00	23.2±1.11	51.4±0.99				
20%	59±0.99	18.5±0.96	48.5±1.13	42±0.88	17.6±1.43	47.0±1.43	50±1.00	25.6±0.96	50.9±1.18	43±1.29	23.1±1.10	51.2±1.02				
Ramis																
5%	45±0.99	25.7±0.93	49.0±1.13	44±1.12	21.4±0.84	46.1±1.11	45±0.99	17.9±1.11	45.8±1.09	47±1.11	29.6±1.21	44.6±0.87				
10%	44±0.98	26.4±0.91	45.7±1.21	43±1.10	23.4±0.99	45.7±0.99	43±0.67	22.2±1.12	45.6±0.98	46±0.99	34.4±0.90	45.3±0.87				
15%	44±0.84	19.8±0.99	47.5±0.99	42±0.99	20.0±1.21	47.3±0.89	45±0.90	24.5±0.99	46.9±0.67	41±0.89	15.3±0.99	47.6±1.09				
20%	44±0.93	17.8±1.11	48.6±0.98	42±0.98	18.5±1.43	46.6±0.93	45±1.10	27.6±0.89	46.6±0.93	46±0.81	20.6±0.83	47.8±1.08				

Fuente: Elaboración propia, datos obtenidos del software ImageJ version 1.49.