



**UNIVERSIDAD  
DEL AZUAY**

**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS**

**“Efectos de las condiciones de germinación en las  
características sensoriales y tecnológicas de la cañihua  
(*Chenopodium pallidicaule* Aellen)”**

**Trabajo de grado previo a la obtención del título de:**

**Ingeniero en Alimentos**

**Autor:**

**Libia Mercedes Pastor Cajamarca**

**Director:**

**Dr. Diego Patricio Suárez Estrella**

**Cuenca, Ecuador**

**2023**

## **DEDICATORIA**

Dedico el presente trabajo de graduación a mi madrina Mercedes, pilar fundamental, por su apoyo incondicional y paciencia en cada etapa de mi vida, por ser mi fuerza, fortaleza y motivación para alcanzar esta meta.

A mi madre María que desde el cielo me resguarda.

A la Virgencita del Cisne, por estar siempre en mis pensamientos y en mis momentos de angustia.

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, agradezco a Dios por cada una de las bendiciones, la salud, sabiduría, la fortaleza en momentos de dificultad y debilidad para continuar con mis estudios.

A mi madrina Mercedes por su apoyo y no dejarme caer cuando todo parecía complicado e imposible, gracias por nunca abandonarme.

Agradezco a mi Director de Tesis, Dr. Diego Suárez Estrella, por compartir sus conocimientos, apoyarme y sobre todo gracias a su paciencia, motivación, amabilidad y dedicación en cada una de las correcciones, dudas e inquietudes hoy puedo culminar este trabajo de titulación.

A mi compañera Cirila Cortez y a cada uno de mis compañeros, que me ayudaron cuando más necesitaba. Gracias a cada uno de los profesores y a todos los que formaron parte de mi vida universitaria ya que sin ustedes nada hubiera sido posible.

Libia Mercedes Pastor C.

**“Efectos de las condiciones de germinación en las características sensoriales y tecnológicas de la cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen)”**

**Resumen**

La cañihua es un pseudocereal rico en nutrientes. La germinación suele mejorar el perfil sensorial y nutricional de semillas, pudiendo contribuir a incrementar su consumo. En este estudio se determinaron las condiciones óptimas de temperatura y tiempo de germinación de semillas variedad *condornayra*, para consumo directo y, además, el porcentaje de sustitución, para elaboración de pan. Para consumo directo se aplicó un diseño de superficie derespuesta: temperatura (14°C, 18°C y 22°C) y tiempo (24h, 42h y 60h). El pan se analizó con un diseño 2<sup>3</sup>, manteniéndose las condiciones germinativas de temperatura y tiempo y se agregó el porcentaje de sustitución (10%, 20% y 30%). Las respuestas analizadas fueron sensoriales y capacidad germinativa. En las semillas; fue relevante solamente la interacción temperatura-tiempo, mientras que en el pan los tres factores fueron significativos. En conclusión, las condiciones germinativas de la cañihua varían de acuerdo a su destino de uso.

**Palabras claves:** Cañihua, germinación, diseño experimental, evaluación sensorial, panificación




**Diego Patricio Suárez Estrella**

**Director de tesis**



**María Alicia Peña**

**Coordinadora de carrera**



**Libia Mercedes Pastor Cajamarca**

**Autor**

**“Effects of germination conditions on the sensory and technological characteristics of cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen)”**

**Abstract**

Cañihua is a nutrient's-rich pseudocereal. Germination usually improves the sensory and nutritional profile of seeds and may contribute to increasing their consumption. In this study, the optimal conditions of germination temperature and time for *condornayra* variety seeds, for their direct consumption and, in addition, the substitution percentage, for bread-making. For direct consumption, a response surface design was applied: temperature (14°C, 18°C and 22°C) and time (24h, 42h and 60h). The bread was analyzed with a 2<sup>3</sup> design, maintaining the germination conditions of temperature and time. The substitution percentages added were 10%, 20% and 30%. The responses analyzed were sensory and germinative capacity. In the seeds, only the temperature-time interaction was relevant, while in bread the three factors were significant. In conclusion, the germinative conditions of the cañihua vary according to its destination of use.

**Keywords:** Cañihua, germination, experimental design, sensory evaluation, bread-making



**Diego Patricio Suárez Estrella**

**Thesis Director**



**María Alicia Peña**

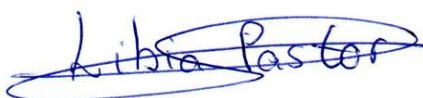
**Food Engineering Faculty**



**Libia Mercedes Pastor Cajamarca**

**Author**

**Translated by**



**Libia Pastor**



## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>DEDICATORIA</b>	li
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	lii
<b>RESUMEN</b>	lv
<b>ABSTRACT</b>	v
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS</b>	vi
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	ix
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	x
<b>CAPÍTULO I</b>	11
<b>INTRODUCCIÓN</b>	11
1.1 Descripción Botánica	12
1.2 Crecimiento de la Cañihua	12
1.3 Variedades mejoradas	13
1.3.1 Características de la Semilla	13
1.4 Características físicas, química y nutricionales	14
1.4.1 Características físicas	14
1.4.1.1 Granulometría	14
1.4.1.2 Espacio de color CIELAB	14
1.4.2 Características nutricionales	15
1.4.2.1 Proteínas	15
1.4.2.2 Fibra	15
1.4.2.3 Compuestos Fenólicos	15
1.4.2.4 Carbohidratos	16
1.4.2.5 Grasas	16
1.4.2.6 Minerales	17
1.5 Uso de la cañihua en el campo alimentario	17
1.6 Recuentos microbiológicos	18
1.7 Aplicación de Sanitizantes	19
1.7.1 Sanitizante	19
1.7.1.1 Hipoclorito de sodio	19
1.7.1.2 Alcohol etílico al 75%	19
1.7.1.3 Ácido Láctico	19
1.7.1.4 Benzoato de sodio	20
1.7.1.5 Sorbato de potasio	20
1.7.1.6 Propionato de sodio	20
1.8 Germinación	20
1.8.1 Fases de la germinación	21
1.8.1.1 Fase de imbibición	21
1.8.1.2 Fase de germinación “sensu stricto” (en sentido estricto)	21
1.8.1.3 Fase de crecimiento	21
1.8.2 Factores que influyen en la Germinación	22
1.8.2.1 Factores intrínsecos	22
1.8.2.2 Factores extrínsecos	22
1.9 Poder Germinativo - Calidad de la semilla	23
1.9.1 Energía germinativa	23

1.9.2	Efectos de la germinación en la cañihua	23
1.9.3	Usos alimentarios de la cañihua germinada	24
<b>CAPÍTULO II</b>		25
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>		25
2.1	Materiales	25
2.2	Métodos	25
2.2.1	Caracterización granulométrica de la semilla de cañihua	25
2.2.2	Evaluación de sanitizantes para germinación de semillas	25
2.2.2.1	Evaluación de los sanitizantes	25
2.2.3	Recuento microbiológico de las semillas	27
2.2.4	Determinación del porcentaje de humedad de la semilla de cañihua	28
2.2.5	Porcentaje de absorción de agua de las semillas de cañihua	28
2.2.6	Aplicación de modelos factoriales y métodos multicriterio para la optimización de las condiciones de germinación de las semillas para su consumo directo	29
2.2.7	Proceso de germinación de las semillas de cañihua	30
2.2.7.1	Equipo para la germinación de semillas de cañihua	30
2.2.8	Determinación del porcentaje de germinación de la cañihua	32
2.2.9	Análisis fisicoquímicos y sensoriales de las semillas germinadas	33
2.2.9.1	Tiempo óptimo de cocción	33
2.2.9.2	Análisis sensorial	33
2.2.9.3	Ficha de catación	
2.2.10	Aplicación de modelos factoriales y métodos multicriterio para la optimización del pan	34
2.2.11	Molienda de semillas de cañihua	35
2.2.12	Panificación	36
2.2.13	Análisis fisicoquímicos del pan	37
2.2.13.1	Determinación del volumen específico	37
2.2.13.2	Determinación de la humedad de la miga	38
2.2.13.3	Colorimetría	38
2.2.14	Análisis sensorial aplicado al pan	38
2.2.15	Análisis estadístico	38
<b>CAPÍTULO III</b>		40
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>		40
3.1	Granulometría de las semillas de cañihua	40
3.2	Humedad de las semillas y porcentaje de absorción de agua	40
3.3	Análisis microbiológicos de las semillas	41
3.4	Porcentaje de germinación de las semillas de cañihua	46
3.5	Análisis fisicoquímicos y sensoriales de las semillas germinadas	49
3.5.1	Tiempo óptimo de cocción	49
3.5.2	Análisis sensorial de las semillas de cañihua germinadas	50
3.6	Aplicación de modelos factoriales y métodos multicriterio para la optimización de las condiciones de germinación de las semillas para consumo directo	53
3.7	Optimización de las condiciones de germinación de las semillas de cañihua	54
3.8	Análisis sensorial del pan enriquecido con harina de cañihua germinada	55

<b>3.9</b>	Aplicación de modelos factoriales y métodos multicriterio para la optimización de pan enriquecido con harina de cañihua germinada	57
<b>3.10</b>	Análisis fisicoquímicos y sensoriales del pan enriquecido con harina de cañihua germinada	59
<b>3.10.1</b>	Análisis del volumen específico del pan	59
<b>3.10.2</b>	Aceptabilidad del pan por parte del consumidor	62
<b>3.10.3</b>	Análisis de la humedad de la miga	63
<b>3.10.4</b>	Análisis colorimétrico de la miga de los panes	65
	<b>CONCLUSIONES</b>	69
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	71
	<b>ANEXOS</b>	77
<b>Anexo 1:</b>	Ficha de catación de las semillas de cañihua germinadas y cocidas	77
<b>Anexo 2:</b>	Ficha de catación para pan elaborado con harina de cañihua germinada	78
<b>Anexo 3:</b>	Indicaciones de la ficha de cata para semillas de cañihua germinada	79
<b>Anexo 4:</b>	Indicaciones de la ficha de cata para pan con harina de cañihua germinada	80
<b>Anexo 5:</b>	Ponderación de cada atributo sensorial de las semillas germinadas	81
<b>Anexo 6:</b>	Ponderación de cada atributo sensorial para la optimización del pan	82
<b>Anexo 7:</b>	Respuestas y medianas obtenidas a partir del análisis sensorial de cada experimento de las semillas germinadas de cañihua	83
<b>Anexo 8:</b>	Respuestas y medianas obtenidas a partir del análisis sensorial de cada experimento del pan con harina de cañihua germinada	89
<b>Anexo 9:</b>	Alto, ancho y rodaja de los panes de cañihua elaborado con harina germinada	95
<b>Anexo 10:</b>	Pan sin germinar BSG 10	98
<b>Anexo 11:</b>	Pan sin germinar BSG 20	98



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>1.1</b>	Características morfológicas de cañihua, var. Condonayra	12
<b>1.2</b>	Capacidad antioxidante en granos andinos	16
<b>1.3</b>	Ácidos grasos insaturados presentes en aceite de cañihua y quinua	17
<b>1.4</b>	Contenido de minerales en trigo, quinua, cañihua y amaranto (mg/100g materia seca)	17
<b>1.5</b>	Requisitos Microbiológicos para los granos de cañihua (mohos) y quinua (mesófilos)	18
<b>2.1</b>	Condiciones de aplicación de sanitizantes a las semillas	26
<b>2.2</b>	Matriz del diseño central para optimizar las condiciones de germinación de las semillas de cañihua	30
<b>2.3</b>	Condiciones del diseño experimental factorial para la optimización del pan	35
<b>2.4</b>	Matriz del diseño factorial de dos niveles y tres factores, con cuatro réplicas al punto central para el pan con cañihua	35
<b>3.1</b>	Resultados de análisis granulométricos de la semilla de cañihua, var. Condonayra	40
<b>3.2</b>	Recuento de mesófilos totales y de mohos y levaduras en semillas germinadas a 25°C y tratadas con sanitizantes	43
<b>3.3</b>	Recuento de mesófilos totales y de mohos y levaduras en semillas germinadas (25°C por 72 horas) tratadas con sanitizantes previo a su germinación	44
<b>3.4</b>	Porcentaje de germinación de las semillas de cañihua	47
<b>3.5</b>	Matriz de las medianas calculadas a partir de las evaluaciones sensoriales de semillas de cañihua germinada y cocida	51
<b>3.6</b>	Sumatoria de la puntuación obtenida por las semillas germinadas y su porcentaje equivalente	52
<b>3.7</b>	Función deseabilidad para las condiciones de germinación de semillas para consumo directo	53
<b>3.8</b>	Tabla de nivel de significancia (95%)	53
<b>3.9</b>	Puntos de la zona óptima	55
<b>3.10</b>	Matriz de las medianas calculadas a partir de las evaluaciones sensoriales del pan elaborado con harina de cañihua germinada	56
<b>3.11</b>	Deseabilidad obtenida para cada pan elaborado de acuerdo al diseño experimental	57
<b>3.12</b>	Matriz del modelo de regresión para el diseño factorial multinivel 23	57
<b>3.13</b>	Volumen específico de los panes	59
<b>3.14</b>	Volumen específico de los panes elaborados con semillas germinadas y sin germinar	62
<b>3.15</b>	Puntuación del pan con harina de cañihua germinada y su porcentaje equivalente	63
<b>3.16</b>	Humedad de la miga de pan elaborado con semillas germinadas y sin germinar	64
<b>3.17</b>	Colorimetría de la miga	65
<b>3.18</b>	Colorimetría de la miga de pan elaborado con semillas germinadas y sin germinar	67

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>1.1</b>	Crecimiento de la cañihua	13
<b>2.1</b>	Diseño factorial multinivel de superficie de respuesta	29
<b>2.2</b>	Germinador utilizado en el proceso germinativo de las semillas	30
<b>2.3</b>	Germinación de las semillas de cañihua	31
<b>2.4</b>	Secado de las semillas de cañihua germinada	32
<b>2.5</b>	Ejemplo de imagen obtenida de las semillas escaneadas	33
<b>2.6</b>	Cocción de semillas antes y después de su germinación	33
<b>2.7</b>	Diseño factorial 23 con su representación geométrica	34
<b>2.8</b>	Molino empleado en la molienda de semillas de cañihua	36
<b>2.9</b>	Horneado del pan	37
<b>3.1</b>	Semilla de cañihua germinada sin ningún pre-tratamiento de sanitización (25°C por 72 h)	42
<b>3.2</b>	Germinación de la semilla de cañihua 22°C por 60 horas, luego de su pretratamiento	47
<b>3.3</b>	Sección de escaneado de las semillas	48
<b>3.4</b>	Semillas de cañihua antes y después de la cocción	49
<b>3.5</b>	Gráfico de superficie de respuesta para la optimización de las condiciones de germinación de las semillas de cañihua para consumo directo	54
<b>3.6</b>	Diagrama de Pareto para el pan elaborado con harina de semillas germinadas	58
<b>3.7</b>	Volumen específico de los panes	60
<b>3.8</b>	Ejemplo de la colorimetría de los panes, medidos en el espacio CIE L*a*b	66

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

La cañihua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*) es un pseudocereal originario de los Andes, se cultiva en Perú y Bolivia. En Bolivia es conocida como cañahua y en el Perú como kañiwa o cañihua (Tapia et al., 2015). En Perú se cultiva en las regiones altiplánicas, principalmente en el departamento de Puno y, en menor escala, en las zonas altas de Cuzco y Arequipa. En Bolivia, se cultiva en los Departamentos de La Paz, Oruro y en las provincias de Bolívar y Tapacari de Cochabamba, concentrándose la zona de mayor producción al norte del Lago Titicaca (Tapia et al., 2015). En 1908 se comenzó a clasificar a la cañihua como una especie diferente de la quinua. En 1929, el botánico suizo Paul Aellen comenzó a llamarla *Chenopodium pallidicaule*; en honor a este último se la conoce en la actualidad como *Chenopodium pallidicaule Aellen* (Tapia et al., 2015).

La planta de cañihua crece a alturas entre los 2800 y los 4000 metros sobre el nivel del mar (Blanco, 2016) y soporta bajas temperaturas (-3°C) e, incluso, heladas, además de sequías. Probablemente, es el cultivo de grano que mejor resiste las bajas temperaturas sin afectar su productividad (Benique, 2019). La cañihua es la especie agrícola andina menos utilizada y más olvidada. Actualmente, se busca darle un mejor lugar dentro de la alimentación de los pueblos andinos, por lo que su consumo está retomando auge. Particularmente, sus germinados tienen sustancias fisiológicamente activas que brindan beneficios a los consumidores, como minimizar las probabilidades de que se presenten enfermedades relacionadas con la falta de ciertos nutrientes. La cañihua se considera como uno de los granos más importantes y muchos la incluyen entre los “súper alimentos” (Nina, 2021). La germinación aumenta la biodisponibilidad de nutrientes, como las vitaminas A, B, C, E y K, además cuenta con un alto contenido de fibra y carece de colesterol (Cruz-Mamani, 2017) y disminuye la concentración de saponinas y fitatos.

Su cultivo y su consumo por los agricultores del Altiplano de Perú y Bolivia, se ha mantenido por cientos de años ya que es una semilla de gran relevancia para la alimentación familiar, generalmente es producida a pequeña escala para abastecer el autoconsumo, aunque una parte es destinada al comercio en ferias locales (Gonzales, 2019).

## 1.1 Descripción Botánica

La palabra pseudocereal, combina el prefijo “*pseudo*” que significa “*falso o parecido*” con “*cereal*” (Wrigley et al., 2016). La cañihua es un pseudocereal y pertenece a la familia *Amaranthaceae*. Se diferencia de los cereales por ser una planta monocotiledónea; sin embargo, se parecen en la composición química de sus semillas y en su destinación de uso (Huamanchumo, 2020).

La cañihua es una planta terófito herbácea, erguida o ramificada, desde la base mide 50 a 60 cm de alto, su periodo vegetativo está entre los 140 y 150 días. El color de la planta (tallos y hojas) cambia según el ecotipo en la fase fenológica. El grano tierno de color verde pasa a anaranjado, amarillo claro, rosado claro, rosado oscuro, rojo y púrpura (Apaza, 2010). Las hojas de las plantas jóvenes son muy nutritivas y comestibles, tiene un contenido de proteína de hasta el 30% en peso seco (INDECOPI, 2018).

La Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA; La Paz - Bolivia), trabaja en la recuperación y generación de variedades de cañihua como la *condonayra*; esta variedad es evaluada para doble propósito como grano y afrecho de cañihua (Giménez et al., 2017). Mayor detalle de esta variedad se observa en la Tabla 1.1.

**Tabla 1.1** Características morfológicas de cañihua, var. *condonayra*

Altura planta (cm)	Color planta	Color grano	Peso grano (g/planta)	Rendimiento (kg/ha)
44	Rojo	Rojo	19	1.350

Fuente: (Giménez et al., 2017)

## 1.2 Crecimiento de la cañihua

La planta de cañihua tiene tres tipos de crecimiento como se observa en la Figura 1.1: “*saiwa*” de tallos erguidos, “*lasta*” de tallos semierguidos y “*pampa lasta*” de tallos tendidos siendo solo sus extremos erguidos (Apaza, 2010).



**Figura 1.1 Crecimiento de la cañihua.**

**Fuente:** (Nina, 2014)

Florece a los 10°C, mientras que las semillas maduran a los 15°C. Debido a sus cortas raíces, se desarrolla en terrenos con capas delgadas pudiéndose cultivar en suelos con un pH que varía entre 4.8 a 8.5, mostrando cierta tolerancia a la salinidad (INDECOPI, 2018).

### 1.3 Variedades mejoradas

Una variedad botánica es definida como un grupo de plantas similares que debido a sus características morfológicas y comportamiento se puede diferenciar de otras variedades dentro de la misma especie (Apaza, 2010). El Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA; Lima, Perú), ha logrado obtener las variedades *Ramis*, *Cupi* e *Illpa INIA 406*, que son las primeras obtenidas mediante métodos de mejoramiento por selección individual (panoja surco) y estudios de estabilidad de rendimiento.

#### 1.3.1 Características de la Semilla

Su fruto es un aquenio más pequeño que la quinua, cubierto de un perigonio de color gris de pericarpio muy fino y traslúcido de forma lenticular de 1.0 a 1.2 mm. Los granos de cañihua presentan una forma estrellada, con cinco esquinas formando pentágonos (Lerma-Humpire, 2021). El diámetro del grano es de 0.5 a 1.5 mm (Cruz-Calizaya, 2019). El embrión o germen está dentro del grano y corresponde a un 20% del volumen total del mismo (Blanco, 2016), el germen es curvo y periforme, el epispermo muy fino y puntiagudo de color negro, castaño o castaño claro. Las semillas no presentan dormancia y pueden germinar sobre la propia planta al tener humedad suficiente (Apaza, 2010).

Se han relacionado los colores de los granos con la resistencia a las heladas de las plantas de las que provienen, así las semillas de colores claros, blancos, amarillos y anaranjados provienen de plantas que resisten menos que las de colores oscuros, como las moradas, rojas o negras. El grano de cañihua no contiene saponina por lo que no necesita ser lavada con abundante agua, lo que facilita su procesamiento (Cruz-Calizaya, 2019).

El grano de cañihua tiene una humedad entre 10% y 12.4% lo que favorece su conservación y almacenamiento, siendo de gran relevancia debido a que alarga su vida útil lo que facilita tener siempre en stock para el consumo y como reserva para las épocas de baja o nula producción (Mujica, 2002).

## **1.4 Características físicas, química y nutricionales**

### **1.4.1 Características físicas**

#### **1.4.1.1 Granulometría**

La granulometría nos permite determinar el tamaño de las partículas y está relacionada con el proceso de clasificación. Se realiza midiendo el porcentaje de semillas que son capaces de pasar ciertos tamices y que son retenidas por otros. El diámetro del grano de cañihua con perigonio se clasifica como clase A cuando su diámetro es mayor o igual a 1 mm (tamaño grande) y clase B cuando presenta un diámetro menor a 1 mm (pequeño) (NTP, 2014).

#### **1.4.1.2 Espacio de color CIELAB**

En la industria de los alimentos, el color juega un papel importante para determinar el contenido de pigmentos de un producto, que a su vez es un índice en el proceso de aseguramiento de la calidad, además es el primer atributo de los productos en el que se fija el consumidor (Rettig, 2014).

El color de un alimento se describe en base a 3 atributos:  $L^*$  representa la luminosidad y toma valores entre 0 y 100; las coordenadas colorimétricas  $a^*$  y  $b^*$  se representan con planos perpendicular a la coordenada  $L^*$ , siendo  $a^*$  el punto acromático correspondiente a rojo si  $a^*$  es positivo y hacia el verde si  $a^*$  es negativo, mientras que la coordenada  $b^*$  define la tendencia hacia el amarillo si  $b^*$  es positiva y hacia el azul si  $b^*$  es negativa (Gilabert, 2014).

La mayoría de los granos de cañihua tienden al negro, lo cual se intensifica conforme su actividad del agua ( $A_w$ ) es mayor. Este valor está influenciando en gran medida por la humedad, lo que significa que cuando la humedad va en aumento, el valor de  $L^*$  disminuye, asimismo las coordenadas tienden a acercarse a verde y amarillo (Lerma-Humpire, 2021).

## **1.4.2 Características nutricionales**

### **1.4.2.1 Proteínas**

El grano de cañihua tiene un contenido de proteínas mayor a otros granos andinos como la quinua y kiwicha (amaranto), presentando valores que varían de 13.7% a 18.8%, dependiendo de la variabilidad genética, edad de maduración de la planta, localización, cultivo y fertilidad del suelo (Poma-Pari, 2018). Por su contenido de proteínas de alto valor biológico es recomendable su consumo para quienes no ingieren carne, sin importar su edad; también es altamente energética, por lo que este grano es particularmente apropiado para el consumo en climas fríos (Ardiles, 2019).

Contiene una proporción importante de aminoácidos esenciales como leucina, isoleucina, valina, treonina, arginina, histidina y triptófano. Este último, interviene en la producción de neurotransmisores como la serotonina) lo que convierte a la cañihua en un alimento ideal para mantener el equilibrio mental y emocional, puesto que el déficit de dicho neurotransmisor provoca cuadros de depresión (Ardiles, 2019). La lisina destaca, puesto que su concentración en la cañihua (alrededor del 7%) es considerablemente mayor respecto a los cereales. Además, cuenta con aminoácidos azufrados como la cisteína y la metionina, que facilitan el metabolismo de la insulina, siendo de gran importancia para el buen funcionamiento del organismo (Poma-Pari, 2018). Estos últimos aminoácidos se encuentran en cantidades limitadas en los cereales.

### **1.4.2.2 Fibra**

El contenido de fibra de la cañihua es de alrededor del 6%, resultando mayor que el de la quinua y amaranto (Mujica, 2002). La fibra soluble que contiene es un excelente regulador intestinal, debido a que ayuda a prevenir el estreñimiento y reduce los niveles de colesterol en la sangre, factor causante de enfermedades cardiovasculares (Ardiles, 2019). Además, su contenido de fibra insoluble es alto, lo cual se debe a la presencia de perigonios que envuelven el grano cuando no han sido eliminados por completo durante las operaciones de cosecha y limpieza (Repo de Carrasco et al., 2008).

### **1.4.2.3 Compuestos Fenólicos**

La cañihua crece soportando heladas y temperaturas bajas, comunes en la zona del Altiplano, por lo que la planta ha desarrollado una protección natural contra la oxidación a través de formar un alto contenido de compuestos fenólicos, evitando daños oxidativos, atrapando radicales libres y previniendo que éstos se unan y dañen las moléculas de ácido desoxirribonucleico (ADN), paso crítico en fases iniciales de procesos carcinogénicos (Repo de Carrasco et al., 2008). Los compuestos fenólicos reducen el riesgo de contraer enfermedades cardiovasculares y

neurodegenerativas, diabetes y osteoporosis (Repo Carrasco et al., 2010). Además, es una fuente de compuestos lipofílicos (carotenos, luteínas) e hidrofílicos (polifenoles, betalainas) (Bartolo-Estrella, 2014). En la Tabla 1.2 se reporta la capacidad antioxidante de la cañihua donde se observa que su capacidad antioxidante es mayor al amaranto y menor a la quinua, valores relativamente diferentes.

**Tabla 1.2** Capacidad antioxidante en granos andinos

<b>Granos andinos</b>	<b>Capacidad antioxidante (<math>\mu\text{g}</math> trolox/g s.s.)</b>
<b>Amaranto</b>	660.37
<b>Cañihua</b>	1509.80
<b>Quinua</b>	2400.55

**Fuente:** (Repo de Carrasco et al., 2008)

#### **1.4.2.4 Carbohidratos**

La cañihua posee alrededor de 60% de carbohidratos, siendo el almidón el más importante; sin embargo, no ha sido muy estudiado en las semillas de esta planta; además, en adición a los polisacáridos, los granos de cañihua poseen azúcares libres como: glucosa, fructosa, sacarosa y maltosa en pequeñas cantidades (Repo de Carrasco et al., 2008). Desde el punto de vista sensorial, los granos germinados y los productos derivados de ellos se caracterizan por un sabor dulce debido a la formación de azúcares simples (Richter et al., 2014), a consecuencia de la hidrólisis del almidón por parte de las amilasas activadas durante la germinación del grano (Suárez-Estrella et al., 2018).

#### **1.4.2.5 Grasas**

El contenido de grasas varía de 4.5% a 8.4%, siendo principalmente rica en ácidos grasos insaturados (Mujica, 2002) como Omega 6, Omega 9, mientras que Omega 3 está presente en pequeñas cantidades (Tabla 1.3); también es rica en tocoferoles, ácido palmítico, ácido esteárico y eicosapentaenoico (Espinoza et al., 2003).



**Tabla 1.3** Ácidos grasos insaturados presentes en aceite de cañihua y quinua

Ácido graso insaturado	Aceite de Cañihua (%)	Aceite de Quinua (%)
Omega 6 (ácido linoleico)	42.59	50.24
Omega 9 (ácido oleico)	42.59	26.04
Omega 3 (ácido linolénico)	6.01	4.77
<b>Totales (%)</b>	<b>91.19</b>	<b>81.05</b>

Fuente: (Apaza, 2010).

#### 1.4.2.6 Minerales

En la Tabla 1.4 se observa el contenido de micronutrientes en comparación con el trigo, quinua y amaranto. La cañihua presenta un contenido de calcio mayor al trigo y quinua, pero inferior al amaranto, mientras que para el fósforo presenta un mayor valor que la quinua; pero inferior al amaranto, finalmente para el hierro presenta valor mayor al trigo y amaranto; pero inferior a la quinua. De todas formas, su cantidad puede cambiar dependiendo de la variedad y otras condiciones.

**Tabla 1.4** Contenido de minerales en trigo, quinua, cañihua y amaranto (mg/100g materia seca)

Elemento	Cañihua	Quinua	Trigo	Amaranto
<b>Calcio</b>	110	94	48	236
<b>Magnesio</b>	n.r.	270	152	244
<b>Sodio</b>	n.r.	11.5	4	31
<b>Fósforo</b>	375	140	387	453
<b>Hierro</b>	15.0	16.8	4.6	7.5
<b>Zinc</b>	n.r.	4.8	3.3	3.7

Fuente: (Morales et al., 2006). n.r = no reportado

### 1.5 Uso de la cañihua en el campo alimentario

A partir del grano de cañihua, tostado y molido, se obtiene la harina conocida como “kañihuaco” en el Perú y “pito de kañawa” en Bolivia, la misma que se puede consumir solo o mezclada con azúcar, leche, agua hervida, harina de cebada y habas (Tapia et al., 1979). Así mismo, se puede preparar sopas, cremas, guisos, bebidas calientes, tortas; la harina de la semilla original se la utiliza para la elaboración de panes mezclada con la harina de trigo, además se elabora el Kispíño, el cual es un panecillo pequeño y cocido a vapor, tiene una consistencia de galleta o pan de agua que se conserva por un tiempo prolongado (Pauro-Quilli, 2017).

Si se aplican procesos alternativos a los granos de cañihua se podría mejorar su nivel de utilización; aprovechando sus propiedades nutricionales como su alto contenido de hierro y fibra (Jacobsen et al., 2003). Los granos germinados se caracterizan por un sabor dulce, debido a la formación de azúcares simples que pueden enmascarar el sabor del pan integral (Richter et al., 2014).

## 1.6 Recuentos microbiológicos

Debido al cambio climatológico, la aparición de hongos en las cosechas de granos es cada vez mayor. Además, una inadecuada manipulación y almacenamiento de las semillas en el campo, antes y después de la cosecha, favorece su contaminación y la proliferación de microorganismos. Actualmente, el mundo demanda granos inocuos y las regulaciones nacionales e internacionales de los países impactan la cadena logística y de comercialización, sin embargo, la inocuidad de los granos es un tema no muy conocido por la población en general y todavía falta mucho por legislar al respecto (Lugo & Marino, 2017). La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) estima que más de un 25% de alimentos en el mundo está contaminado con micotoxinas y la presencia de aflatoxinas en los cereales está asociada a la misma (Mejía et al., 2014). Además, los hongos del género *Aspergillus* pueden producir aflatoxinas, las cuales son un grupo de micotoxinas muy termorresistentes, consideradas como cancerígenas, por lo que representan un peligro considerable para la salud humana (FAO, 1995).

Elevadas cargas microbiológicas están relacionadas con una disminución de la capacidad germinativa de los granos, por lo que es importante realizar un tratamiento químico previo de las semillas (Castaño & Zepeda, 1987). En los pseudocereales, el moho suele desarrollarse cuando su humedad es mayor al 14% y con temperaturas entre los 25 y 30°C (Andino & Guascua, 2021). Los requisitos microbiológicos de la normativa peruana para los granos de cañihua y quinua se presentan en la Tabla 1.5. Las unidades empleadas para cada caso son: mohos (UP/g ; Unidad propagadora por gramo) y para aerobios mesófilos (UFC/g; Unidad formadora de colonias por gramo).

**Tabla 1.5** Requisitos Microbiológicos para los granos de cañihua (mohos) y quinua (mesófilos)

Agente Microbiano	Categoría	Clase	N	C	Limite por g	
					M	M
Mohos (UP/g)	2	3	5	2	10 <sup>4</sup>	10 <sup>5</sup>
Aerobios mesófilos (UFC/g)	2	3	5	2	10 <sup>4</sup>	10 <sup>6</sup>

Fuente: (NTP, 2014) para mohos y (NTP, 2013) para mesófilos

**Donde:**

- n= Número de muestras a examinar
- m= Índice máximo permisible para indicar el nivel de buena calidad
- M= Índice máximo permisible para indicar el nivel de calidad aceptable
- C= Número máximo de muestras permitidas entre m y M

**1.7 Aplicación de Sanitizantes****1.7.1 Sanitizante**

Los agentes sanitizantes se añaden al agua del proceso de lavado para disminuir la población microbiana, estos agentes deben ser efectivos y no afectar la calidad sensorial del producto, ni producir efectos adversos en los fitonutrientes (Martínez-Sánchez et al., 2006). A continuación de presentan los principales sanitizantes de uso en la industria alimentaria.

**1.7.1.1 Hipoclorito de sodio**

Se presenta en forma líquida, para lograr la concentración deseada, el hipoclorito de sodio se prepara diluyéndolo con una proporción apropiada de agua destilada. Tiene un amplio espectro de actividad antimicrobiana y es eficaz contra varios agentes patógenos en diferentes concentraciones (OMS, 2020). Para la sanitización de productos vegetales se utilizan concentraciones 0.1 – 0.2g/L (FAO, 2003).

**1.7.1.2 Alcohol etílico al 75%**

Es un líquido incoloro, transparente, volátil, inflamable, higroscópico de sabor ardiente y un olor característico. Una sanitización de bajo nivel elimina bacterias vegetativas y hongos en un periodo de tiempo corto (menos de 10 minutos). La mayor ventaja es que es un bactericida frente a casi todo tipo de bacterias gramnegativas (AAFH, 2020), debido a que coagula y desnaturaliza las proteínas, de ahí su efecto inhibitor del desarrollo microbiano (Gil-Hernández, 2010).

**1.7.1.3 Ácido láctico**

Es un líquido no volátil viscoso, incluido en la lista de la Administración de Alimentos y Medicamentos de Estados Unidos (FDA) como una sustancia segura para el consumo. El cuerpo humano tolera una ingesta diaria de 1500 mg/kg de peso. El ácido láctico de grado alimenticio se encuentra disponible en soluciones acuosas al 50% y 80%, las cuales son inodoras e insípidas, su sabor ácido es suave y no enmascara sabores débiles o tenues (Valle-Vega & Lucas-

Florentino, 2000). El ácido láctico es utilizado como acidulante en la industria alimentaria, tiene propiedades conservantes, es un compuesto antimicrobiano y un potenciador de sabor. Un medio económico para la producción de ácido láctico es el suero de leche. También se usa en otras industrias como en la fabricación de fungicidas y pesticidas (Gündüz, 2005).

#### **1.7.1.4 Benzoato de sodio**

El benzoato de sodio es una sal sódica soluble en agua. Para conseguir un efecto antimicrobiano, la dosis recomendada es de 0.5 - 1 g/kg de producto; no tiene efectos dañinos en bajas concentraciones, no se acumula en el cuerpo ni disminuye el valor nutritivo de los alimentos. Sin embargo, para que no haya un cambio en el sabor de los alimentos se debe incorporar una concentración más baja a 0.5 - 1 g/kg (Marchorro-Florián, 2006).

#### **1.7.1.5 Sorbato de potasio**

Es un conservante usado en la industria alimentaria por su alta solubilidad, efecto antibacteriano y fungicida, pudiendo limitar, retardar o prevenir los procesos de fermentación, enmohecimiento, putrefacción y otras alteraciones provocadas por bacterias y hongos, sin embargo, es irritante para las células epiteliales. Su ventaja es que no influye en el sabor ni en el olor de los productos, por lo que ha sido adoptado en muchos países como el conservante ideal (Quispe et al., 2010). La dosis recomendada del sorbato de potasio es de 1 g/kg (NTE, 2012).

#### **1.7.1.6 Propionato de sodio**

Su acción principal es contra hongos, evita la descomposición en productos de panificación, consta en la lista de la FDA de las sustancias seguras (Valle-Vega & Lucas-Florentino, 2000). La dosis recomendada en el Reino Unido es de 0.3% en peso de harina, cantidad que es suficiente para lograr una protección adecuada y mantenerse dentro de las normas en cualquier tipo de producto de panadería prolongando su vida útil (Blanco y Alvarado 2006).

### **1.8 Germinación**

Es el proceso fisiológico por medio del cual la semilla genera una nueva planta. Comienza cuando la semilla entra en contacto con el agua a temperaturas dentro de un rango adecuado, desatando los procesos enzimáticos que darán inicio a la formación de una nueva planta. La semilla comienza a germinar pocas horas después de la absorción de agua. La germinación se asocia con una disminución en el diámetro de la semilla y su peso específico como resultado de la hidrólisis macromolecular que ocurre durante la germinación (Suárez-Estrella et al., 2020). En el caso de la cañihua, el embrión se desprende de la semilla y comienza a crecer. Cuando la germinación es en el suelo con fines de cultivo, la emergencia ocurre normalmente siete días

después de la siembra (Apaza, 2010). Estudios recientes han demostrado que los brotes comestibles tienen mayor valor nutricional que las plantas maduras (Nina, 2021). El jugo de los brotes ayuda a corregir la anemia, equilibra la presión arterial, alivia el estreñimiento, aumenta la actividad hormonal y ayuda a desintoxicar el organismo (Racines, 2011). Así mismo, algunos productos elaborados con semillas germinadas en Japón ya la certifican con la denominación de FOSHU (food for specified health use), que son aquellos cuyo consumo ha sido demostrado en estudios clínicos y epidemiológicos que tienen efectos positivos en la prevención de algunas enfermedades, y está avalado por el Ministerio de Salud, Trabajo y Bienestar de Japón (Duran & Valenzuela, 2010).

### **1.8.1 Fases de la germinación**

#### **1.8.1.1 Fase de imbibición**

Consiste en el ingreso de agua al interior de la semilla y la hidratación de sus tejidos. Una vez que los tejidos se han hidratado, comienzan diversos procesos metabólicos, principalmente la producción de ATP y la actividad respiratoria (Mantilla, 2016).

#### **1.8.1.2 Fase de germinación “sensu stricto”**

Llamado también en sentido estricto, se produce un descenso en la absorción de agua por las semillas, donde inicia la actividad enzimática (metabolismo respiratorio) y también ocurre la translocación y asimilación de las reservas alimentarias para el mejor desarrollo de la plántula (Pita & Perez, 1998).

Entre los factores que pueden afectar la germinación están el déficit o exceso de agua. Esta sirve para mantener la actividad enzimática; pero su exceso dificulta la llegada de oxígeno al embrión generando una capa de mucílago; otros factores a considerar son la velocidad de hidratación y la temperatura. La velocidad de germinación suele ser menor cuando la semilla ha estado sometida a déficit hídrico y estas semillas son más susceptibles a las infecciones por hongos (Pita & Perez, 1998).

#### **1.8.1.3 Fase de crecimiento**

En esta fase aumenta la actividad metabólica, que estimula el crecimiento y la división celular que incita la emergencia de la radícula, elevando el gasto de energía de la semilla, la absorción de agua vuelve a aumentar, así como la actividad respiratoria. Las raíces crecen rápidamente para sostener la planta y absorben los nutrientes necesarios para el crecimiento (Nina, 2021).

### **1.8.2 Factores que influyen en la germinación**

Las etapas de la germinación son controladas por factores propios de la semilla (intrínsecos) y por las características del entorno (extrínsecos) (Cruz-Calizaya, 2019).

#### **1.8.2.1 Factores intrínsecos:**

- a) La semilla debe estar viva y bien constituida para que el poder germinativo se pueda conservar durante un periodo prolongado; esto depende también de la especie (Cuadra, 1993).
- b) La madurez fisiológica de la semilla (aquella que le permite germinar) se puede presentar antes que la morfológica y como resultado de esto, la semilla puede germinar mientras sigue unida a la planta. Se puede presentar también una madurez simultánea y la semilla podría germinar en cuanto se desprenda de la planta. También hay semillas que se desprenden de la planta antes de desarrollar plenamente su capacidad de germinación (Cuadra, 1993).
- c) Permeabilidad de la semilla al agua y al oxígeno (Cuadra, 1993).

De todos los factores involucrados en el proceso de germinación, la dormancia y viabilidad de semillas son las que influyen en mayor grado (Cruz-Calizaya, 2019), mientras que la germinación y la emergencia son las dos etapas más importantes en el ciclo de vida de las plantas (Bewley et al., 2013). La dormancia es la incapacidad de una semilla viable, para germinar bajo condiciones de temperatura, humedad y concentración de gases inadecuadas (Varela & Arana, 2010). Como viabilidad de la semilla se conoce a la capacidad de su embrión de permanecer vivo durante un largo periodo de tiempo (Cuadra, 1993). Por último, la emergencia marca el fin de la germinación y el comienzo del crecimiento de la plántula (Azcon & Talon, 2013).

#### **1.8.2.2 Factores extrínsecos:**

Factores ambientales, como temperatura, intensidad de luz y disponibilidad de agua son conocidos por tener un rol clave en los eventos de germinación y emergencia. La temperatura es muy importante en el proceso germinativo, afectando las tasas de crecimiento y el metabolismo celular en el embrión. Se han realizado estudios donde se ha demostrado que la tasa de germinación aumenta linealmente con la temperatura y disminuye bruscamente a temperaturas muy altas; sin embargo, no todas las semillas germinan en el mismo rango de temperaturas, incluso las que provienen de una misma especie (Baskin & Baskin, 2014). Por ejemplo, las semillas de especies tropicales germinan mejor a temperaturas elevadas (superiores a 25°C), mientras que las semillas de las especies de las zonas frías germinan mejor a temperaturas bajas (entre 5°C y 15°C) (Racines, 2011).

## **1.9 Poder germinativo - calidad de la semilla**

El poder germinativo de la semilla de cañihua puede ser superior al 98% y se determina colocando 100 semillas en papel húmedo por tres días en condiciones de temperatura adecuadas para esta planta. El número de semillas germinadas corresponde al porcentaje de germinación (Giménez et al., 2017).

La semilla debe de ser de buena calidad (pureza, poder de germinación, tamaño, color uniforme, sin daños ni defectos), además debe ser conservada con su perigonio (cascarilla) para mantener su poder germinativo y por su contenido alto de fibra insoluble. Las semillas no se deben conservar por más de tres años y deben ser guardadas en un lugar oscuro y fresco. Un factor que determina el rendimiento es la calidad de semilla y se recomienda que el nivel de pureza sea de 90.5% en adelante (Prudencio & Vargas, 2018). Bajo condiciones de germinación, que incluyen temperaturas de 15°C por 72 horas, con 95% de humedad relativa y con obscuridad, se ha reportado una germinación de hasta 98.75% para la semilla de cañihua. Sin embargo, a 48 horas de germinación el poder germinativo es de alrededor de 65%, otros ensayos incluyen factores como la presencia o ausencia de luz (Cruz-Calizaya, 2019).

### **1.9.1 Energía germinativa**

El vigor o la energía germinativa es el porcentaje de semillas que ha germinado durante una prueba hasta el momento en que la cantidad de semilla que germina por día ha llegado a su máximo.

### **1.9.2 Efectos de la germinación en la cañihua**

Se ha reportado que la capacidad antioxidante de la cañihua aumenta con la germinación, así como la disponibilidad de compuestos fenólicos que contiene; pero también es probable que se presenten productos derivados de la reacción de Maillard, la cual depende de la presencia de azúcares reductores, una vez que el grano o su harina se someten a procesos de cocción. Además, luego de 72 horas de germinación, el contenido de flavonoides no extraíbles y antioxidantes extraíbles aumenta y luego se reporta una disminución significativa de los marcadores del estrés oxidativo (Abderrahim, et al., 2012).

La elevada capacidad antioxidante encontrada en los germinados de cañihua cumple un papel importante en la protección contra radicales libres, inhibiendo el estrés oxidativo causado por las lipoproteínas de baja densidad (LDLs), mismas que pueden provocar enfermedades cardiovasculares y cáncer; además ayudan a evitar el envejecimiento prematuro, enfermedades neurodegenerativas, aterosclerosis y diabetes (Nina, 2021; Poma-Pari, 2018).

### **1.9.3 Usos alimentarios de la cañihua germinada**

Existen productos elaborados a partir de la cañihua germinada a diversos tiempos, que suelen estar entre las 48 y 96 horas, incluyendo: bebidas vegetales con arroz integral (Leon-Mallqui, 2019), snacks (Paucar-Menacho, 2022), galletas suplementadas con 40% de harina de cañihua germinada (Choquehuanca-Cáceres, 2005), donas crocantes, productos de panificación (Castillo-Martínez, 2021), bebidas nutritivas en combinación con jugo de piña, harina energética a partir de cañihua germinada (tostada o sin tostar). Los granos germinados y tostados son alimentos de fácil digestión (Bravo et al., 2010).



## CAPÍTULO II

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 2.1 Materiales

La cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen var. *condornayra*) utilizada en este trabajo fue adquirida directamente a un pequeño agricultor. Las semillas fueron tamizadas, clasificadas y limpiadas para eliminar material extraño contenido en las mismas.

En la elaboración del pan se empleó harina de trigo refinada (Santa Lucía con 10% de proteínas y 0.85% de cenizas), levadura fresca (Levapan) y sal de mesa común obtenida de los supermercados de Cuenca. El agua destilada utilizada fue obtenida en los laboratorios de fisicoquímica de la Universidad del Azuay por un proceso de destilación, la cual se utilizó en todos los procesos donde se requirió agua.

Para los recuentos microbiológicos se utilizaron placas Compact Dry TC (recuento de mesófilos aerobios totales) y Compact Dry YM- (Mohos y Levaduras). Para la sanitización de las semillas se utilizaron los siguientes reactivos: hipoclorito de sodio, ácido láctico, sorbato de potasio, benzoato de sodio, etanol (75%) y propionato de sodio en diferentes concentraciones.

#### 2.2 Métodos

##### 2.2.1 Caracterización granulométrica de la semilla de cañihua

Inicialmente, las muestras se sometieron a una limpieza y clasificación por medio de un tamizado manual, a velocidad constante y movimiento homogéneo por un tiempo de 2 minutos para eliminar restos de materiales inorgánicos y de materia orgánica extraña a la semilla, ya sean partículas gruesas o finas. La caracterización granulométrica se realizó con tres tamices cuyas aperturas de malla fueron de 1.00 mm, 0.8 mm y 0.706 mm. Las partículas que no superaron el tamiz más grande y aquellas que superaron el tamiz más fino fueron separadas por su elevado contenido de material contaminante, tal como hojas, tallos y polvo.

##### 2.2.2 Evaluación de sanitizantes para germinación de semillas

###### 2.2.2.1 Evaluación de los sanitizantes

Se evaluaron diferentes sanitizantes aplicados en estudios previos para la reducción en el recuento microbiano, que se pueden utilizar en la industria alimentaria, como son el hipoclorito de sodio, ácido láctico, sorbato de sodio, benzoato de potasio, etanol y propionato de calcio (Torres-

Chacón & Chávez-Montes, 2016; Chavarry et al., 2009; Huayllas-Alfaro et al., 2019; AAFH, 2020). Los diferentes tratamientos con los sanitizantes fueron aplicados a semillas sin germinar y a muestras de semillas que fueron germinadas bajo las condiciones más extremas de germinación programadas en el diseño experimental, es decir, aquellas que eran más favorables para el desarrollo microbiano (25°C por 72 horas), de tal forma de poder evaluar el efecto del tratamiento de sanitización antes y luego de la germinación.

Se sumergieron 40 g de semillas de cañihua en soluciones de hipoclorito de sodio y ácido láctico a diferentes concentraciones y tiempos (Tabla 2.1). Luego de transcurrido el tiempo programado, las muestras se lavaron con agua destilada y se cernieron.

**Tabla 2.1** Condiciones de aplicación de sanitizantes a las semillas

<b>Sanitizante Aplicado</b>	<b>Concentración (%)</b>	<b>Tiempo de tratamiento (min)</b>
Ninguno	—	—
Hipoclorito de sodio	3	5 0.5
Hipoclorito de sodio	10	30
Ácido láctico	0.40 0.80	3
Sorbato + Benzoato (1:1)	0.5 2 3	30
Etanol	75	0.5 1
Sorbato	0.5 2 3	30
Propionato	0.3 2 3	5
Benzoato	0.5 2 3	30

Una parte de las muestras fueron secadas por 7 horas a 45 °C en un deshidratador (Excalibur Food Dehydrator, 2400, Phoenix, USA) y conservadas en fundas plásticas selladas y en refrigeración hasta su análisis posterior. Otra parte de las muestras (20 g) fueron remojadas por 6.5 horas para activar sus enzimas y luego fueron colocadas en el germinador a las condiciones más extremas de temperatura y tiempo programadas (25°C por 72 horas) para incentivar el desarrollo microbiano, luego fueron secadas por 7 horas a 45 °C y conservadas del mismo modo que las semillas no germinadas.

Debido a los resultados obtenidos (sección 3.3), se programaron experimentos a condiciones menos intensas en el diseño experimental, cuyas condiciones mayores de germinación serán de 22°C por 60 horas. Se decidió que el pretratamiento se realice con un prelavado en agua destilada seguido por un remojo en una proporción de 1:0.7 (semilla : sustancia elegida), a la vez que se aumentó el tiempo de tratamiento a 3 minutos. Entonces, a partir de los resultados que se reportan en la sección 3.3 del presente trabajo, se decidió dar a las semillas un pretratamiento con etanol al 75% por 3 minutos, seguido por un enjuague en agua destilada y el remojo para la germinación. Este tratamiento se aplicó a las semillas previo a su germinación, tanto para consumo directo como para panificación, de acuerdo a los diseños experimentales previstos (Tablas 2.2 y 2.4, respectivamente).

### **2.2.3 Recuento microbiológico de las semillas**

Se realizaron conteos microbiológicos a las semillas previo a su tratamiento, para determinar su grado de contaminación inicial, así como a las sanitizadas para medir el efecto de los tratamientos aplicados.

Las muestras pretratadas fueron secadas (Excalibur, 3900B Deluxe, Brooklin, New York, USA) a 45°C por 7 horas y se conservaron en fundas plásticas selladas a 4°C hasta la realización del análisis como semillas o para ser usadas como harina, luego de ser molidas (Hamilton Beach, 80350R, Quito, Ecuador). Los microorganismos controlados fueron: mesófilos totales y mohos – levaduras, para lo cual se emplearon placas compact DRY TC para el recuento de mesófilos totales y compact DRY YM para mohos y levaduras. Se colocaron diez gramos de cada muestra en bolsas estériles y se le adicionaron 90 mL de peptona, se homogenizó por 1 minuto y se realizaron diluciones sucesivas hasta 10<sup>6</sup>. Se sembró inoculando 1 mL de cada dilución dentro de la placa compact Dry correspondiente y se colocaron las placas dentro de la incubadora (MEMMERT INB-400, Schwabach, Alemania) estableciendo los siguientes parámetros para cada análisis:

- Mesófilos totales: 36 °C ±1 por 48 horas.
- Mohos y levaduras: 28°C ±1 por 72 horas.

Transcurrido el tiempo de incubación se realizó el recuento respectivo. Para el control microbiológico se tomaron como referencia las Normas Técnicas Peruanas 011.452:2014 (Mohos) y 205.061:2013 (Mesófilos) en la que están establecidos los límites para los parámetros de control los mismos (Tabla 1.5).

#### 2.2.4 Determinación del porcentaje de humedad de la semilla de cañihua

Para cada uno de los diferentes métodos, los análisis fueron realizados por triplicado. Inicialmente, se realizó el recuento en la semilla original (sin ningún tratamiento), para lo cual se pesaron aproximadamente 5 g de semillas de cañihua y se colocaron en el interior de una termobalanza (Sartorius MA35M, Gottingen, Alemania) a 105°C por 15 minutos.

El método de la estufa se utilizó para la semilla con elevados contenidos de humedad, es decir, para las semillas remojadas por 14 horas sin pretratamiento y para las semillas sanitizadas con etanol al 75% por 3 minutos previo a su germinación. Se pesaron 15 g de semilla por muestra, aproximadamente; transcurrido los tiempos correspondientes a los pretratamientos y remojos se filtraron y se colocaron en cápsulas de porcelana, previamente lavadas, secadas en estufa por 3 horas y pesadas. Las muestras permanecieron en la estufa por 12 horas a 105 °C, se enfriaron en desecador por 2 horas y, finalmente, se anotaron los pesos del crisol más la muestra secada. Luego, se aplicó la *Ecuación 1* para el cálculo de la humedad.

$$\text{Humedad} = \frac{(\text{Crisol} + \text{muestra húmeda}) - (\text{Crisol} + \text{muestra seca})}{(\text{Crisol} + \text{muestra húmeda}) - (\text{Crisol})} * 100 \quad (\text{Ecuación 1})$$

#### 2.2.5 Porcentaje de absorción de agua de las semillas de cañihua

Las semillas de cañihua se trataron con etanol al 75% por 3 minutos y se remojaron por 6.5 horas en una proporción de 1:1.8 (semilla: agua destilada). Finalizado el tiempo de remojo, las semillas se drenaron en diferentes tamices sobre pozuelos, con la finalidad de que se escurra toda el agua para luego ser pesada el agua sobrante y determinar la cantidad de agua que fue absorbida por las semillas durante el remojo, para lo cual se utilizó la *Ecuación 2*:

$$\% \text{ de agua absorbida} = \frac{P1 - P2}{P2} * 100 \quad (\text{Ecuación 2})$$

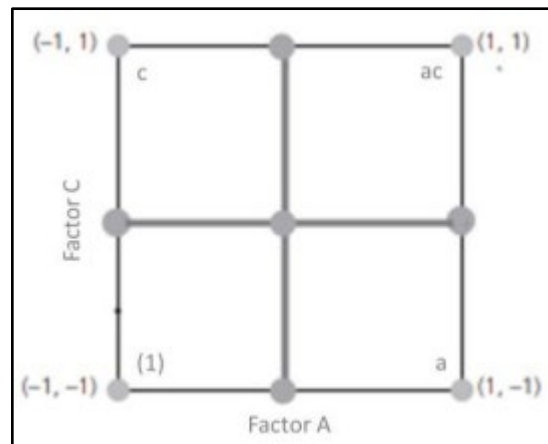
Donde:

- **P1** = Peso cañihua cernida después del remojo
- **P2** = Peso inicial de la cañihua

Los cálculos se realizaron para cada uno de los 12 experimentos contemplados en el diseño experimental (Tabla 2.2).

### 2.2.6 Aplicación de modelos factoriales y métodos multicriterio para la optimización de las condiciones de germinación de las semillas para su consumo directo

Se aplicó un diseño factorial multinivel de superficie de respuesta (dos niveles y dos factores) para el desarrollo del proceso de germinación de las semillas (Figura 2.1), que nos permitirá hallar qué combinación causa un máximo o un mínimo en la respuesta analizada, lo que, a su vez, permite explorar el área o la superficie de respuesta que se halla cerca del valor óptimo o pésimo (Arnau, 1996). Este diseño consiste en aplicar los análisis a los puntos con las coordenadas señaladas en la Figura 2.1 lo que nos permite representar y calcular los efectos de interés.



**Figura 2.1** Diseño factorial multinivel de superficie de respuesta

**Fuente:** (Gutiérrez, 2012).

Cada uno de los vértices del cuadrado representa un punto del diseño, llamada región experimental y, en principio, las conclusiones que se obtengan del experimento solo tienen validez sobre esta región (Gutiérrez, 2012).

Los factores de temperatura y tiempo establecidos para el desarrollo del diseño experimental en la optimización de la germinación de las semillas de cañihua se detallan en la Tabla 2.2.

Los experimentos fueron realizados en orden aleatorio. Este diseño consistió en el análisis de ocho experimentos y un punto central, el cual es replicado cuatro veces (Figura 2.1). Los factores analizados fueron: temperatura ( $X_1$ , °C) y tiempo ( $X_2$ , h). Las condiciones experimentales de las semillas para la temperatura fueron: 14 (-1), 18 (0) y 22 (+1) °C y para los tiempos fueron de 24 (-1), 42 (0) y 60 (+1) h (Tabla 2.2).

**Tabla 2.2** Matriz del diseño central para optimizar las condiciones de germinación de las semillas de cañihua

Nº. Experimento	Temperatura °C (X <sub>1</sub> )	Tiempo h (X <sub>2</sub> )
1	-1	-1
2	+1	-1
3	-1	+1
4	+1	+1
5	-1	0
6	+1	0
7	0	-1
8	0	+1
9	0	0
10	0	0
11	0	0
12	0	0

Temperatura: -1, 0 y +1 significan 14, 18 y 22 °C, respectivamente

Tiempo: -1, 0 y +1 significan 24, 42 y 60 h, respectivamente

Las respuestas obtenidas a partir de este diseño experimental son de tipo sensorial y del porcentaje de semillas germinadas.

## 2.2.7 Proceso de germinación de las semillas de cañihua

### 2.2.7.1 Equipo para la germinación de semillas de cañihua

Se adaptó una estufa (Blinder B115, Tuttlingen, Alemania) (Figura 2.2) para que cumpla las funciones de germinador, tal como se explica en (Vásquez-Remache, 2022). Estas modificaciones permitieron mantener las condiciones de temperatura, humedad y circulación de aire durante el proceso germinativo de las semillas.



**Figura 2.2** Germinador utilizado en el proceso germinativo de las semillas

En el germinador, las semillas remojadas y cernidas estuvieron expuestas al ambiente programado de acuerdo con las condiciones experimentales predefinidas (Tabla 2.2). El sistema de ventilación del equipo permitió tener una temperatura homogénea en su interior, a la vez que oxigenaba los granos para sus procesos metabólicos.

La germinación de las semillas sanitizadas se realizó a temperaturas de 14, 18 y 22°C durante 24, 42 y 60 horas de acuerdo al diseño factorial multinivel de superficie de respuesta (dos niveles y dos factores) y con un porcentaje de humedad relativa de  $95\pm 2\%$ , en condiciones de oscuridad y aplicando ventilación cuando se requiera enfriar el ambiente.

Se fijó la temperatura deseada en el germinador para lo cual se programó un intervalo de  $\pm 1^\circ\text{C}$  con respecto a la fijada, al llegar a la temperatura interior del germinador a la deseada  $+1^\circ\text{C}$ , se encienden los sistemas de ventilación para evitar un sobrecalentamiento de la zona con el fin de garantizar un buen flujo de aire y una adecuada oxigenación de las semillas. Por el contrario, al alcanzar la temperatura deseada  $-1^\circ\text{C}$ , los sistemas de enfriamiento y ventilación se apagan y se encienden las niquelinas para elevar la temperatura y mantener el ambiente bajo las condiciones programadas en el germinador.



**Figura 2.3** Germinación de las semillas de cañihua

Para mantener húmedo el ambiente se formó una niebla obtenida por un proceso de vibración, para lo cual se coloca dentro de la cámara de germinación un recipiente con agua. La humedad deseada fue de  $95\pm 2\%$ , por lo que la membrana de vibración de agua se encenderá al bajar del 93% y se apagará al superar el 97% de humedad, automáticamente en ambos casos. Para la germinación de las semillas de cañihua en condiciones de  $13^\circ\text{C}$  y en los tiempos establecidos, se colocó el germinador en una cámara de frío debido a que el germinador por si mismo no es capaz de enfriar hasta esta temperatura bajo las condiciones ambientales de la ciudad de Cuenca (donde está ubicado).

Finalizado el tiempo de germinación de cada experimento se secaron las semillas sobre lienzos dentro de un deshidratador (Excalibur, 3900B Deluxe, Brooklin, New York, USA) (Figura 2.4) a 45°C durante 7 horas.



**Figura 2.4** Secado de las semillas de cañihua germinada

Al cabo de este tiempo las semillas secas de cañihua germinada se colocaron en fundas herméticas, debidamente rotuladas, para evitar que adquieran humedad y se guardaron en un refrigerador a 4°C hasta la realización de los experimentos programados.

### **2.2.8 Determinación del porcentaje de germinación de la cañihua**

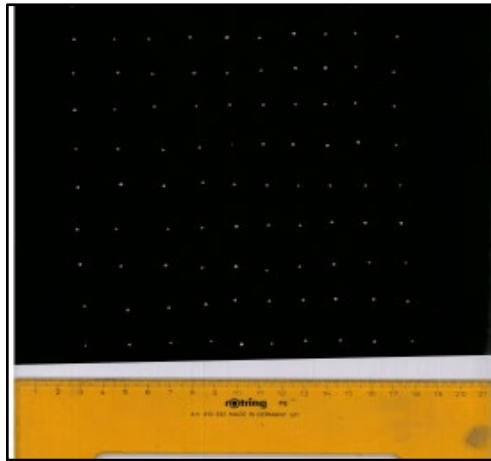
Para determinar el porcentaje de germinación de cada una de las muestras germinadas bajo las condiciones específicas de cada experimento, se colocaron 100 semillas recién sacadas del germinador y se colocaron ordenadamente sobre un escáner (Xerox WordCenter 4260/S, Norwalk, USA) para obtener imágenes de las mismas (Figura 2.5). El escaneado se realizó colocando una tapa de cartón con fondo negro y se incluyó una regla para dimensionar las semillas y sus raicillas. El escaneado se realizó con una calidad de 300 dpi para garantizar una buena calidad de las imágenes obtenidas.

El porcentaje de semillas germinadas se determinó mediante un conteo de las imágenes escaneadas en cada una de las diferentes pruebas experimentales, para lo cual el criterio a considerar la semilla germinada será la aparición de la radícula, lo que nos permitirá determinar su porcentaje mediante la *Ecuación 3*.

$$PG\% = \frac{\text{Número de semillas germinadas}}{\text{Número total de semillas escaneadas}} \times 100 \quad (\text{Ecuación 3})$$

**Fuente:** (García-López et al., 2016)





**Figura 2.5** Ejemplo de imagen obtenida de las semillas escaneadas

## 2.2.9 Análisis fisicoquímicos y sensoriales de las semillas germinadas

### 2.2.9.1 Tiempo óptimo de cocción

Se colocaron 10 gramos de muestras, ya sean sin germinar o germinadas en vasos de precipitación con 150 mL de agua destilada sobre hornillas eléctricas (HACEB EM-1, Copacabana, Colombia). Las muestras se introdujeron en el agua al iniciar su ebullición y se agitaron con una varilla durante 5 segundos, se verificó permanentemente el grado de gelatinización de los granos, para lo cual se colocó un poco de muestra entre dos placas de cristal y se aplastó ligeramente y se observó si había desaparecido su corazón blanco. El tiempo transcurrido hasta que eso suceda es el tiempo óptimo de cocción.



**Figura 2.6** Cocción de semillas antes y después de su germinación

### 2.2.9.2 Análisis sensorial

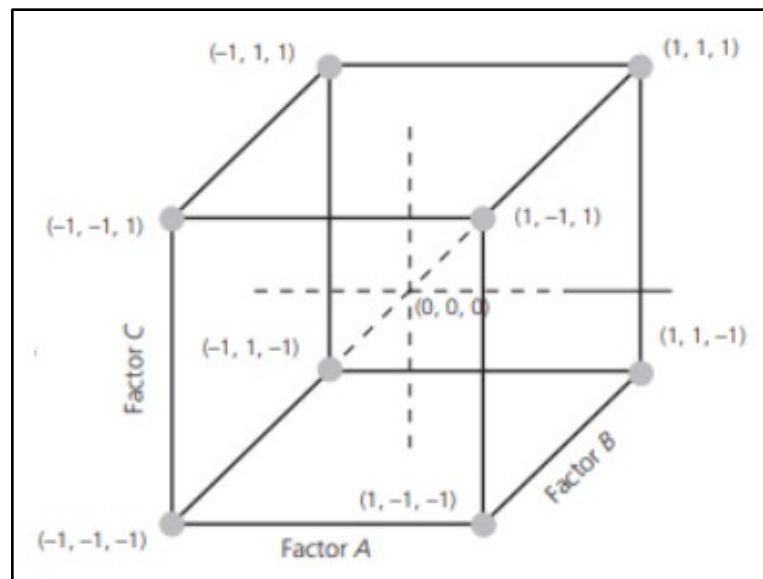
Se evaluaron los efectos de la temperatura y tiempo de germinación en las características sensoriales de las semillas de cañihua. Para registrar la percepción del consumidor acerca de cada una de las características de las muestras de las semillas germinadas, además de su aceptabilidad general, se realizó la evaluación sensorial con un grupo de 15 catadores semientrenados en el laboratorio de evaluación sensorial de la Universidad del Azuay. Los

parámetros evaluados para las semillas fueron: visual (aspecto), olfativo (intensidad, aroma), gustativo (gomosidad, suavidad, acidez, dulzor, amargor, astringencia, regusto, gusto), e impresión global (aceptabilidad general). Las semillas fueron evaluadas inmediatamente luego de su cocción (máximo 10 minutos después).

Cada panelista registró su percepción ante las diferentes muestras de semillas y panes en las fichas de catación, que consistieron en unas tablas de prueba de escala hedónica de siete niveles, donde “1” representa la valoración más baja “Me disgusta mucho” y “7” la valoración más alta “Me gusta mucho”. El resto de los valores representarán respuestas dentro de este rango (Anexos 1 y 2 para las semillas y el pan, respectivamente).

### 2.2.10 Aplicación de modelos factoriales y métodos multicriterio para la optimización del pan

Se aplicó un diseño experimental factorial  $2^3$  con cuatro réplicas al punto central para la optimización del pan con diferentes niveles de sustitución de harina de cañihua germinada (Figura 2.7).



**Figura 2.7** Diseño factorial  $2^3$  con su representación geométrica

**Fuente:** (Gutiérrez, 2012)

Para la optimización del pan se evaluaron tres factores: temperatura de germinación de las semillas utilizadas ( $X_1$ , °C), tiempo ( $X_2$ , h) y porcentaje de sustitución de harina de cañihua germinada ( $X_3$ , %), las mismas que se detallan en las Tablas 2.3 y 2.4.

**Tabla 2.3** Condiciones del diseño experimental factorial para la optimización del pan

Variable	Factor	Unidad	Límite Inferior (-1)	Valor Medio (0)	Límite Superior (+1)
X <sub>1</sub>	Temperatura	°C	14	18	22
X <sub>2</sub>	Tiempo	T	24	42	60
X <sub>3</sub>	Sustitución	%	10	20	30

**Tabla 2.4** Matriz del diseño factorial de dos niveles y tres factores, con cuatro réplicas al punto central para el pan con cañihua

Nº. Experimento	Muestra	Temperatura (X <sub>1</sub> )	Tiempo (X <sub>2</sub> )	Sustitución (X <sub>3</sub> )
1	B1	-1	-1	-1
2	B2	+1	-1	-1
3	B3	-1	+1	-1
4	B4	+1	+1	-1
5	B5	-1	-1	+1
6	B6	+1	-1	+1
7	B7	-1	+1	+1
8	B8	+1	+1	+1
9	B9	0	0	0
10	B10	0	0	0
11	B11	0	0	0
12	B12	0	0	0

La ejecución experimental del diseño fue realizada en orden aleatorio.

### 2.2.11 Molienda de semillas de cañihua

Para la elaboración del pan se utilizó harina obtenida a partir de las semillas germinadas y de la original. Se colocaron 40 gramos de muestras en un molino (Hamilton Beach, 80350R, Waterfront, Virginia, Estados Unidos) (Figura 2.8) durante 30 segundos por 3 ocasiones, para evitar su recalentamiento y asegurar la molienda homogénea de las semillas.



**Figura 2.8** Molino empleado en la molienda de semillas de cañihua

### 2.2.12 Panificación

De acuerdo al diseño experimental planteando, se usaron porcentajes de sustitución de harina de cañihua germinada del 10%, 20% y 30% (harina de trigo refinada: 90%, 80% y 70%, respectivamente), 2.5% de levadura fresca, 1.5% de sal y 65% de agua.

Los ingredientes se mezclaron (3 minutos a velocidad 1) y se amasaron (5 minutos a velocidad 3) (KitchenAid Professional 600, FBA-KP26M1XQG, Michigan, USA). Se dejó reposar la masa tapada con una tela limpia y seca por 10 minutos a temperatura ambiente; posteriormente, se dividió en porciones de 250 g, se laminó y envolvió obteniendo una forma cilíndrica que se colocó en moldes de aluminio para hornear (15×7.5×7cm; largo, ancho y profundidad, respectivamente) previamente engrasados con manteca vegetal para facilitar el desmoldado. Las masas se fermentaron en una cámara de fermentación que forma un conjunto con un horno (Unox Bakertop Mind Lievox 8 XEBPC-08EU-B, Cagliari, Italia) a 30°C y 90% de humedad hasta que la masa sobrepase 1 centímetro del borde del molde. El tiempo necesario para el leudado varió de 75 a 90 minutos, según las muestras.

Las muestras se hornearon (Unox Bakertop Mind Lievox 8 XEBPC-08EU-B, Cagliari, Italia) a 190°C durante 18 minutos, con ventilación de 2 e inyección de vapor al inicio del horneado.



**Figura 2.9** Horneado del pan

### 2.2.13 Análisis fisicoquímicos del pan

Se denominará con el prefijo “B” a los panes elaborados con semillas germinadas, mientras que BSG 10 y BSG 20 serán los panes elaborados con 10% y 20% de sustitución, respectivamente de semillas sin germinar.

#### 2.2.13.1 Determinación del volumen específico

La determinación del volumen específico se realizó por duplicado, dos horas después de la elaboración de cada uno de los diferentes panes, cuando las muestras estuvieron frías. Cada pan fue pesado en una balanza analítica (Kern, WB12G0052, Balingen, Alemania). El volumen del pan se midió utilizando el método de desplazamiento con un instrumento de medición del volumen de sólidos irregulares (Medidor de volúmen de pan JMYT, Zhejiang, China), el cual fue previamente calibrado con semillas de colza. Cada uno de los diferentes panes elaborados fueron puestos en el interior del equipo y se dejaron caer las semillas de colza. El volumen ocupado por el pan se obtuvo observando la marca del volumen de las semillas de colza desplazadas.

El volumen específico resultó de la división del volumen leído para la masa obtenida en la balanza, de acuerdo con la *Ecuación 4* (Vega-Castro et al., 2015).

$$VE = \frac{V}{M} \text{ (Ecuación 4)}$$

donde:

- **V:** Volumen de desplazamiento (cm<sup>3</sup>)
- **M:** Peso del pan (g).

### **2.2.13.2 Determinación de la humedad de la miga**

Luego de la determinación del volumen específico, se cortó el pan en rodajas de 2.5 cm de espesor y se colocaron 3 g de muestra de miga del pan (obtenidas de rodajas interiores) en crisoles previamente pesados ( $n=3$ ). Los crisoles se mantuvieron a 105°C por 24 horas dentro de una estufa (Continental Equipment, 5525/93, Hannover, Alemania). Al completarse las 24 horas, se retiraron los crisoles de la estufa y se colocaron en desecadores por 2 horas, luego fueron pesados y se aplicó la Ecuación 1, descrita previamente.

### **2.2.13.3 Colorimetría**

Las rodajas centrales de las muestras (2.5 cm de espesor) ( $n=4$ ) fueron analizadas con un colorímetro (Lavibond LC 100 SV 100, Dortmund, Alemania) calibrado previamente. La parte central de la rodajas de cada se colocaron sobre el sensor del colorímetro sobre y se obtuvieron las lecturas de los parámetros de color:  $L$ ,  $a$  y  $b$ .

### **2.2.14 Análisis sensorial aplicado al pan**

Los parámetros evaluados fueron los descritos en el análisis sensorial de las semillas (sección 2.2.9.2), adicionándose los siguientes parámetros: color de la miga, alveolatura, granulosidad y firmeza de la corteza y miga. La evaluación sensorial del pan se realizó alrededor de cuatro horas después de su elaboración con un grupo de 15 catadores semientrenados de forma similar a la evaluación de las semillas y se llenó la respectiva ficha, de acuerdo a las indicaciones dadas (Anexos 2 y 4). Los catadores evaluaron tres muestras de semillas cocidas y tres muestras de panes por día, hasta completar las 12 muestras correspondientes a los diferentes diseños experimentales.

### **2.2.15 Análisis estadístico**

Los resultados obtenidos en los diferentes análisis se tabularon en Microsoft excel 2016, se calcularon las medianas de cada uno de los parámetros sensoriales y del número de semillas germinadas de las diferentes muestras y se elaboró la matriz de las medianas. Esta matriz fue cargada en el programa DART 2.0 (Milán, Italia). Se aplicó una función lineal creciente para cada una de las respuestas obtenidas, utilizando una ponderación para cada uno de los diferentes atributos evaluados (Anexo 5 y 6 para las semillas y el pan, respectivamente) y se obtuvo la función de deseabilidad de cada muestra.

Para obtener la función deseabilidad de cada una de las muestras analizadas se aplicó una transformada lineal para el volumen específico (rango 2.3 – 3.2 cm<sup>3</sup>/g), mientras que para la

humedad se prefirió una transformada sigmoide (0.42 – 0.451), ya que nos permite separar con mayor claridad las muestras mas húmedas respecto a las menos húmedas.

Para la optimización de las condiciones de germinación de las semillas y del pan de cañihua se utilizó el programa Minitab 2017 (Pensilvania, USA). En este programa se planificó el diseño experimental a aplicar y, una vez obtenida la función deseabilidad en DART 2.0, fue cargada como respuesta al diseño. En el caso de las semillas se aplicó un diseño de superficie de respuesta; mientras que para el pan se utilizó un diseño factorial  $2^3$ ; pero luego fue necesario aplicar también el diseño de superficie de respuesta, como será explicado en la sección correspondiente. Los resultados obtenidos de Minitab 17 incluyen los “valor p” de las variables y sus interacciones, así como los análisis de Pareto, las ecuaciones de las funciones deseabilidad y los diagramas correspondientes.

El análisis estadístico para la comparación de los resultados con la muestra no germinada se realizó utilizando el análisis de la varianza (ANOVA) con el programa Statgraphics 5.1 (StatPoint Inc, Warrenton, VA, USA).

## CAPÍTULO III

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Granulometría de las semillas de cañihua

La mayor cantidad de masa retenida se encontró en la malla con apertura de 0.71 mm (58.49%), por el contrario, la menor cantidad de masa retenida fue en la malla de 1 mm de apertura (0.23%), el porcentaje retenido acumulado hasta la malla de 0.71 mm es de 97.78%. Se eliminaron las materias orgánicas e inorgánicas gruesas que se quedaron retenidos en el tamiz de 1 mm, así como también las partículas más finas (2.22%) que pasaron por cada uno de los diferentes tamices, utilizándose 97.55% del material original (Tabla 3.1).

Según la Norma Técnica Peruana (NTP 011.452:2014) el grano se considera clase A cuando el diámetro promedio es mayor o igual a 1 mm (grande), por el contrario, es clase B si es menor a 1 mm (pequeño). La mayor parte de material estudiado se encuentra entre 0.71 y 1 mm (Tabla 3.1), que está dentro del rango normal para el grano de cañihua (0.5 a 1.5 mm) (Cruz, 2019); pero dentro del rango que la ubica como de clase B (tamaño pequeño).

**Tabla 3.1** Resultados de análisis granulométricos de la semilla de cañihua, var. *condornayra*

Apertura de la malla (mm)	Peso Retenido (g)	% Retenido en cada malla	% Retenido acumulado	% Pasa cada malla
1	0.85	0.23	0.23	99.77
0.8	145.79	39.06	39.29	60.71
0.71	218.34	58.49	97.78	2.22
<b>Base</b>	8.31	2.22	100.00	0
<b>Total</b>	373.29	100		

#### 3.2 Humedad de las semillas y porcentaje de absorción de agua

Para determinar la humedad de la semilla de cañihua se utilizaron dos métodos distintos: termobalanza y estufa. Ambos métodos nos permitieron obtener la humedad final en porcentaje; pero el primero fue aplicado a las semillas antes de cualquier tratamiento, mientras que el segundo se aplicó a las semillas húmedas, luego de la fase de remojo, ya sea que se haya aplicado un pretratamiento de sanitización o no, con la finalidad de verificar su humedad al inicio del proceso de germinación.



La humedad de las semillas sin pretratamiento ni remojo fue de 14.68%, mientras que las semillas remojadas por 14 h presentaron una humedad de  $57.25 \pm 1.69\%$ , mientras que las semillas tratadas con etanol al 75% por 3 minutos presentaron una humedad de  $63.02 \pm 0.012\%$ . Se observó que el pretratamiento con etanol permite que las semillas adquieran mayor humedad, lo cual puede disminuir el tiempo necesario de remojo ya que permitiría que el agua ingrese más rápidamente a las capas internas de la semilla (Apaza, 2010), iniciando así los procesos enzimáticos que darán origen a la germinación.

Según Bravo et al., (2013) la humedad requerida para que se active el proceso de germinación en semillas de quinua y amaranto está entre el 40 y 45%, así mismo Leon-Mallqui, (2019) germinó semillas de cañihua (variedad *cupi*) con una humedad del 45%, luego de haber sido remojadas por 14 horas; sin embargo, aunque nosotros aplicamos las mismas condiciones de remojo, la humedad de las semillas alcanzó el  $57.25 \pm 1.69\%$  sin pretratamiento y  $63.02 \pm 0.012$  con pretratamiento. Esto podría deberse a la diferente variedad utilizada y podría significar que el tiempo de remojo necesario sea menor para la variedad *condornayra*. Por otro lado, Apaza, (2010) reportó que el diámetro de la cañihua variedad *cupi* es de 1.0 a 1.1 mm sin perigonio, mientras que la variedad utilizada en la presente tesis presenta diámetros entre 0.71 a 1.0mm. Esta diferencia de tamaños pudo hacer que la variedad *cupi* absorba el agua más despacio y explicaría la razón por la cual la humedad sea menor a paridad de tiempo, respecto a *condornayra*. El deterioro de la semilla de cañihua está estrechamente relacionado con su humedad, puesto que puede propiciar el desarrollo microbiano, así como una germinación no deseada. Podría incluirse el tiempo de remojo como una variable a optimizar en estudios posteriores.

Una vez finalizada la sanitización y el remojo de las 12 muestras se aplicó la ecuación 2 y se obtuvo el porcentaje de absorción de agua de las semillas ( $97.3 \pm 1.5\%$ ). Es interesante mencionar que el porcentaje de absorción de agua de las semillas sin tratamiento previo se ubicó en  $90.93 \pm 5.1\%$ , es decir, el pretratamiento con etanol permitió que ingrese el agua con mayor velocidad a la semilla (99% de confianza), lo cual podría disminuir el tiempo de remojo; sin embargo, es importante considerar que el pretratamiento debe garantizar la disminución de carga microbiana hasta niveles aceptables y que se mantenga en esos niveles después de la germinación.

### **3.3 Análisis microbiológicos de las semillas**

En la semilla original (sin ningún tratamiento) se realizó un recuento microbiológico para conocer su grado de contaminación. En el caso de las semillas germinadas a las condiciones más extremas de temperatura y tiempo (25 °C por 72 horas), se realizó un pretratamiento de sanitización, luego de lo cual se realizó un recuento microbiano (mesófilos totales y mohos y

levaduras) para verificar la variación a consecuencia de los diferentes pretratamientos aplicados, y si estos recuentos se encuentran dentro de la Norma Técnica Peruana utilizada como referencia.

En las semillas originales se detectó una concentración de mesófilos totales de  $23 \cdot 10^2$  UFC/g y de mohos y levaduras igual a  $1 \cdot 10^5$  UP/g cuyos valores se encuentran en los límites máximos aceptables de la Norma Técnica Peruana. En las semillas germinadas por 72 h a 25 °C sin ningún pretratamiento se superaron los límites máximos permitidos, alcanzando recuentos de mesófilos totales mayores a  $1 \cdot 10^{10}$  UFC/g y de mohos y levaduras mayores a  $1 \cdot 10^6$  UP/g. De acuerdo con la Norma Técnica Peruana (NTP 011.452:2014) una semilla de buena calidad tiene una carga de mohos y levaduras inferior a  $1 \cdot 10^4$ , mientras que el máximo aceptable es de  $10^5$  (Tabla 1.5). No se encontró una norma técnica para mesófilos para la cañihua; sin embargo, los resultados obtenidos se compararon con la Norma Técnica Peruana (NTP 205.062:2009) de la quinua, dando como resultado que los datos obtenidos se encuentran fuera del límite permitido, siendo que esta considera a la semilla de buena calidad si su carga de mesófilos tiene un índice máximo de  $10^4$  y de calidad aceptable cuando su índice máximo es de  $10^6$ .

La humedad de la cañihua debe estar entre el 10% y 12.4% para favorecer su conservación y almacenamiento (Mujica, 2002). La humedad inicial de las semillas analizadas fue de 14.68%, la cual beneficiaría la proliferación de estos microorganismos, ya que valores mayores a 14% permiten el desarrollo de mohos en los pseudocereales (Andino & Guascua, 2021).

En la Figura 3.1 se observan las semillas de cañihua germinadas y se evidencia la formación de moho que cubre casi en su totalidad a las mismas, presentando una consistencia pastosa. Una de las mayores desventajas que presenta la germinación es, precisamente, la posibilidad de proliferación de mohos (Suárez-Estrella et al., 2018). A pesar de ello, el nivel de germinación es bastante considerable, evidenciado por la formación de la radícula en un elevado porcentaje de semillas (observación visual).



**Figura 3.1** Semilla de cañihua germinada sin ningún pretratamiento de sanitización (25°C por 72 h)

Se aplicó un tratamiento con varios sanitizantes a las semillas germinadas (Tabla 3.2), observándose una disminución en su recuento microbiano luego de la aplicación de hipoclorito de sodio (3% por 5 min) (mesófilos totales: de  $64 \cdot 10^7$  UFC/gr y mohos y levaduras:  $1 \cdot 10^5$  UP/gr). Si bien este tratamiento posterior a la germinación permitió llevar estas muestras a valores dentro del límite máximo aceptable para mohos, los demás tratamientos aplicados con hipoclorito de sodio y ácido láctico no tuvieron el mismo efecto. Los resultados obtenidos pueden relacionarse con un elevado nivel de humedad inicial que presentaban las semillas (14.68%). Obviamente, no es aceptable aplicar estos tratamientos luego de que el moho haya proliferado en la muestra, más aun considerando que las micotoxinas que pudieron haberse formado por estos microorganismos permanecerían en las muestras; razón por la cual el tratamiento debe ser aplicado antes de su formación, es decir, como tratamientos previos a la germinación. Esta exploración simplemente nos permitió seleccionar un método a ser aplicado para el pretratamiento de las semillas.

**Tabla 3.2** Recuento de mesófilos totales y de mohos y levaduras en semillas germinadas a 25°C y tratadas con sanitizantes después de su germinación

Sanitizante aplicado	Concentración (%)	Tiempo tratamiento (min)	Tiempo de germinación previo a la sanitización (h)	Recuento de Mesófilos totales UFC/g	Recuento de Mohos y Levaduras UP/g
Ninguno	-	-	72	$> 1 \cdot 10^{10}$	$> 1 \cdot 10^6$
NaClO	3	5	72	$64 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^5$
NaClO	3	0.5	48	$12 \cdot 10^8$	$> 1 \cdot 10^6$
Ácido Láctico	0.40	3	72	$12 \cdot 10^8$	$> 1 \cdot 10^6$
Ácido Láctico	0.80	3	72	$10 \cdot 10^8$	$> 1 \cdot 10^6$

A partir de esta información preliminar, se programaron varias condiciones experimentales para tratamientos pre-germinativos de sanitización de las semillas, las que fueron sometidas a las condiciones germinativas máximas ideales para la proliferación de microorganismos dentro del rango experimental previsto (25°C por 72 horas) (Tabla 3.3). El tratamiento con hipoclorito de sodio al 10% por 30 minutos disminuyó significativamente el recuento de mesófilos totales luego de la germinación ( $8 \cdot 10^3$  UFC/g); sin embargo, para el recuento de mohos y levaduras el mejor resultado se observa luego del tratamiento con hipoclorito de sodio al 3% por 5 minutos ( $2 \cdot 10^4$  UP/g), valores que se encuentran dentro de la normativa usada como referencia y, probablemente, nos permitirá realizar el proceso germinativo sin exceder el recuento máximo permitido.

La contaminación microbiana de los alimentos representa un riesgo para la salud de los consumidores si sobrepasa los límites permitidos. Aun cuando el desarrollo microbiano sea menor

a la normativa, es importante controlar su proliferación, puesto que puede generar cambios indeseables en las características sensoriales del alimento, así como en su composición química.

Una de las mayores desventajas de la germinación es la posibilidad de crecimiento de moho (Suárez-Estrella et al., 2018), tal como se evidencia en los resultados obtenidos (Tablas 3.2 y 3.3), puesto que la semilla original se encuentra dentro de los límites permitidos tanto para mesófilos ( $23 \cdot 10^2$  UFC/g) como para mohos y levaduras ( $1 \cdot 10^5$  UP/gr); mientras que, luego de la germinación, se evidencia la formación de una capa abundante de moho, con un recuento microbiano elevado para mesófilos totales, mohos y levaduras ( $>1 \cdot 10^{10}$  UFC/g y  $>1 \cdot 10^6$  UP/g, respectivamente) (Tabla 3.3); resultados que están muy por encima de las normas de referencia utilizadas, por lo fue necesario aplicar un pretratamiento previo a su germinación.

**Tabla 3.3** Recuento de mesófilos totales y de mohos y levaduras en semillas germinadas (25°C por 72 horas) tratadas con sanitizantes previo a su germinación

Sanitizante aplicado	Tiempo de tratamiento (min)	Recuento Mesófilos totales UFC/g	Recuento de Mohos y Levaduras UP/g
Ninguno	-	$> 1 \cdot 10^{10}$	$>1 \cdot 10^6$
NaClO (3%)	5	$58 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^4$
NaClO (3%)	0.5	$53 \cdot 10^3$	$7 \cdot 10^4$
NaClO (10%)	30	$8 \cdot 10^3$	$9 \cdot 10^4$
Ácido Láctico (0.8%)	3	$18 \cdot 10^4$	$7 \cdot 10^4$
Ácido Láctico (0.4%)	3	$73 \cdot 10^4$	$9 \cdot 10^4$
Sorbato + Benzoato (1:1) 0.5%	30	$2 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^3$
Sorbato + Benzoato (1:1) 2%	30	$7 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^4$
Sorbato + Benzoato (1:1) 3%	30	$1 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^5$
Etanol 75%	0.5	$1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^4$
Etanol 75%	1	$2 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^4$
Sorbato de potasio 0.5%	30	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^4$
Sorbato de potasio 2%	30	$5 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^4$
Sorbato de potasio 3%	30	$1 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^3$
Propionato de sodio 0.3%	5	$3 \cdot 10^3$	$9 \cdot 10^3$
Propionato de sodio 2%	5	$3 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^4$
Propionato de sodio 3%	5	$3 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^4$
Benzoato de sodio 0.5%	30	$2 \cdot 10^3$	$3 \cdot 10^4$

Benzoato de sodio 2%	30	$2 \cdot 10^3$	$3 \cdot 10^4$
Benzoato de sodio 3%	30	$3 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^4$

Torres-Chacón y Chávez-Montes, (2016) aplicaron inmersión en ácido láctico al 0.4% a semillas de quinua germinadas. La inmersión se realizó a 4°C durante 3 minutos y se verificó una disminución significativa en la concentración de la carga microbiana; sin embargo, la aplicación de ácido láctico para nuestras muestras de cañihua germinadas no evidenció una disminución significativa de su carga microbiana, ni su ingreso en los valores permitidos por la normativa de referencia, ya sea que se aplicara al 0.4 o al 0.8% por 3 minutos (Tabla 3.2). Por otro lado, al aplicar 0.4% de ácido láctico por 3 minutos como pretratamiento al proceso de germinación (25°C por 72 h) se observó que el recuento de mesófilos llegó hasta  $73 \times 10^4$  UFC/g y mohos y levaduras alcanzó  $9 \times 10^4$  UP/g, valores que se encuentran dentro de la normativa legal. De todas formas; de acuerdo a nuestros resultados, si se desea aplicar ácido láctico, sería preferible aplicar un pretratamiento con una concentración del 0.8% por 3 min, puesto que la concentración final de mesófilos totales y de mohos y levaduras disminuye a  $18 \times 10^4$  UFC/g y de  $7 \times 10^4$  UP/g, respectivamente.

López et al., (2022), aplicaron un pretratamiento con hipoclorito de sodio al 0.01% por 30 minutos en semillas de cañihua germinada, mientras que Chavarry et al., (2009) sanitizaron semillas de cebada con hipoclorito de sodio al 3% por 5 minutos y compararon su tratamiento con semillas sin sanitizar, observando que el tratamiento de sanitización disminuyó en un 90% la concentración microbiana, resultados similares a los que observamos en la cañihua al aplicar pretratamientos con hipoclorito de sodio.

Huayllas et al., (2019), aplicaron etanol al 75% durante 3 segundos para la sanitización de semillas de quinua de cinco variedades diferentes, tiempo que es inferior al máximo recomendado por la Asociación Argentina de Farmacéutica de Hospital (AAFH) (10 minutos), quienes señalan que tiempos mayores de aplicación de este tratamiento desnaturalizan las proteínas (AAFH, 2020). El tratamiento aplicado con etanol al 75% por 1 minuto disminuyó el recuento de mesófilos a  $2 \times 10^3$  UFC/g y el de mohos y levaduras a  $1 \times 10^4$  UP/g en semillas de cañihua previo a la aplicación del proceso germinativo, resultando más eficiente que los tratamientos con hipoclorito de sodio evaluados (Tabla 3.3), los valores obtenidos se encuentran dentro de la Norma Técnica Peruana para mohos y levaduras (NTP 011.452:2014) y para mesófilos (NTP 205.062:2009).

Otros sanitizantes evaluados fueron el sorbato de potasio y el benzoato de sodio, ya sea de forma individual, como en una proporción 1:1. También se evaluó el efecto del propionato de sodio en las semillas de cañihua previo a su germinación (Tabla 3.3). Los recuentos microbianos fueron favorables para mesófilos totales y mohos y levaduras según las Normas Técnicas Peruanas

(Tabla 1.5), a excepción del sorbato de potasio en combinación con el benzoato de sodio a una concentración de 3% (1:1) por 30 minutos cuyo recuento de mohos y levaduras fue de  $2 \times 10^5$ , el cual se encuentra fuera de la normativa legal de referencia.

Como se explicó previamente, los pretratamientos aplicados permitieron garantizar que las semillas sin germinar tengan concentraciones microbianas dentro de las normas de referencia; sin embargo, dada la naturaleza del proceso germinativo, es de esperar que su cantidad aumente luego de ser aplicado, razón por la cual se decidió que la temperatura y tiempo de germinación máximas en el diseño experimental empleadas sean menores a las utilizadas en los estudios de selección del pretratamiento; por lo que se aplicarán condiciones máximas de germinación de 22°C por 60 horas (Tabla 3.4). Así mismo, por seguridad se aumentó el tiempo de pretratamiento de 1 a 3 minutos con etanol al 75%.

Es importante que futuros estudios busquen nuevos compuestos, concentraciones y combinaciones que permitan obtener recuentos microbianos menores, sin afectar la capacidad germinativa de las semillas, brindando una mayor seguridad respecto al proceso germinativo y a la salud del consumidor.

### **3.4 Porcentaje de germinación de las semillas de cañihua**

El porcentaje de semillas germinadas bajo diferentes condiciones experimentales de tiempo y temperatura, y con la aplicación o no de un pretratamiento en etanol al 75% por 3 minutos se presentan en la Tabla 3.4.

El mayor porcentaje de germinación entre las semillas sin pretratamiento se observó a 19°C por 72 horas (43%), seguido de 25°C por 48 horas (41%), mientras que la menor germinación se dio a 13°C por 24 horas y a 19°C por 24 horas (1% en ambos casos), lo que podría indicar que la germinación de la cañihua es muy incipiente a las 24 horas.

Entre las semillas tratadas previamente con etanol, el mayor porcentaje de germinación se presentó a 22°C por 60 horas (43%) (Figura 3.2), que corresponde al mayor tiempo y temperatura de germinación aplicados. Luego, los valores intermedios (puntos centrales del diseño experimental) presentaron también porcentajes altos, mientras que los valores más bajos de temperatura y tiempo (14°C por 24 horas) presentaron el menor porcentaje (1%), seguido por el tratamiento a 18°C por 24 horas (3%).



**Figura 3.2** Germinación de la semilla de cañihua 22°C por 60 horas, luego de su pretratamiento

Dentro del rango estudiado se observó que el porcentaje de semillas germinadas tiende a aumentar con el tiempo y temperatura de germinación. Efectivamente, tanto para las semillas con o sin pretratamiento se observó que, a paridad de temperatura, el porcentaje de semillas germinadas aumenta con el tiempo, así mismo, a paridad de tiempo de germinación, el porcentaje de semillas germinadas aumenta con la temperatura. Por otra parte, en el caso de las semillas pretratadas, el mayor porcentaje de semillas germinadas se observó a las condiciones máximas de tiempo y temperatura (22°C por 60 horas, 43%); mientras que para el caso de las semillas no tratadas a las condiciones máximas de tiempo y temperatura de germinación (25°C por 72 horas) se obtuvo un 36%, el cual no fue su máximo, además, a estas condiciones se evidenció la formación de una capa abundante de moho que podría influir en la germinación del grano (Figura 3.1), además de poner en riesgo la salud de los consumidores. Por otro lado, tanto para las semillas pretratadas, como para las que no lo fueron, el menor porcentaje de germinación se observó a menores tiempos y temperaturas de tratamiento (14°C por 24 horas y 13°C por 24 horas, respectivamente), cada uno de ellos con un porcentaje de germinación de 1%.

**Tabla 3.4** Porcentaje de germinación de las semillas de cañihua

N°. Exp.	Temperatura (°C)	Tiempo (h)	Semillas Germinadas (%)	
			Sin pretratamiento	Con pretratamiento*
D1	-1	-1	1	1
D2	+1	-1	7	9
D3	-1	+1	11	25
D4	+1	+1	36	43
D5	-1	0	1	7
D6	+1	0	41	30
D7	0	-1	1	3
D8	0	+1	43	37

D9	0	0	29	37
D10	0	0	37	42
D11	0	0	27	31
D12	0	0	38	36

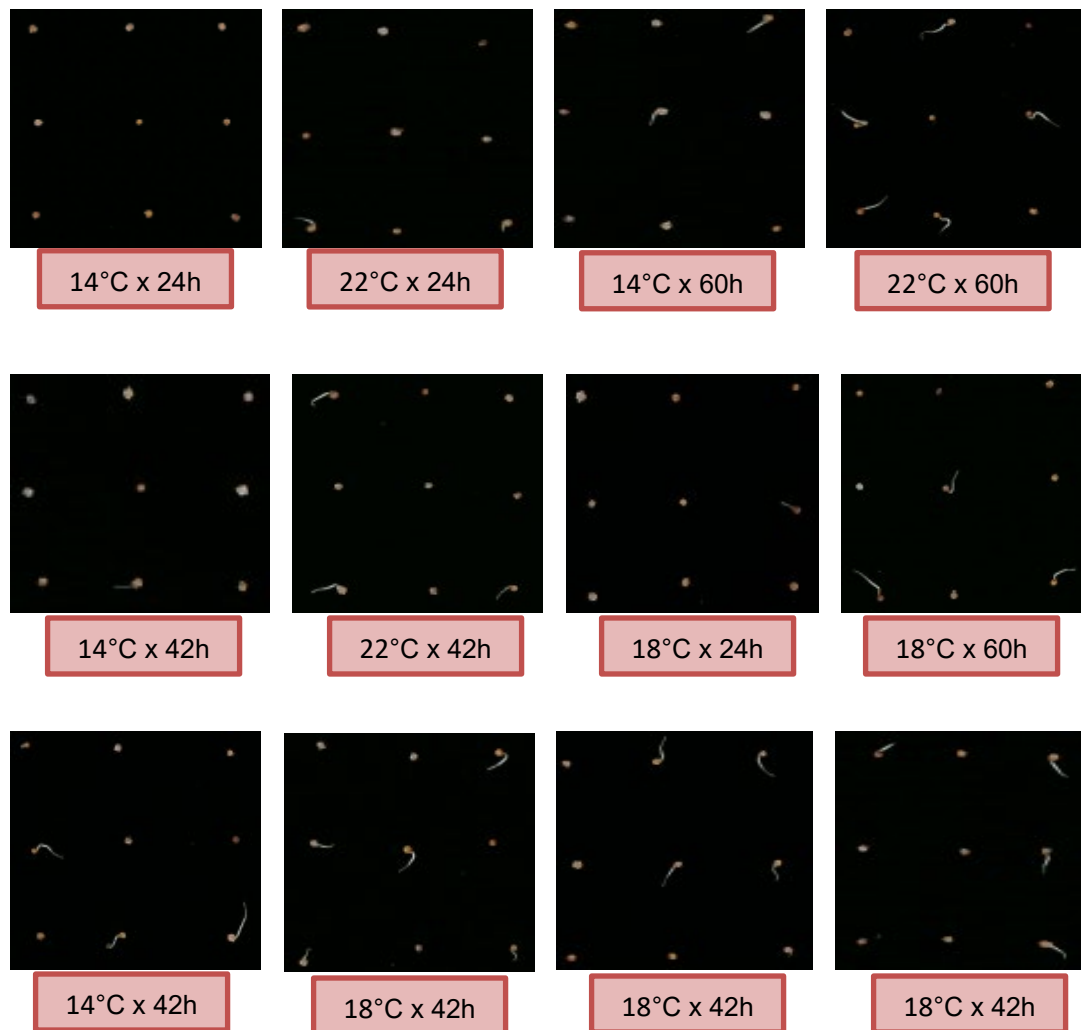
**Semilla pretratada:** Temperatura: -1, 0 y +1 corresponden a 14, 18 y 22 °C, respectivamente.

Tiempo: -1, 0 y +1 corresponden a 24, 42 y 60h, respectivamente

**Semilla sin pretratamiento:** Temperatura: -1, 0 y +1 corresponden a 13, 19 y 25 °C, respectivamente. Tiempo: -1, 0 y +1 corresponden a 24, 48 y 72h, respectivamente

\*Etanol al 75% por 3 minutos

Apala (2021), reporta que, luego de 24 horas de germinación a 18°C, comenzó a aparecer la radícula en semillas de cañihua, resultado que se confirma en el presente estudio (Figura 3.3).



**Figura 3.3** Sección de escaneado de las semillas



### 3.5 Análisis fisicoquímicos y sensoriales de las semillas germinadas

#### 3.5.1 Tiempo óptimo de cocción

Para el tiempo óptimo de cocción se mide el tiempo necesario para alcanzar una completa gelatinización del almidón de las semillas, que se verifica cuando el núcleo blanco ha desaparecido; a medida que avanza la cocción este va disminuyendo (Wood, 2016) y el tamaño de la semilla va aumentando gracias al agua que se va absorbiendo. Además, la cocción del almidón mejora la digestibilidad de los carbohidratos y proteínas mediante el proceso de la gelatinización (Elguera-Prado 2017). Todas las muestras analizadas presentaron un tiempo óptimo de cocción de 7 minutos a una temperatura de 92°C (temperatura que alcanzó el agua hirviendo en la ciudad de Cuenca, donde se realizó este análisis), este tiempo no cambió en función de si la semilla fue germinada o no, ni de las condiciones de ese tratamiento. En la Figura 3.4 se observan semillas antes y después de la cocción.

La poca disponibilidad de semillas de cañihua fuera de las fronteras de Perú y Bolivia es una importante dificultad para su investigación. De hecho, no encontramos estudios realizados para la cocción de semillas germinadas, ni siquiera sin germinar, a excepción de información culinaria; por lo que, nuestros resultados fueron comparados con estudios realizados en tres variedades de semillas de quinua (Salcedo INIA, Pasallanka y Negra Collana) siendo el tiempo óptimo de cocción para ellos de 15 minutos a 86°C (Valenzuela et al., 2015). Estas condiciones difieren del tiempo óptimo de cocción de la semilla de cañihua establecida en este estudio, lo cual puede deberse a los diferentes pseudocereales empleados, aunque también a las temperaturas de tratamiento empleadas.



**Figura 3.4** Semillas de cañihua antes y después de la cocción

**A: semilla cruda. B: semilla cocida**

### **3.5.2 Análisis sensorial de las semillas de cañihua germinadas**

Los resultados obtenidos de las fichas de catación fueron tabulados en Microsoft Excel (Anexo 7), a partir de ellos se construyó la matriz de las medianas (Tabla 3.5) de cada una de las diferentes variables analizadas para cada experimento.

**Tabla 3.5** Matriz de las medianas calculadas a partir de las evaluaciones sensoriales de semillas de cañihua germinada y cocida

	Visual	Olfativo		Gustativo								
N°. Exp.	Aspecto	Intensidad	Aroma	Gomosi dad	Suavidad	Acidez	Dulzor	Amargor	Astrin-gencia	Regusto	Gusto	Aceptabil idad general
D1	6	6	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6
D2	6	5	5	6	6	6	6	5	6	6	6	6
D3	5	5	5	5	6	5	5	5	5	6	6	6
D4	5	5	5	5	6	6	5	5	6	6	6	6
D5	6	5	5	6	6	6	5	6	6	6	6	6
D6	6	6	6	6	6	6	5	5	5	6	6	5
D7	6	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6
D8	6	5	5	6	7	5	5	5	5	5	6	6
D9	6	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6
D10	6	5	5	5	6	6	5	5	6	6	6	6
D11	5	5	5	6	6	6	5	6	6	6	6	6
D12	6	5	5	6	6	6	5	6	6	5	5	5

La Tabla 3.6 presenta la puntuación acumulada de las semillas germinadas a cada condición experimental. La puntuación acumulada fue considerada como la sumatoria de las medianas que obtuvo cada experimento para cada uno de los ítems sensoriales evaluados. Los atributos evaluados fueron 12, la mayor puntuación de cada atributo en las fichas de catación es de 7, dando una puntuación máxima posible de 84 puntos, que se consideró como el 100% y el menor puntaje para cada atributo fue 1 dando una puntuación mínima posible de 12 siendo este el 0%, a partir de esto se calculó la puntuación porcentual para cada experimento.

El experimento D1 (14°C por 24 h), que corresponde a las semillas con menor tiempo y temperatura de germinación evidenció el mayor puntaje porcentual (80.6%). Extrañamente, el menor puntaje porcentual (68.1%) se evidenció en una de las réplicas (D12), mientras que en relación a la puntuación acumulada no pareciera haber una mayor diferencia en los valores de las diferentes muestras. Vásquez Remache (2022) realizó una evaluación sensorial en semillas de quinua germinada, dando como resultado que las muestra con mejor perfil sensorial fueron aquellas tratadas a 19°C y 25°C luego de 48 h las mismas que obtuvieron un puntaje porcentual del sobre el 75%; sin embargo, para la muestra de cañihua, se superó el 80%, lo cual nos puede indicar que la semilla germinada a un menor tiempo y temperatura podría tener una mayor aceptación por parte del consumidor.

**Tabla 3.6** Sumatoria de la puntuación obtenida por las semillas germinadas y su porcentaje equivalente

N°. Experimento	Temperatura (°C)	Tiempo (h)	Puntuación acumulada	Puntaje porcentual
D1	-1	-1	70	80.6
D2	+1	-1	66	75
D3	-1	+1	67	76.4
D4	+1	+1	66	75
D5	-1	0	67	76.4
D6	+1	0	65	73.6
D7	0	-1	69	79.2
D8	0	+1	65	73.6
D9	0	0	66	75
D10	0	0	67	76.4
D11	0	0	68	77.8
D12	0	0	61	68.1

Temperatura: -1, 0 y +1 significan 14, 18 y 22 °C, respectivamente

Tiempo: -1, 0 y +1 significan 24, 42 y 60 h, respectivamente

### 3.6 Aplicación de modelos factoriales y métodos multicriterio para la optimización de las condiciones de germinación de las semillas para consumo directo

En la sección 2.2.6 se detalla el diseño experimental aplicado. En el programa DART 2.0, se introdujeron las medianas de las respuestas sensoriales y el porcentaje de germinación; se aplicó una función lineal creciente para todos los factores, con sus respectivas ponderaciones (Anexo 5), obteniéndose la función de deseabilidad para cada experimento del diseño elaborado (Tabla 3.7).

**Tabla 3.7** Función deseabilidad para las condiciones de germinación de semillas para consumo directo

Nº. Exp.	Temperatura (°C)	Tiempo (h)	Deseabilidad
D1	-1	-1	0
D2	+1	-1	0.816
D3	-1	+1	0.783
D4	+1	+1	0.796
D5	-1	0	0.825
D6	+1	0	0.783
D7	0	-1	0.730
D8	0	+1	0.794
D9	0	0	0.825
D10	0	0	0.808
D11	0	0	0.812
D12	0	0	0.744

Temperatura: -1, 0 y +1 corresponden a 14, 18 y 22 °C, respectivamente

Tiempo: -1, 0 y +1 corresponden a 24, 42 y 60 h, respectivamente

Los factores e interacciones significativos (Tabla 3.8) se obtuvieron al 95% a través del “valor p” ( $p < 0.05$ ). Únicamente la interacción temperatura \* tiempo (0.033) es significativa; pero es suficiente para evidenciar que ambos factores son significativos.

**Tabla 3.8** Tabla de nivel de significancia (95%)

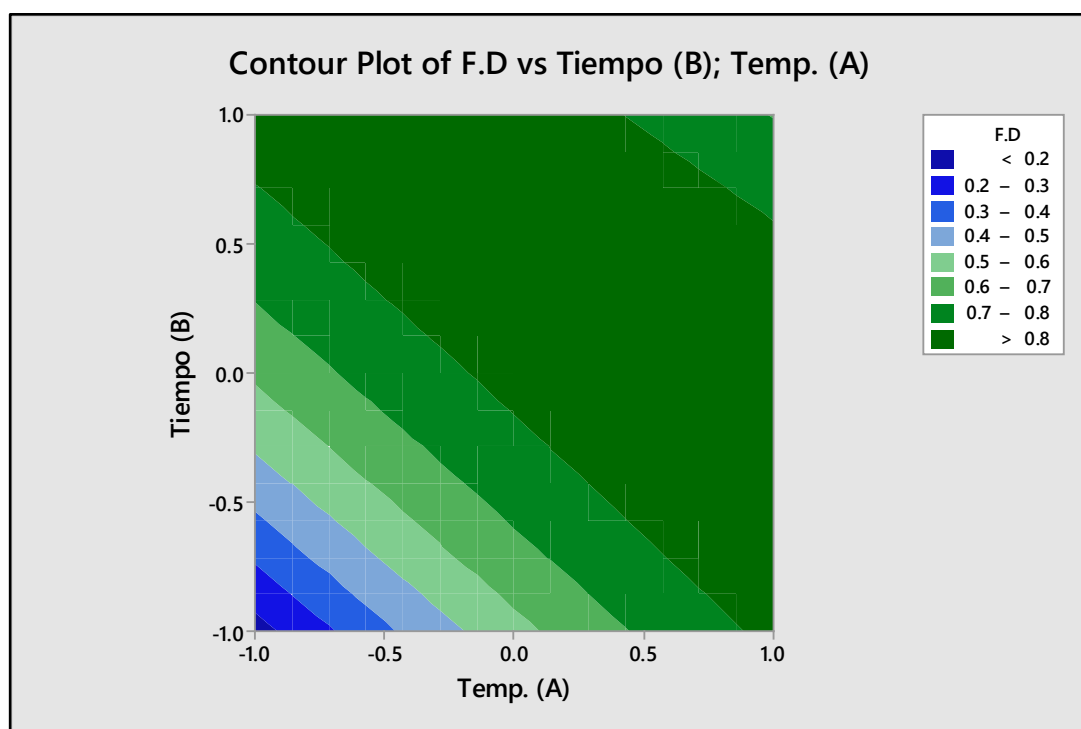
Factor	valor p
Temperatura	0.069
Tiempo	0.059
Temperatura *Tiempo	0.412
Tiempo*Tiempo	0.225
Temperatura*Tiempo	0.033

Luego de esta verificación, se obtuvo una ecuación polinomial, de la cual fueron eliminados los factores e interacciones no significativas (*Ecuación 4*).

$$F.D = 0.8256 - 0.2008 \text{ Temp.} * \text{Tiempo} \quad (\text{Ecuación 4})$$

### 3.7 Optimización de las condiciones de germinación de las semillas de cañihua

En el gráfico de superficie de respuesta (Figura 3.5) se visualizan las interacciones de la temperatura (A) y tiempo (B) de germinación, respecto a la función deseabilidad (F.D.). No se observa un valor específico de deseabilidad que permita establecer una pequeña región óptima a partir del diseño experimental; sin embargo, se puede observar una especie de “gran planicie elevada” rodeada por las coordenadas detalladas en la Tabla 3.9, los puntos fuera de estas coordenadas corresponden a puntos con funciones de deseabilidad inferiores a 0.6, que indican zonas de resultados inaceptables, de acuerdo a las respuestas que se desean optimizar.



**Figura 3.5** Gráfico de superficie de respuesta para la optimización de las condiciones de germinación de las semillas de cañihua para consumo directo

**F.D.:** Función deseabilidad

**Tabla 3.9** Puntos de la zona óptima

<b>Puntos Óptimos de la Semilla Germinada</b>				
<b>Puntos</b>	<b>Coordenadas planicie</b>		<b>Valores de la planicie</b>	
	<b>Temperatura (x)</b>	<b>Tiempo (y)</b>	<b>Temperatura °C</b>	<b>Tiempo (h)</b>
P1	-1	0.75	14	55.5
P2	0.45	+1	19.82	60
P3	0.85	-1	21.38	24
P4	+1	0.6	22	52.69
P5	+1	-1	22	24
P6	-1	+1	14	60

Por lo tanto, cualquiera de las condiciones de germinación ubicadas en la “planicie” (Figura 3.5 y Tabla 3.9), van a permitirnos obtener semillas con funciones de deseabilidad sobre 0.7 o, incluso, 0.8. de acuerdo a la forma de esta zona, si se germinan las semillas a baja temperatura, va a ser necesario un mayor tiempo de proceso para alcanzar la respuesta óptima; por el contrario, si se desea realizar una germinación corta se va a necesitar mayor temperatura. De acuerdo a los resultados obtenidos, se puede aplicar una germinación rápida (22°C por 24 h) o una germinación lenta (14 °C por 60 h), siendo aceptable el producto obtenido en ambas condiciones. Se podría ampliar este estudio incluyendo otros parámetros que podrían facilitar la selección del método óptimo, por ejemplo, factores de índole económica.

### **3.8 Análisis sensorial del pan enriquecido con harina de cañihua germinada**

Los resultados de las fichas de catación fueron tabulados en Microsoft Excel (Anexo 8), se calcularon las medianas de cada variable y de cada muestra y se construyó la matriz de las medianas (Tabla 3.10).

**Tabla 3.10** Matriz de las medianas calculadas a partir de las evaluaciones sensoriales del pan elaborado con harina de cañihua germinada

Nº. Exp.	Visual			Olfativo		Textura			Gustativo						Acepta- bilidad general
	Color miga	Alveo- latura	Aspecto	Intensidad	Aroma	Firmeza Corteza	Firmeza Miga	Granulosi- dad	Gomosidad	Acidez	Dulzor	Amargor	Regusto	Gusto	
1	6	6	6	5	6	5	5	5	5	6	6	5	6	6	6
2	5	6	5	6	6	6	6	6	5	5	6	6	6	6	6
3	5	6	6	6	6	5	6	5	4	4	5	5	6	6	6
4	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
5	5	5	6	5	6	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6
6	5	6	6	5	6	5	6	6	6	6	6	6	5	6	6
7	5	5	5	5	6	5	6	6	5	5	5	5	5	5	5
8	6	5	5	5	5	5	6	6	5	6	6	6	6	6	5
9	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
10	6	6	6	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
11	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
12	6	6	6	6	6	6	6	6	5	6	6	6	6	6	6



### 3.9 Aplicación de modelos factoriales y métodos multicriterio para la optimización de pan enriquecido con harina de cañihua germinada

En la sección 2.2.10 se detalló el diseño experimental. En el programa DART 2.0 se introdujeron las medianas de las respuestas obtenidas de la evaluación sensorial del pan y el porcentaje de germinación, aplicando una función lineal creciente con sus respectivas ponderaciones (Anexo 6), se obtuvo la respuesta multivariada (deseabilidad) de los datos (Tabla 3.11).

**Tabla 3.11** Deseabilidad obtenida para cada pan elaborado de acuerdo al diseño experimental

Nº. Exp.	Temperatura ( $X_1$ )	Tiempo ( $X_2$ )	Sustitución ( $X_3$ )	Deseabilidad
B1	-1	-1	-1	0
B2	+1	-1	-1	0.635
B3	-1	+1	-1	0.636
B4	+1	+1	-1	0.794
B5	-1	-1	+1	0.447
B6	+1	-1	+1	0.387
B7	-1	+1	+1	0.440
B8	+1	+1	+1	0.421
B9	0	0	0	0.726
B10	0	0	0	0.717
B11	0	0	0	0.585
B12	0	0	0	0.745

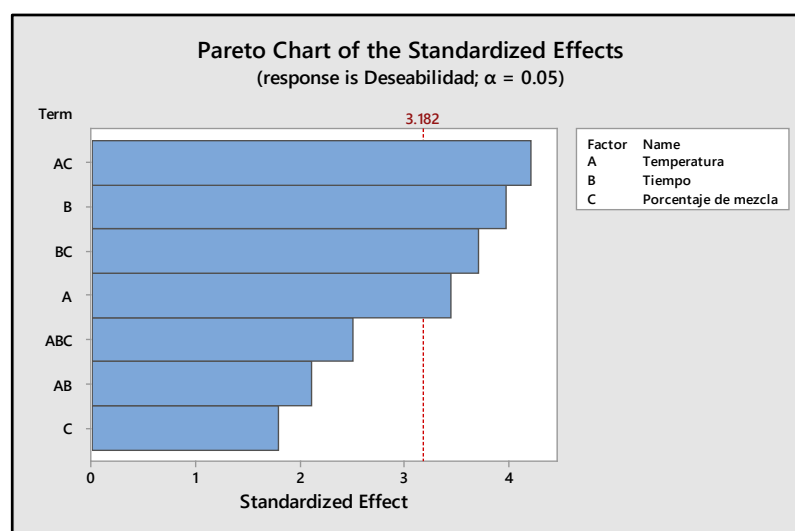
Los valores de la Tabla 3.11 fueron cargados en el programa Minitab 17, en donde se aplicó el análisis estadístico debido y se evaluó la significatividad de los diferentes factores y de sus interacciones (Tabla 3.12).

**Tabla 3.12** Matriz del modelo de regresión para el diseño factorial multinivel  $2^3$

Nº. Exp.	Temperatura ( $X_1$ )	Tiempo ( $X_2$ )	Sustitución ( $X_3$ )	$X_1 X_2$	$X_1 X_3$	$X_2 X_3$	$X_1 X_2 X_3$
B11	-1	-1	-1	+1	+1	+1	-1
B2	+1	-1	-1	-1	-1	+1	+1
B3	-1	+1	-1	-1	+1	-1	+1
B4	+1	+1	-1	+1	-1	-1	-1
B5	-1	-1	+1	+1	-1	-1	+1
B6	+1	-1	+1	-1	+1	-1	-1
B7	-1	+1	+1	-1	-1	+1	-1

B8	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1
B9	0	0	0	0	0	0	0
B10	0	0	0	0	0	0	0
B11	0	0	0	0	0	0	0
B12	0	0	0	0	0	0	0

Al evaluar esta matriz, incluyendo los resultados expresados en la función deseabilidad, identificamos los factores estadísticamente significativos que se pueden representar a través del diagrama de Pareto (Figura 3.6)



**Figura 3.6** Diagrama de Pareto para el pan elaborado con harina de semillas germinadas

En el diagrama de Pareto se distinguen los factores que son estadísticamente significativos al 95% ( $\alpha=0.05$ ) de aquellos que no lo son. Las variables e interacciones que superan la línea de referencia (3.182) son significativas. Así, aunque el porcentaje de sustitución (C) por sí solo no es significativo, sí lo son sus dos interacciones (AC y BC); mientras que la temperatura (A) y el tiempo (B) de germinación son significativos de forma individual, su interacción (AB) no lo es. Del mismo modo, la interacción de los tres factores (ABC) tampoco es significativa. De todas formas, al ser significativos los tres factores analizados, ya sea de forma individual o a través de sus interacciones en al menos en una de las combinaciones que superaron la línea de referencia, se considera que los tres factores son significativos para la optimización del pan. La interacción Temperatura de germinación – Porcentaje de sustitución es la que tiene mayor influencia.

Luego de verificarse la significatividad de las tres variables estudiadas, se obtuvo la ecuación respuesta para la función deseabilidad (Ecuación 5), en la cual se han omitido los valores que no son significativos, de acuerdo al diagrama de Pareto.

$$F.D = 0.4700 + 0.0893 \text{ Temp.} + 0.1027 \text{ Tiempo} - 0.1090 \text{ Temp.} * \% \text{ Sustitución} - 0.0960 \text{ Tiempo} * \% \text{ Sustitución} \text{ (Ecuación 5)}$$

Los signos que se observan en la ecuación nos permiten conocer si los efectos de los factores y de sus interacciones mejoran la función deseabilidad del pan si son más altos (signo positivo) o si son más bajos (signo negativo). Así, por ejemplo, los signos positivos de los coeficientes temperatura y tiempo, significan que a mayor temperatura y tiempo de germinación de la semilla de cañihua, mejor será el pan. Siendo que el coeficiente del tiempo es mayor que el de la temperatura, su efecto será más determinante en el pan. Por otro lado, las interacciones del tiempo y de la temperatura con el porcentaje de sustitución son negativas, siendo que los coeficientes de la temperatura y tiempo son positivos, el signo del porcentaje de sustitución tiene que ser negativo, lo que significa que mientras menor sea el porcentaje de sustitución, mejor función de deseabilidad tendrá el pan. Siendo que la interacción temperatura – porcentaje de sustitución tiene el mayor coeficiente, su efecto será el más relevante, lo cual se verifica también al observar en el diagrama de Pareto (Figura 3.6), esta interacción sería la más importante a tomar en cuenta durante la elaboración del pan con harina de semillas de cañihua germinada.

### 3.10 Análisis físicoquímicos y sensoriales del pan enriquecido con harina de cañihua germinada

#### 3.10.1 Análisis del volumen específico del pan

El volumen específico de cada una de las muestras se determinó por duplicado (Tabla 3.13 y Anexo 9).

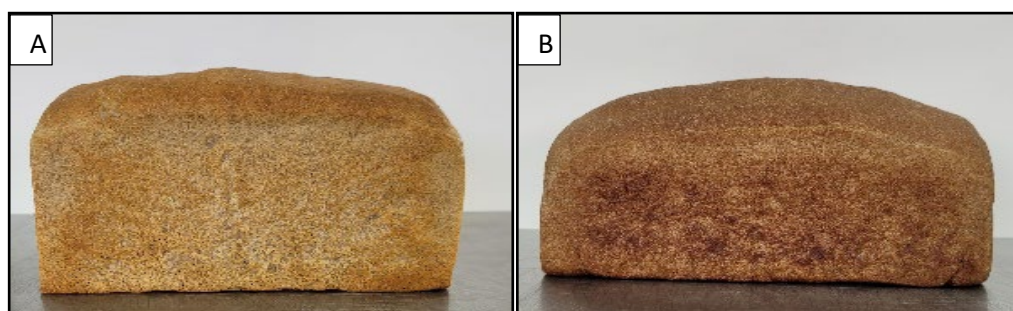
**Tabla 3.13** Volumen específico de los panes

Nº. Exp	Temperatura (X <sub>1</sub> )	Tiempo (X <sub>2</sub> )	Sustitución (X <sub>3</sub> )	Peso (g)	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Volumen específico (cm <sup>3</sup> /g)
B1	-1	-1	-1	226.12±0.32 <sup>c</sup>	605±7.07 <sup>b</sup>	2.68±0.03 <sup>cd</sup>
B2	+1	-1	-1	225.21±0.33 <sup>bc</sup>	645±0.01 <sup>d</sup>	2.86±0.01 <sup>f</sup>
B3	-1	+1	-1	224.99±0.64 <sup>bc</sup>	632.5±3.54 <sup>cd</sup>	2.81±0.02 <sup>ef</sup>
B4	+1	+1	-1	222.71±0.1 <sup>ab</sup>	692.5±3.54 <sup>e</sup>	3.11±0.02 <sup>g</sup>
B5	-1	-1	+1	228.955±0.63 <sup>d</sup>	547.5±3.54 <sup>a</sup>	2.39±0.01 <sup>a</sup>
B6	+1	-1	+1	225.795±0.043 <sup>c</sup>	537.5±3.54 <sup>a</sup>	2.38±0.02 <sup>a</sup>
B7	-1	+1	+1	225.89±0.64 <sup>c</sup>	557.5±3.54 <sup>a</sup>	2.47±0.01 <sup>ab</sup>
B8	+1	+1	+1	221.04±0.04 <sup>a</sup>	605±7.07 <sup>b</sup>	2.73±0.03 <sup>de</sup>
B9	0	0	0	224.3±0.33 <sup>bc</sup>	672.5±3.54 <sup>e</sup>	3.0±0.02 <sup>g</sup>
B10	0	0	0	229.29±0.325 <sup>d</sup>	612.5±3.54 <sup>bc</sup>	2.67±0.02 <sup>cd</sup>
B11	0	0	0	230.88±1.287 <sup>d</sup>	597.5±17.67 <sup>b</sup>	2.59±0.09 <sup>bc</sup>
B12	0	0	0	224.53±1.287 <sup>bc</sup>	637.5±3.54 <sup>cd</sup>	2.84±0.01 <sup>ef</sup>

Diferentes letras en la misma columna indican diferencias significativas entre las muestras

(n=2)

La tabla 3.13 evidencia que las muestras que presentaron mayor volumen específico fueron la B4, que se elaboró con un 10% de harina proveniente de semillas de cañihua germinada a  $22^{\circ}\text{C} \times 60\text{h}$  ( $3.11 \pm 0.02 \text{ cm}^3/\text{g}$ ) (Figura 3.7a) y la muestra B9 cuyas semillas germinaron a  $18^{\circ}\text{C} \times 42\text{h}$ , con un porcentaje de sustitución del 20% ( $3.0 \pm 0.02 \text{ cm}^3/\text{g}$ ). Estadísticamente estas muestras presentan una diferencia significativa en relación a las demás muestras de pan elaborado en las diferentes condiciones experimentales. Este resultado podría estar relacionado con el porcentaje de semillas germinadas, puesto que fueron panes elaborados con semillas cuyos valores fueron altos en ese aspecto. Cuando las semillas germinan se intensifican procesos de hidrólisis de los almidones que van a aumentar la disponibilidad de azúcares reductores para que las levaduras puedan metabolizarlos y producir gas carbónico, que aumentará el volumen de la masa; sin embargo, a porcentajes muy elevados de sustitución, el debilitamiento de la malla glutínica y el propio peso de la harina de sustitución hacen que el desarrollo de volumen de la masa, disminuya nuevamente. Por el contrario, las muestras con menor volumen específico son las B5, B6 y B7 (Figura 3.7); entre las cuales no existen diferencias estadísticamente significativas y cuyos valores van de  $2.38 \pm 0.02$  a  $2.47 \pm 0.01 \text{ cm}^3/\text{g}$ . Las tres muestras fueron elaboradas con 30% de sustitución, variando solamente las temperaturas y tiempos de germinación entre ellas. Aparentemente, a mayor porcentaje de sustitución, menor será el volumen específico del pan, resultado que se asemeja al obtenido con el diseño experimental aplicado, donde observamos que, a menor porcentaje de sustitución, mayor es la función de deseabilidad resultante (sección 3.10).



**Figura 3.7** Volumen específico de los panes

**A:** Experimento B4.  $22^{\circ}\text{C} \times 60\text{h}$  -10%. **B:** Experimento B6.  $22^{\circ}\text{C} \times 24\text{h}$  - 30%

La muestra B4, además de presentar el mayor volumen específico, presenta también el mayor porcentaje de germinación. Esta muestra fue germinada bajo las mayores condiciones de tiempo y temperatura dentro del rango de estudio (Tabla 2.2). Existen estudios que demuestran que la germinación es capaz de aumentar el volumen específico del pan (Suárez-Estrella et al., 2020), lo cual podría relacionar el mayor porcentaje de semillas germinadas con el mayor volumen específico identificado en esta muestra en particular. Por el contrario, aunque la diferencia de volumen específico entre las muestras B4 y B9 no es significativa, la muestra B9 tiene un menor porcentaje de semillas germinadas, haciendo que sea necesario profundizar en este estudio para poder demostrar o negar esta posible relación.

El gluten es la proteína del trigo que le confiere fuerza a la harina y propiedades de cohesividad, estabilidad y viscoelasticidad a la masa de panificación (Badui, 2006). La harina de cañihua no contiene gluten, por lo cual, intentar elaborar un pan solo con harina de cañihua resultaría en un pan con menor volumen específico (1.85 a 2.84 cm<sup>3</sup>/g en panes libres de gluten) (Pongjaruvat et al., 2014). Esto podría explicar el menor volumen específico encontrado en las muestras 5, 6 y 7, cuyo porcentaje de sustitución es del 30% (Tabla 3.14).

López et al., (2022) elaboraron pan con harina germinada de amaranto, cañihua y harina de trigo en diferentes sustituciones, encontrando que, al aumentar el porcentaje de harina de trigo y disminuir el porcentaje de harina de amaranto y cañihua germinada, se incrementa el volumen específico del pan. Estos resultados corroboran los nuestros, ya que panes con el mayor porcentaje de sustitución de harina de cañihua germinada (30%) menor fue el volumen específico del pan obtenido, en consecuencia, una variación del porcentaje de las harinas varía significativamente el volumen específico del pan.

Lamentablemente, no se encontraron estudios realizados únicamente con harina de cañihua germinada en la elaboración del pan; sin embargo, los resultados obtenidos se los comparó con estudios realizados con la harina de quinua germinada con un porcentaje de sustitución del 10%, cuyo volumen específico fue de 3.18±0.04cm<sup>3</sup>/g (Suárez-Estrella et. al., 2020), valor ligeramente mayor respecto al pan de cañihua de este estudio (3.11±0.02 cm<sup>3</sup>/g) (Tabla 3.14) con el mismo porcentaje de sustitución. La variación en estos resultados puede ser debida a los diferentes pseudocereales utilizados. Podría ser interesante determinar la cantidad de azúcares simples liberados durante la germinación de la cañihua, puesto que estos podrían aportar al aumento del volumen específico, al constituir el sustrato que alimentará a las levaduras y acelerará la formación de gas durante el proceso de leudado.

Al comparar los panes elaborados con harina de cañihua obtenida de granos germinados con un pan elaborado con harina de cañihua sin germinar (10% de sustitución) (Tabla 3.15), se observó que, para un mismo porcentaje de sustitución (10%), los panes con menor volumen específico (2.68±0.06 cm<sup>3</sup>/g) fueron los elaborados con harina de semillas sin germinar y con harina obtenida de semillas apenas germinadas, es decir: BSG 10 y B1 (14°C x 24h). Estas muestras fueron seguidas por B2 y B3 (sin diferencias significativas entre ellos); mientras que, como ya se indicó previamente, el pan elaborado con la harina obtenida de las mayores condiciones de temperatura y tiempo de germinación (B4, 22°C x 60h) presentó el mayor volumen específico.

Estas diferencias podrían deberse a la disponibilidad de azúcares simples que se esperaría de la hidrólisis de los almidones a consecuencia de la germinación (Richter et al., 2014), a los que pueden acceder las levaduras de la masa del pan, aumentando su volumen. Efectivamente, los panes con menor volumen específico fueron los que presentaron menor porcentaje de semillas germinadas BSG 10 y B1 (0%), seguidos por B2 y B3 (9 y 25%, respectivamente) y el mayor volumen específico se observó en B4, cuyo porcentaje de

semillas germinadas fue del 43%. Estos resultados se asemejan a los reportados por Guardianelli (2022) y por Suárez-Estrella et al, (2020), quienes señalaron que los panes elaborados con quinua germinada presentaron un aumento significativo de su volumen específico en relación a los panes elaborados con harina de quinua sin germinar.

**Tabla 3.14** Volumen específico de los panes elaborados con semillas germinadas y sin germinar

Nº. Exp	Temperatura (X <sub>1</sub> )	Tiempo (X <sub>2</sub> )	Sustitución (X <sub>3</sub> )	Volumen específico (cm <sup>3</sup> /g)
B1	-1	-1	-1	2.68±0.03 <sup>e</sup>
B2	+1	-1	-1	2.86±0.01 <sup>g</sup>
B3	-1	+1	-1	2.81±0.02 <sup>fg</sup>
B4	+1	+1	-1	3.11±0.02 <sup>i</sup>
B5	-1	-1	+1	2.39±0.01 <sup>ab</sup>
B6	+1	-1	+1	2.38±0.02 <sup>a</sup>
B7	-1	+1	+1	2.47±0.01 <sup>b</sup>
B8	+1	+1	+1	2.73±0.03 <sup>ef</sup>
B9	0	0	0	3.0±0.02 <sup>h</sup>
B10	0	0	0	2.67±0.02 <sup>de</sup>
B11	0	0	0	2.59±0.09 <sup>c</sup>
B12	0	0	0	2.84±0.01 <sup>g</sup>
BSG 10	Sin germinar		-1	2.68±0.06 <sup>e</sup>

Diferentes letras en la misma columna indican diferencias significativas entre las muestras.

( $p < 0.05$ ) (n=2)

### 3.10.2 Aceptabilidad del pan por parte del consumidor

La aceptabilidad del pan se obtuvo gracias a las evaluaciones sensoriales realizadas por los diferentes catadores. Estos datos fueron tabulados en Microsoft Excel, lo que permitió la construcción de la matriz de las medianas (Anexo 8). Los atributos evaluados fueron 15 en total, el mayor puntaje en las fichas de catación fue de 7 para cada atributo, dando una puntuación máxima posible de 105, lo cual corresponde al 100% y el menor puntaje para cada atributo fue 1 dando una puntuación mínima posible de 15, siendo este el 0%. A partir de esto se calculó la puntuación porcentual para cada experimento (Tabla 3.15).

**Tabla 3.15** Puntuación del pan con harina de cañihua germinada y su porcentaje equivalente

Nº. Exp.	Temp. (°C) (X <sub>1</sub> )	Tiempo (h) (X <sub>2</sub> )	% Sustitución (X <sub>3</sub> )	Puntuación Final	Puntuación Acumulada	Puntaje Porcentual (%)
B1	-1	-1	-1	6	79	71.1
B2	+1	-1	-1	6	81	73.3
B3	-1	+1	-1	6	78	70
B4	+1	+1	-1	6	89	82.2
B5	-1	-1	+1	6	85	77.8
B6	+1	-1	+1	6	83	75.6
B7	-1	+1	+1	5	73	64.4
B8	+1	+1	+1	5	84	76.7
B9	0	0	0	6	84	76.7
B10	0	0	0	6	86	78.9
B11	0	0	0	6	87	80
B12	0	0	0	6	88	81.1

Es posible obtener un pan con color y sabor característico y agradable al utilizar un porcentaje de sustitución del 20% de harina de cañihua sin germinar (Hurtado & Rodríguez, 2011). La muestra B4, que corresponde al pan elaborado con semillas germinadas a 22°C por 60 horas y con el menor porcentaje de sustitución (10%) presentó mayor puntuación porcentual (82.2%); por el contrario, la muestra B7 (14°C por 60 horas con el 30% de sustitución) tuvo un puntaje del 64.4%, que fue el menor resultado entre las muestras evaluadas (Tabla 3.15). Los granos germinados y sus productos derivados suelen caracterizarse por un sabor dulce, debido a la formación de azúcares simples que pueden enmascarar gustos típicos del pan integral; además, Cruz-Mamani (2017) señala que, a medida que el tiempo de germinación transcurre, aumenta el contenido de azúcares mientras que el almidón disminuye en los granos germinados de cañihua.

### 3.10.3 Análisis de la humedad de la miga

La humedad de la miga de cada una de las muestras se determinó por triplicado, incluyendo la miga de los panes elaborados con harina de cañihua sin germinar (Tabla 3.16).

**Tabla 3.16** Humedad de la miga de pan elaborado con semillas de cañihua germinadas y sin germinar

N°. Experimento	Humedad (%)
1	44.03 ± 0.01 <sup>de</sup>
2	45.07±0.01 <sup>f</sup>
3	43.62±0.01 <sup>c</sup>
4	44.17±0.01 <sup>e</sup>
5	44.01±0.01 <sup>de</sup>
6	43.80±0.01 <sup>cd</sup>
7	44.91±0.01 <sup>f</sup>
8	42.43±0.01 <sup>a</sup>
9	43.65±0.01 <sup>c</sup>
10	44.10±0.01 <sup>de</sup>
11	43.30±0.01 <sup>b</sup>
12	44.15±0.01 <sup>e</sup>
BSG 10	45.38±0.01 <sup>g</sup>
BSG 20	45.05±0.01 <sup>f</sup>

Diferentes letras en la misma columna indican diferencias significativas entre las muestras ( $p < 0.05$ ). (n=3)

Como se evidencia en la Tabla 3.16, B8 (22°C por 60 horas y 30% de sustitución) es el pan más seco de todas las muestras elaboradas (42.43±0.01% de humedad). Por el contrario, las muestras B2 y B7 son las más húmedas con valores de humedad de la miga alrededor de 45%. Interesantemente, las dos muestras presentan condiciones experimentales opuestas (Tabla 3.16 y Tabla 2.4), esto podría indicar que los factores experimentales analizados no influyen en la humedad de la miga del pan elaborado, sino que pueden ser otros factores los que estuvieran determinando este resultado. Aunque las condiciones experimentales se mantuvieron constantes, existen factores que no son fácilmente controlables y que podrían explicar estos resultados, por ejemplo, el porcentaje de absorción y retención de agua por parte de la harina de cañihua germinada. En cualquier caso, todas las muestras analizadas tienen porcentajes de humedad dentro de lo normal para la miga de panes elaborados con semillas de pseudocereales germinados. Efectivamente, la humedad de la miga del pan está entre 42.43±0.01 y 45.07±0.01%, valores que coinciden con aquellos reportados para el pan elaborado con semillas de quinua germinada (entre 41.9±0.7 y 44.1±0.1%) (Suárez-Estrella, 2019); sin embargo, en el citado estudio no se atribuye la diferencia de humedad a ninguna razón en particular y se utiliza solamente para controlar su evolución durante 72 horas.



Además, se compararon estos resultados con los panes elaborados con semillas sin germinar, donde se evidencia que para un mismo porcentaje de sustitución (10%) las muestras más húmedas son BSG 10 ( $45.38 \pm 0.01$ ) (Tabla 3.16), seguida por la muestra B2 ( $45.07 \pm 0.01$ ), cuyo porcentaje de germinación fue del 9%; mientras que la muestra BSG 20 (semilla sin germinar con un porcentaje de sustitución del 20%) presenta ( $45.05 \pm 0.01$ ). Por el contrario, la muestra más seca es la B8 ( $42.43 \pm 0.01$ ) con un porcentaje de sustitución del 30%, cuyo porcentaje de germinación fue del 43%. Aparentemente, las semillas con mayor porcentaje de germinación presentarían los valores menores de humedad de su miga. Jiménez et al., (2019), reportaron que los valores de actividad de agua disminuyeron en la harina de quinua blanca germinada frente a la quinua sin germinar, esto podría relacionarse con los resultados obtenidos en este estudio, ya que la muestra B8 es la más seca, mientras que la muestra BSG 10 es la más húmeda. Así mismo, la humedad de la miga podría estar relacionada con el porcentaje de sustitución y de germinación de las semillas, ya que a menor porcentaje de germinación y sustitución, las muestra BSG 10 y B2 tienden a ser más húmedas en relación a B8. (Guardianelli, 2022), señala que este comportamiento puede atribuirse a la naturaleza y al mayor contenido de proteínas de las semillas germinadas, mismas que establecen una interacción más fuerte con el agua por la presencia de almidones y fibras, lo que conduce a una alta absorción, dejando en evidencia que un aumento de actividad del agua sugiere una mayor disponibilidad de agua. La muestra BSG 10 y B8 presentan diferencias significativas entre ellas, corroborando que la humedad de la miga del pan puede estar relacionada a otros factores.

Un pan con un alto porcentaje de humedad tendrá una textura suave, mientras que un pan con un bajo porcentaje de humedad tendrá una textura más seca y crujiente (Quintanar, 2023), por lo que sería de esperarse que, si se hiciera un estudio de textura, las muestras B2, B7, BSG 10 y BSG 20 deberían tener migas más suaves que las demás muestras.

#### 3.10.4 Análisis colorimétrico de la miga de los panes

La colorimetría de la miga de cada una de las muestras se determinó por cuadruplicado (Tabla 3.17 y Anexos 9, 10, 11).

**Tabla 3.17** Colorimetría de la miga

Nº. Experimento	Muestra	L	a	b
1	B1	$50.33 \pm 1.07^d$	$3.63 \pm 0.40^a$	$15.45 \pm 0.37^{abc}$
2	B2	$49.65 \pm 2.14^d$	$3.75 \pm 0.62^a$	$15.38 \pm 0.66^{abc}$
3	B3	$50.65 \pm 0.89^d$	$3.37 \pm 0.67^a$	$15.28 \pm 0.55^{abc}$
4	B4	$49.58 \pm 1.62^d$	$3.55 \pm 0.66^a$	$14.75 \pm 0.57^a$
5	B5	$41.18 \pm 0.96^{abc}$	$7.20 \pm 0.24^c$	$16.28 \pm 0.39^{cd}$
6	B6	$42.25 \pm 1.44^c$	$6.90 \pm 0.22^{bc}$	$16.15 \pm 0.19^{bcd}$

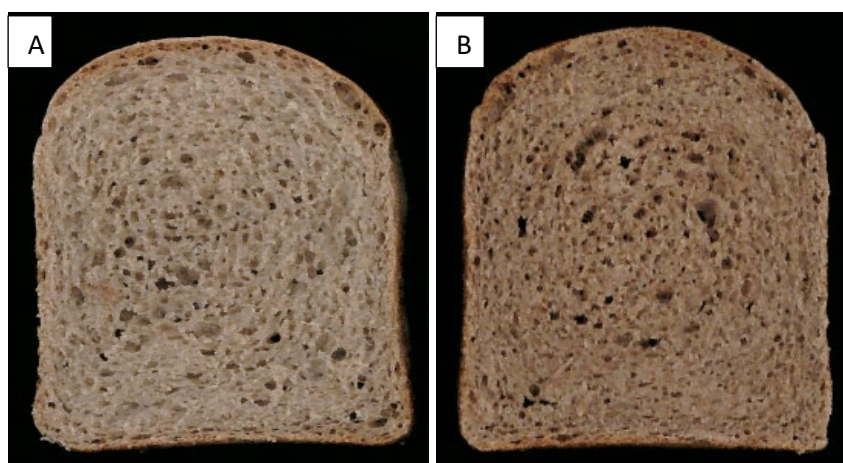
7	B7	38.30±1.01 <sup>a</sup>	7.15±0.31 <sup>c</sup>	14.83±0.43 <sup>a</sup>
8	B8	38.80±0.48 <sup>ab</sup>	6.60±0.66 <sup>bc</sup>	14.83±0.40 <sup>a</sup>
9	B9	43.18±1.46 <sup>c</sup>	5.68±0.32 <sup>b</sup>	15.05±0.53 <sup>ab</sup>
10	B10	43.58±1.31 <sup>c</sup>	6.48±0.51 <sup>bc</sup>	16.23±0.39 <sup>cd</sup>
11	B11	43.75±1.97 <sup>c</sup>	6.25±0.66 <sup>bc</sup>	16.63±0.26 <sup>d</sup>
12	B12	41.73±0.39 <sup>bc</sup>	6.23±0.37 <sup>bc</sup>	15.38±0.60 <sup>abc</sup>

Diferentes letras en la misma columna indican diferencias significativas entre las muestras.

( $p < 0.05$ ) (n=4)

El color es un parámetro muy importante dentro de la industria de los alimentos ya que es el primer atributo de los productos en el que se fija el consumidor; sin embargo, cada persona percibe el color en una forma distinta, por lo que resulta ser subjetiva. Esta subjetividad se supera utilizando parámetros estandarizados de color como CIE L\*a\*b\*, que nos permite comparar un color con otro con precisión al asignar valores numéricos.

Entre los panes que incluyeron harina de semillas germinadas, las muestras con mayores valores de "L" y menores de "a" son las 4 primeras, que significa que son las más claras (valores L) y que menor tendencia al rojo (valores a) presentan. De acuerdo al diseño experimental (Tabla 2.4), estas muestras son aquellas que tienen el menor porcentaje de sustitución (10%). Es decir que a medida que se aumenta el contenido de harina de cañihua en el pan, este se va volviendo más oscuro y con mayor tendencia al rojo. Luego de estas, las muestras de B9 a B12 (20% de sustitución) fueron las de valores más altos de luminosidad, confirmando esta tendencia. Las muestras más oscuras fueron B5, B7 y B8, todas ellas elaboradas con el 30% de sustitución (Figura 3.8). Por otro lado, el tiempo y temperatura de germinación de las semillas no parecen ser relevantes en el color del pan.



**Figura 3.8** Ejemplo de la colorimetría de los panes, medidos en el espacio CIEL\*a\*b

**A:** Mayor Luminosidad (muestra B3). **B:** Menor Luminosidad. (muestra B7)

Finalmente, para la coordenada colorimétrica "b" las muestras B5, B6, B10 y B11 presentan la mayor tendencia hacia el color amarillo, mientras que las muestras B1, B2, B3, B4, B7, B8, B9 y B12 son las que presentan la menor tendencia hacia el amarillo. Estos resultados no

confirmarían lo reportado por Zegarra et al., (2019), quienes elaboraron pan a base de harina de cañihua sin germinar, y reportaron que el valor de “b” disminuye mientras aumenta el contenido de harina de cañihua; sin embargo, de acuerdo a nuestros resultados, no se evidencia claramente que esto suceda; sin embargo, estos resultados pueden verse afectados por la variedad de las semillas y por la aplicación del proceso de germinación.

Los resultados obtenidos se compararon con panes elaborados con semillas sin germinar (BSG 10 y BSG 20) (Tabla 3.18). BSG 10 fue la muestra más clara de todas ( $L=54.83\pm 0.98$ ), no solo respecto a aquellas con el 10% de sustitución, las cuales son las siguientes en luminosidad; se observa que la intensidad de la germinación que se aplique a las semillas no influye en la luminosidad del pan cuando se utiliza un 10% de sustitución. Por otro lado, cuando se utiliza un 30% de sustitución, las muestras germinadas por más tiempo (B7 y B8) son más oscuras que aquellas germinadas por menos tiempo (B5 y B6), posiblemente debido al nivel de hidrólisis de los almidones que se esperaría para esas muestras (mayor cantidad de azúcares reductores que confieran tonalidades más oscuras a la miga del pan).

Cuando los valores de “a” son positivos, significa que las muestras tienden al rojo, como es el caso de todos los panes aquí analizados; sin embargo, valores menores indican una menor tendencia a ese color; así, las muestras con un 10% de sustitución son las que presentaron los menores valores de “a” (menor tendencia al rojo), mientras que los panes con 30% de sustitución tienden más al rojo (B5 al B8).

Según Lerma Humpire, (2021), cuando la humedad de los panes de cañihua sin germinar va en aumento tienden a ser más oscuros. En este estudio, la miga de la muestra BSG 10 es más húmeda que las de los panes elaborados con harina de semillas germinadas que contienen ese mismo porcentaje de sustitución (Tabla 3.18); sin embargo, es más clara que ellos. Esta diferencia podría deberse precisamente al proceso de germinación, y que se ha demostrado que aumenta el contenido de azúcares reductores, los cuales oscurecen la miga del pan.

Finalmente, para la coordenada colorimétrica “b”, Zegarra et al., (2019) indican que a medida que aumenta el contenido de cañihua aumenta la tendencia hacia el amarillo; en nuestro caso, esa tendencia no se observa con claridad, posiblemente, debido que estamos utilizando semillas germinadas bajo diferentes condiciones.

**Tabla 3.18** Colorimetría de la miga de pan elaborado con semillas germinadas y sin germinar

N°. Experimento	Muestra	L	a	b
B1	B1	$50.33\pm 1.07^f$	$3.63\pm 0.40^a$	$15.45\pm 0.37^b$
B2	B2	$49.65\pm 2.14^f$	$3.75\pm 0.62^a$	$15.38\pm 0.66^{ab}$
B3	B3	$50.65\pm 0.89^f$	$3.37\pm 0.67^a$	$15.28\pm 0.55^{ab}$

B4	B4	49.58±1.62 <sup>f</sup>	3.55±0.66 <sup>a</sup>	14.75±0.57 <sup>a</sup>
B5	B5	41.18±0.96 <sup>b</sup>	7.20±0.24 <sup>f</sup>	16.28±0.39 <sup>c</sup>
B6	B6	42.25±1.44 <sup>bcd</sup>	6.90±0.22 <sup>fc</sup>	16.15±0.19 <sup>c</sup>
B7	B7	38.30±1.01 <sup>a</sup>	7.15±0.31 <sup>f</sup>	14.83±0.43 <sup>ab</sup>
B8	B8	38.80±0.48 <sup>a</sup>	6.60±0.66 <sup>def</sup>	14.83±0.40 <sup>ab</sup>
B9	B9	43.18±1.46 <sup>cd</sup>	5.68±0.32 <sup>bc</sup>	15.05±0.53 <sup>ab</sup>
B10	B10	43.58±1.31 <sup>cde</sup>	6.48±0.51 <sup>de</sup>	16.23±0.39 <sup>c</sup>
B11	B11	43.75±1.97 <sup>de</sup>	6.25±0.66 <sup>c</sup>	16.63±0.26 <sup>c</sup>
B12	B12	41.73±0.39 <sup>bc</sup>	6.23±0.37 <sup>cd</sup>	15.38±0.60 <sup>ab</sup>
BSG 10%		54.83±0.98 <sup>g</sup>	3.23±0.38 <sup>a</sup>	15.45±0.35 <sup>b</sup>
BSG 20%		45.08±1.59 <sup>e</sup>	5.13±0.15 <sup>b</sup>	16.2±0.14 <sup>c</sup>

Diferentes letras en la misma columna indican diferencias significativas entre las muestras.

( $p < 0.05$ ) (n=4)

## CONCLUSIONES

La granulometría de las semillas de cañihua analizadas está entre 0.71 y 1 mm, que se considera como pequeño de acuerdo con la Norma Técnica Peruana y se clasifica como clase B.

Las semillas tratadas con etanol alcanzaron mayores valores de humedad en menor tiempo lo cual permite disminuir el tiempo de remojo.

Durante la germinación de la cañihua es posible que se presente una elevada formación de moho, razón por la que es muy importante aplicar un tratamiento de sanitización a las semillas antes de germinarlas

El sanitizante empleado que resultó ser más efectivo para la sanitización de las semillas de cañihua fue el etanol al 75% por 3 minutos.

Mediante la utilización de modelos factoriales y métodos multicriterio se analizaron las condiciones de germinación de las semillas de cañihua, variedad *condornayra* para consumo directo, estableciéndose que existe una interacción significativa entre la temperatura – tiempo de germinación.

La exploración aplicada a semillas de cañihua para consumo directo evidenció una especie de “gran planicie elevada”, con valores de deseabilidad aceptables. De acuerdo a la forma de dicha planicie la germinación puede ser aceptable si se aplica un proceso rápido a alta temperatura (22°C por 24 h) o uno lento a baja temperatura (14 °C por 60 h), además de condiciones intermedias.

Para la optimización del pan, los tres factores analizados (temperatura, tiempo y porcentaje de sustitución) son significativos, ya sea de forma individual o a través de sus interacciones; sin embargo, la interacción temperatura de germinación – porcentaje de sustitución, es la que tiene mayor relevancia.

En base a los análisis fisicoquímicos del pan enriquecido con harina de cañihua germinada se concluye que, a menor porcentaje de sustitución (10%) y a mayores condiciones de temperatura y tiempo de germinación B4 (22°C x 60h), mayor será el volumen específico del pan.

Una variación en el porcentaje de sustitución altera significativamente el volumen específico y los panes elaborados con harina germinada presentan un aumento de su volumen específico en relación a los panes elaborados con harina de cañihua sin germinar.

Las semillas con mayor porcentaje de germinación presentarían los valores menores de humedad de su miga, así mismo, la humedad de la miga puede estar relacionada con el porcentaje de sustitución y germinación de las semillas.

Finalmente, desde el punto de vista colorimétrico, a medida que aumenta el contenido de harina de cañihua germinada, el pan se vuelve más oscuro y con una mayor tendencia al rojo, mientras que, para la coordenada colorimétrica "b" no se observa con claridad una tendencia hacia el amarillo a medida que se aumenta el contenido de harina de cañihua.

## Referencias bibliográficas

- AAFH. "Alcohol Etilico como Antiséptico y Desinfectante." Asociación Argentina de Farmacéuticos de Hospital. Argentina: Asociación Argentina de Farmacéutica de Hospital. (2020): 1-5.
- Abderrahim, F., Huanatico, E., Repo-Carrasco-Valencia, R., Arribas, S., Gonzalez, M., & Condezo-Hoyos, L. "Effect of germination on total phenolic compounds, total antioxidant capacity, Maillard reaction products and oxidative stress markers in canihua (*Chenopodium pallidicaule*). " *Journal of Cereal Science*, 56(2), (2012): 410-417.
- Andino, L., & Guascua, F. "Evaluación in Vitro de la actividad antagonista de las Bacterias Ácido Lácticas aisladas de alimentos fermentados sobre *Penicillium* sp y *Aspergillus* sp de granos de quinua." *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Riobamba*, (2021): 22-31.
- Apala, V. "Evaluación comparativa de la calidad nutricional de germinados de tres granos andinos (Quinua, Cañahua y Amaranto) con la alfa alfa, en el centro experimental de Cota, departamento de La Paz." *Universidad Mayor Pacensis Divi Andre, Facultad de Agronomía, La Paz, Bolivia*, (2021): 1-86.
- Apaza, V. "Manejo y mejoramiento de kañiwa." Puno, Perú: Instituto Nacional de Innovación Agraria, INIA-Puno, (2010): 8-41.
- Ardiles, M. "Cañihua: Cereal Andino para Mantener en Condiciones Óptimas el Cerebro." 43 Años. *Agronoticias*, (2019): 1-3.
- Arnau, J. "Métodos y técnicas avanzadas de análisis de datos en ciencias del comportamiento. Técnica de análisis de superficie de respuesta." (Primera ed.). Edicions Universitat de Barcelona. Barcelona, España, (1996): 47-48.
- Azcon, J., & Talon, M. "Fundamentos de Fisiología Vegetal." Espana: McGRAW-HILL Interamericana de España, S. L., (2013): 569.
- Badui Dergal, S. "Química de los Alimentos" (Cuarta ed.). Naucalpan de Juárez, México: Pearson. Educación, (2006): 209-224.
- Bartolo Estrella, D. "Influencia de la temperatura de tostado sobre el contenido de compuestos fenólicos totales y la capacidad antioxidante de la Cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) variedad Cupi." *Universidad Peruana Unión, Ingeniería en Industrias Alimentarias, Perú*, (2014): 35.
- Baskin, C., & Baskin, J. "Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination." San Diego, California: Elsevier, (2014): 5-19.
- Benique, E. "Impacto del cambio climático en el rendimiento de la producción de cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) en la Región-Puno." *SCIELO, Perú*, 21(2), (2019): 15.
- Bewley, D., Bradford, K., Hilhorst, H., & Nonogaki, H. "Seeds. Physiology of Development, Germination and Dormancy." London: Springer, (2013): 7-8.
- Blanco, T. "Alimentos Nativos del Perú al mundo." (Primera edición ed.). La Molina, Lima: Super Gráfica E.I.R.L., (2016):98

- Bravo, M., Reyna, J., Gómez Sánchez, I., & Huapaya, M. "Estudio químico y nutricional de granos andinos germinados de Quinoa (*Chenopodium Quinoa*) y Kiwicha (*Amarantus Caudatus*)." Universidad Nacional Mayor de San Marcos." Perú: Revista Peruana de Química e Ingeniería Química, (2013): 3.
- Bravo, R., Valdivia, R., Andrade, K., Padulosi, S., & Jager, M. "Granos Andinos. Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañihua y Kiwicha en Perú" FIDA, Resultados del proyecto IFAD - NUS I y II, Bolivia, (2010): 89-151.
- Castaño, J., & Zepeda, J. "Microorganismos Asociados con Granos Almacenados de Arroz, Maíz, Frijol, Soya y Chile, y Efectividad del Tratamiento Químico de la Semilla." Universidad Zambrano. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, (1987): 2-6.
- Castillo, W. "Desarrollo de productos de panificación saludables con alto contenido de compuestos bioactivos y actividad antioxidante a partir de harina de quinua (*Chenopodium Quinoa*) y cañihua (*Chenopodium Pallidicaule*) germinados." Escuela de Posgrado. Chimbote, Perú: Universidad Nacional del Santa, (2021): 11-29.
- Chavarry, M., Luzón, O., Mazzani, C., Garrido, M. J., Rumbos, N., & Figueroa, R. "Mohos asociados a granos de cebada (*Hordeum Vulgare*) distribuida en dos estados de Venezuela." Universidad Central de Venezuela, (2009). 1.
- Choquehuanca, F. "Determinación de mercado para galletas con cañihua germinada y chocolates con quinua expandida, en las ciudades de Arequipa, Cusco y Juliaca." Puno-Perú: Universidad Nacional del Altiplano, (2005): 1-78.
- Cruz, B. "Grados de temperatura, intensidades de luz y porcentajes de humedad relativa en la germinación de la cañihua (*Chenopodium canihua* Cook)." Puno, Perú: Universidad Nacional del Altiplano, (2019): 10-22.
- Cruz, N. "Valoración de las Cualidades Nutricionales de Germinados de tres variedades de Cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) bajo dos condiciones de Laboratorio de la Estación Experimental de Choquenaira. " Universidad Mayor de San Andrés, (2017): 13.
- Cuadra, C. "Germinacion, Latencia y Dormicion de las Semillas." (3/92 HD), (1993): 6-8.
- Duran, R., & Valenzuela, A. "La experiencia japonesa con los alimentos FOSHU ¿Los verdaderos alimentos funcionales?" Artículo de actualización, (2010): 37.
- Elguera, M. "Evaluación de la digestibilidad biológica de la proteína de germinado de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd)." Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Escuela de formación profesional de Ingeniería Agroindustrial . Ayacucho, Perú: Facultad de Ingeniería Química, (2017): 33.
- Espinoza, C., Jacobsen, S., & Repo de Carrasco, R. "Nutritional Value and Use of the Andean Crops Quinoa (*Chenopodium quinoa*) and Kan'iwa (*Chenopodium pallidicaule*)." (Vol. 19). Lima, Perú: Marcel Dekker, Inc., (2003): 19.
- FAO. "Norma general del Codex para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos." (1995). <[https://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/livestockgov/documents/CXS\\_193s.pdf](https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/livestockgov/documents/CXS_193s.pdf)>
- FAO. "Manual Para la Preparación y Venta de Frutas y Hortalizas." (2003). <<https://www.fao.org/3/y4893s/y4893s00.htm#Contents>>



- García, J. Ruiz, N., Lira, R., & Vera, I. "Técnicas Para Evaluar Germinación, Vigor y Calidad Fisiológica de Semillas Sometidas a Dosis de Nanopartículas." Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA). Saltillo, México: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, (2016): 10.
- Gil, A. *Tratado de Nutrición. Composición y Calidad Nutritiva de los Alimentos* (Vol. Tomo 2). (M. D. López, Ed.) Granada, España: Editorial Médica Panamericana S.A., (2010): 676.
- Gilbert, E. "Medida del color." Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. Valdivia, Chile: AgroSur., (2014): 3-9.
- Giménez, T., Mamani, F., & Canaviri, W. "El Arte de Cultivar Cañahua." La Paz, Bolivia: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA)., (2017): 11-14.
- Gonzales, C. "Comportamiento agronómico de dos variedades y un ecotipo de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) con tres densidades de siembra en condiciones de la irrigación." (2019): 18-26.
- Guardianelli, L.. "Mejora nutricional de harinas de amaranto y quinoa. Aplicaciones en panes de trigo saludables." Universidad Nacional de la Plata, Departamento de Química, Buenos Aires, Argentina, (2022): 231.
- Gündüz, M. "Lactic acid production from whey by *Lactococcus casei* NRRL B-441 immobilized in chitosan stabilized Ca-alginate beads." Izmir, Turkiye., (2005): 13-20.
- Gutiérrez, H., De la Vara, R. "Análisis y diseño de experimentos." McGrae-Hill (2012): 163-451.
- Huamanchumo, W. "Pseudocereales Andinos: Valor Nutritivo y Aplicaciones para Alimentos Libres de Gluten." Trabajo fin de Máster Universitario en Gestión de la Seguridad y Calidad Alimentaria, Universidad Politécnica de Valencia, Instituto de Ingeniería de Alimentos para el Desarrollo, Valencia, España., (2020): 4-21.
- Huayllas, I., Bonifacio, A., & Blanco, M. "Valoración de las cualidades nutricionales de germinados de cinco variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) bajo condiciones atemperadas en el Centro Experimental Cota Cota." Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia: Revistas Bolivianas., (2019): 34.
- Hurtado, J., Rodríguez, J. "Elaboración de una bebida láctea enriquecida con harina de cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) y kiwicha (*Amaranthus caudatus*)." Universidad Nacional de Trujillo. Facultad de Ingeniería Química. Perú, (2011): 9
- INDECOPI. "Cañihua (*Chenopodium pallidicaule* A)". (8), (2018):5.
- Jacobsen, S., Mujica, A., & Ortiz, R. "La Importancia de los Cultivos Andinos." *Revista Venezolana de Sociología y Antropología*, 13(36) (2003): 5-11.
- Jiménez, M., Lobo, M., & Sammán. "12th IFDC 2017 Special Issue-Influence of germination of quinoa (*Chenopodium quinoa*) and amaranth (*Amaranthus*) grains on nutritional and techno-functional properties of their flours." *Journal of Food Composition and Analysis*, (2019): 84.
- Leon, D. "Formulación de una bebida vegetal a partir de germinado y malteado de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) variedad Cupi." Universidad Peruana Unión, Escuela Profesional de Ingeniería de Alimentos, Lima, Perú., (2019): 14-26.

- Lerma, L. "Relación entre actividad de agua y propiedades físicas de granos de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en 26 acciones mediante análisis de imágenes." Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ciencias Agrarias, Puno, Perú., (2021): 62-121.
- López, D. "Desarrollo de productos de panificación saludables con alto contenido de compuestos bioactivos y actividad antioxidante a partir de harina de kiwicha (*Amaranthus caudatus*) y cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) germinados." Universidad Nacional del Santa, Programa de Doctorado en Ingeniería Agroindustrial, Nuevo Chimbore, Perú., (2022): 34-105.
- Lugo-Melchor, O., & Marmolejo, E. *Inocuidad en Granos. Inocuidad y trazabilidad en los alimentos mexicanos*, (2017).
- Mantilla, A. "Desarrollo y Germinación de Semillas." University of Santiago de Compostela. McGraw-Hill. España, (2016): 10-17.
- Marchorro Florián, V. "Determinación cualitativa y cuantitativa de benzoato de sodio en chiles jalapeños encurtidos de mayor consumo en la ciudad de Guatemala." Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Guatemala., (2006):19.
- Martínez, A., Allende, A., Bennett, R., Ferreres, F., & Gil, M. I. "Microbial, nutritional and sensory quality of rocket leaves as affected by different sanitizers." (Vol. 42). ELSEVIER, (2006): 42.
- Mejía, N; Alvarado, P., Vásquez, N. "Determinación de aflatoxinas en productos derivados de cereales de consumo humano en Mercados de Trujillo (Perú)." REBIOLEST. Revista Científica de Estudiantes, 2(2), (2014): 2.
- Morales, M., Ollgaard, B., Kvist, L., Borchsenius, F., & Balslev, H. "Botánica Económica de los Andes Centrales." Universidad Nacional de San Andrés, (2006): 452.
- Mujica, A., Jacobsen, S., Ortiz, R., Apaza, V., Dupeyrat, R., Canahua, A. "La cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en la nutrición humana del Perú." Universidad Nacional del Altiplano, (2002): 31-35.
- Nina, A. "Comportamiento Agronómico de diez Acciones de la cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen)." Universidad Nacional de San Agustín, Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Arequipa, Perú., (2014): 10.
- Nina, E. "Capacidad Antioxidante, Contenido Proteico y Hierro en el Proceso de Germinado y Secado de la Cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen)." Universidad Nacional de Juliaca, Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Juliaca, Perú., (2021): 20-41.
- NTE. Norma Técnica Ecuatoriana. Aditivos alimentarios permitidos para consumo humano. Listas positivas. Requisitos. INEN 2074, Ecuador, (2012).
- NTP. Norma Técnica Peruana. Granos andinos. Hojuela de quinua. Requisitos 205.061. Lima, Perú., (2013).
- NTP. *Estandarizando la calidad de los granos andinos. Norma Técnica Peruana para cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) Y kiwicha (*Amaranthus caudatus* L).* Lima, Perú., (2014).

- OMS. *Organización Mundial de la Salud*. Limpieza y sanitización de las superficies del entorno inmediato en el marco de la COVID-19: (2020). <<https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/332168/WHO-2019-nCoV-Disinfection-2020.1-spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>
- Paucar, L. *Universidad Nacional del Santa*. Chimbote, Perú., (2022). <<https://www.uns.edu.pe/#!/noticias/investigadores-de-uns-presentan-productos-snack-saludables-de-granos-andinos-germinados>>
- Pauro, T. "Evaluación del comportamiento de Almidones y Harinas de dos variedades de Cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) procesada para la preparación de harinas precocidas." Universidad Nacional del Altiplano, Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Puno, Perú., (2017): 33.
- Pita, J., & Perez, F. *Germinación de Semillas. Hojas Divulgadoras*(2090HD), (1998): 4.
- Poma, K. " Actividad antihipertensiva, hipocolesterolémica y antioxidante de hidrolizados proteicos de Cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) mediante estudios in vivo." Universidad Nacional Agraria la Molina, Facultad de Industrias Alimentarias, Lima, Perú., (2018): 18-76.
- Pongjaruvat, W., Methacanon, P., Seetapan, N., Asira, F., & Gamonpilas, C. "Influence of pregelatinised tapioca starch and transglutaminase on dough rheology and quality of gluten-free jasmine rice breads." *ELSEVIER*, 36, (2014): 143-450.
- Prudencio, V., & Vargas, M. "Compilación de estudios sobre la cañahua en Bolivia." Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Bolivia., (2018): 21.
- Quintanar, E. *PAN. Historia, ciencia y Arte: Una deliciosa aventura*. México: QUINTANAR. (2023):19-116.
- Quispe, J., Saldaña, J., Verde, T., & Valderrama, S. " Efecto del Sorbato de Potasio a diferentes concentraciones y tiempo de exposición sobre el ciclo celular y el material genético en Meristemos Radiculares de *Allium Cepa* L. (Cebolla)." Universidad Nacional de Trujillo. Revista del Encuentro Científico Internacional, Perú., (2010): 1-6.
- Racines, A. "Investigación de los Germinados de Lenteja, Quínoa, Zanahoria, Mostaza y su aplicación a la Gastronomía actual." Universidad Tecnológica Equinoccial (UTE) Ecuador, (2011): 8.
- Repo Carrasco, R., & et, a. "Flavonoids and other phenolic compounds in Andean indigenous grains: Quinoa (*Chenopodium quinoa*), kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) and kiwicha (*Amaranthus caudatus*)." *Food Chemistry*, 120(1), (2010): 1-5.
- Repo de Carrasco, R., Zelada, E., & Rene, C. "Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos de cereales andinos: quinua (*Chenopodium quinoa*), kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) y kiwicha (*Amaranthus caudatus*)." *Revista de Sociedad Química del Perú. Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*, 74(8), (2008): 3-15.
- Rettig, M. "El color en los alimentos un criterio de calidad medible." *AGROSUR. Universidad Austral de Chile*, 42(2), (2014): 5-6.
- Richter, K., Christiansen, K., & Guo, G. "Wheat sprouting enhances bread baking performance. *Cereal Foods World*." (2014): 231-233.

- Suárez-Estrella, D., Cardone, D., Buratti, S., Pagani, M & Marti, A. " Sprouting as a pre-processing for producing quinoa-enriched bread." ELSEVIER. *Journal of Cereal Science*, (2020): 1-7
- Suárez-Estrella, D. "Germination as a bio-technological process to enhance the use of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) in Cereal-bases products." *Universitas Studiorum Mediolanensis. Department of Food, Environmental and Nutritional Sciences*, (2019): 53-107.
- Suárez-Estrella, D., Torri, L., Pagani, M. & Marti, A. "Quinoa bitterness: causes and solutions for improving product acceptability." *Journal of the Science of Food and Agriculture. Review*, (2018): 1-9.
- Tapia, M., Gandarillas, H., Alandia, S., Cardozo, A., Mujica, A., Ortiz, R., & Otazu, V. *La Quinoa y la Kañihua-Cultivos Andinos*. Bogotá, Colombia: Oficina Regional para la América Latina (IICA). (1979): 214-217.
- Tapia, Mario; Bonifacio, Alejandro; Rojas, Wilfredo. "La Kañiwa o Kañawa (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). Grano Promisorio de los Andes Altos. Instituto Internacional de Recursos Fitogenicos (IPGRI), (2015): 2.
- Torres Chacón, K. J., & Chávez Montes, K. Y. "Efecto del ácido láctico y ácido cítrico, como sanitizante y antioxidante entre variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) germinada almacenada en refrigeración." *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú*, (2016): 36-84.
- Valenzuela, A., Nahuel, R., Mita, G., Zapana, F., Quilla, D., Miranda, R., & Ulrich, M. "Efecto de la germinación y cocción en las propiedades nutricionales de tres variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Will)." *Dialnet*, 17(2), (2015): 169-172.
- Valle Vega, P., & Lucas Florentino, B. "Toxicología de Alimentos. México, D.F.: Instituto Nacional de Salud Pública, (2000): 168.
- Varela, S., & Arana, V. "Latencia y germinación de semillas." *Tratamientos. Grupo de Ecología Forestal, INTA(3)*, (2010): 3.
- Vásquez Remache, B. "Modelos factoriales y métodos multicriterio para la optimización de las condiciones de germinación de quinua para consumo." *Universidad del Azuay, Escuela de Ingeniería de Alimentos , Ecuador*, (2022):
- Vega Castro, O. A., De Marco, R., & Di Riso, C. "Propiedades físicas y sensoriales de un pan fresco, con la adición de las Enzimas Lacasa, Xilanasa y Lipasa." *Revista EIA*, 12(24), (2015): 10.
- Wood, J. "Evaluation of Cooking Time in Pulses: A Review." (2016): 3-17.
- Wrigley, C., Corke, H., Seetharaman, K., & Faubion, J. *Encyclopedia of Food Grains*. (2da ed., Vol. 1). Inglaterra: ELSEVIER, (2016): 274-279.
- Zegarra, S., Muñoz, A. M., & Ramos, F. "Elaboración de un pan libre de gluten a base de harina de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) y evaluación de la aceptabilidad sensorial." *Revista Chilena de Nutrición*, 46(5), (2019): 2-6.

## Anexos

### Anexo 1: Ficha de catación de las semillas de cañihua germinadas y cocidas

Ficha de catación sensorial para semillas de cañihua germinada							
Agradezco su ayuda para realizar la degustación de las semillas de cañihua germinada. Por favor, en el orden que se solicite observe y deguste cada muestra y marque con una (X) el atributo que mejor defina su aceptación. Por consiguiente, le pedimos su cooperación contestando la siguiente encuesta con absoluta seriedad.							
Tómese el tiempo necesario para evaluar cada parámetro							
Nombre:		Muestra		Fecha			
Seleccione una opción del 1 al 7 para cada atributo, de acuerdo a lo indicado en la tabla de la escala hedónica (siendo "1" la valoración más baja y "7" la valoración más alta).							
Escala hedónica							
	1	2	3	4	5	6	7
Características	Me disgusta mucho	Me disgusta moderadamente	Me disgusta poco	No me gusta ni me disgusta	Me gusta poco	Me gusta moderadamente	Me gusta mucho
Visual							
	1	2	3	4	5	6	7
Aspecto							
Olfativo							
	1	2	3	4	5	6	7
Intensidad							
Aroma							
Gustativo							
	1	2	3	4	5	6	7
Gomosidad							
Suavidad							
Acidez							
Dulzor							
Amargor							
Astringencia							
Regusto							
Gusto							
Impresión global de la semilla de cañihua germinada							
	1	2	3	4	5	6	7
Aceptabilidad general							

**Anexo 2:** Ficha de catación para pan elaborado con harina de cañihua germinada

Ficha de catación sensorial para pan con harina de cañihua germinada							
Agradezco su ayuda para realizar la degustación de pan con harina de cañihua germinada. Por favor, en el orden que se solicite observe y deguste cada muestra y marque con una (X) el atributo que mejor defina su aceptación. Por consiguiente, le pedimos su cooperación contestando la siguiente encuesta con absoluta seriedad.							
Tómese el tiempo necesario para evaluar cada parámetro							
Nombre:		Muestra		Fecha			
Seleccione una opción del 1 al 7 para cada atributo, de acuerdo a lo indicado en la tabla de la escala hedónica (siendo "1" la valoración más baja y "7" la valoración más alta).							
Escala hedónica							
	1	2	3	4	5	6	7
Características	Me disgusta mucho	Me disgusta moderadamente	Me disgusta poco	No me gusta ni me disgusta	Me gusta poco	Me gusta moderadamente	Me gusta mucho
Visual							
	1	2	3	4	5	6	7
Color de la miga							
Alveolatura							
Aspecto							
Olfativo							
	1	2	3	4	5	6	7
Intensidad							
Aroma							
Textura							
	1	2	3	4	5	6	7
Firmeza corteza							
Firmeza miga							
Granulosidad							
Gustativo							
	1	2	3	4	5	6	7
Gomosidad							
Acidez							
Dulzor							
Amargor							
Regusto							
Gusto							
Impresión global del pan de cañihua germinada							
	1	2	3	4	5	6	7
Aceptabilidad general							

### **Anexo 3:** Indicaciones de la ficha de cata para semillas de cañihua germinada

#### **Instrucciones para la ficha de catación sensorial para semillas de cañihua germinada**

Por favor, lea detenidamente las instrucciones en caso de ser necesario acerca de cada uno de los diferentes parámetros a evaluar en la ficha de catación. De acuerdo a cada uno de los niveles en la escala hedónica, seleccione una opción del 1 al 7 de cada uno de los atributos, siendo "1" la puntuación más baja y "7" la puntuación más alta.

Considere lo siguiente para:

##### **Atributo Visual**

**Aspecto:** De acuerdo a su criterio marque si le gusta o disgusta el aspecto global de la semilla.

##### **Atributo olfativo**

**Intensidad:** Marque de acuerdo a los niveles indicados, si la intensidad del aroma de la semilla le gusta o le disgusta

**Aroma:** De acuerdo a su criterio marque si le gusta o disgusta el aroma de la semilla.

##### **Atributo gustativo**

**Gomosidad, suavidad, acidez, dulzor y amargor:** Marque de acuerdo a los niveles indicados, si le gusta o le disgusta.

**Nota:** Para realizar la valoración del parámetro regusto, tómese unos momentos luego de la ingesta de las semillas.

**Regusto:** Ingiera una cantidad de semillas y después de esperar el tiempo indicado, marque de acuerdo a su criterio si le gusta o le disgusta.

**Gusto:** Indique si le gusta o le disgusta el gusto global de las semillas.

**Anexo 4:** Indicaciones de la ficha de cata para pan con harina de cañihua germinada**Instrucciones para la ficha de catación sensorial para pan con harina de cañihua germinada**

Por favor, lea detenidamente las instrucciones en caso de ser necesario acerca de cada uno de los parámetros a evaluar en la ficha de catación, para ello tome en cuenta las características del pan "SUPAN" y compare con el pan de muestra. De acuerdo a cada uno de los niveles en la escala hedónica, seleccione una opción del 1 al 7 para cada uno de los atributos, siendo "1" la puntuación más baja y "7" la puntuación más alta.

Considere lo siguiente para:

**Atributo visual**

**Color de la miga:** Se evalúa la parte interior de la rodaja, de acuerdo a su criterio marque cuanto le gusta o disgusta.

**Alveolatura:** Se produce durante el proceso de fermentación del pan, en el cual se produce CO<sub>2</sub> y etanol, este gas queda atrapado dentro de la masa creando agujeros asimétricos, es decir, los alvéolos.

**Aspecto:** De acuerdo a su criterio marque si le gusta o le disgusta el aspecto global del pan.

Atributo olfativo:

**Intensidad:** Marque de acuerdo a los niveles indicados, si la intensidad del aroma del pan le gusta o le disgusta.

**Aroma:** De acuerdo a su criterio marque si le gusta o disgusta el aroma del pan.

**Atributo textura**

**Firmeza de la corteza:** Presione ligeramente desde la parte superior de la rodaja y valore si le gusta o no le gusta.

**Firmeza de la miga:** sobre el plato presione la zona central de la rebanada del pan y valore de acuerdo a su criterio,

**Granulosidad:** Pase de dos a tres veces su dedo sobre la superficie de la rodaja del pan y vea si se desase con facilidad la miga y valore de acuerdo a su criterio.

**Nota:** Para la evaluación de este atributo, tome solamente la parte central de la rebanada del pan.

**Atributo gustativo**

Gomosidad, acidez y amargor: Marque de acuerdo a los niveles indicados, si le gusta o le disgusta.

**Nota:** Para realizar la valoración del parámetro regusto, tómese tres minutos posteriores a la ingesta del pan.

**Regusto:** Ingiera un pedazo de pan y después de esperar el tiempo indicado, marque de acuerdo a su criterio si le gusta o le disgusta.

**Gusto:** Indique si le gusta o le disgusta el gusto global del pan.



**Anexo 5:** Ponderación de cada atributo sensorial de las semillas germinadas

<b>SEMILLAS GERMINADAS DE CAÑIHUA</b>		
<b>Respuestas</b>	<b>Atributos</b>	<b>Ponderación</b>
D1	Aspecto	3
D2	Intensidad	2
D3	Aroma	3
D4	Gomosidad	1
D5	Suavidad	2
D6	Acidez	1
D7	Dulzor	1
D8	Amargor	3
D9	Astringencia	2
D10	Regusto	3
D11	Gusto	7
D12	Aceptabilidad general	10
D13	Porcentaje de semillas germinadas	5

**Anexo 6:** Ponderación de cada atributo sensorial para la optimización del pan

<b>PAN CON HARINA DE CAÑIHUA GERMINADA</b>		
<b>Respuestas</b>	<b>Atributos</b>	<b>Ponderación</b>
B1	Color de la miga	1
B2	Alveolatura	1
B3	Aspecto	3
B4	Intensidad	1
B5	Aroma	3
B6	Firmeza de la corteza	1
B7	Firmeza de la miga	2
B8	Granulosidad	2
B9	Gomosidad	1
B10	Acidez	1
B11	Dulzor	1
B12	Amargor	2
B13	Regusto	3
B14	Gusto	3
B15	Aceptabilidad general	10
B16	Porcentaje de semillas germinadas	5
B17	Humedad	3
B18	Volúmen específico	4

**Anexo 7:** Respuestas y medianas obtenidas a partir del análisis sensorial de cada experimento de las semillas germinadas de cañihua

Muestra D1	Visual	Olfativo		Gustativo								Aceptabilidad general	Sumatoria total
Panelista	Aspecto	Intensidad	Aroma	Gomosidad	Suavidad	Acidez	Dulzor	Amargor	Astringencia	Regusto	Gusto	Puntaje Final	
P1	3	4	4	4	5	4	5	4	5	5	5	4	52
P2	5	5	4	3	2	5	6	4	5	3	5	5	52
P3	6	4	4	6	6	5	6	5	5	5	5	5	62
P4	4	5	4	5	5	4	4	4	4	4	5	5	53
P5	6	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	70
P6	6	6	6	7	7	7	7	7	7	7	6	7	80
P7	6	5	5	5	6	7	7	7	6	6	6	6	72
P8	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	83
P9	6	7	7	6	6	7	7	7	7	7	7	7	81
P10	7	6	6	7	7	4	7	4	4	6	7	7	72
P11	6	6	5	5	6	6	6	6	6	5	6	6	69
P12	6	5	4	5	6	6	7	6	6	6	6	6	69
P13	7	7	7	7	7	7	6	7	7	7	7	7	83
P14	6	6	4	7	7	6	4	4	6	6	7	7	70
P15	7	7	7	6	7	7	7	7	7	7	7	7	83
<b>Mediana</b>	6	6	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	70

Muestra D2	Visual	Olfativo		Gustativo								Aceptabilidad general	Sumatoria total
Panelista	Aspecto	Intensidad	Aroma	Gomosidad	Suavidad	Acidez	Dulzor	Amargor	Astringencia	Regusto	Gusto	Puntaje Final	
P1	4	4	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4	49
P2	4	3	4	3	4	3	2	2	3	2	3	4	37
P3	6	3	3	6	6	4	4	4	4	4	4	4	52
P4	4	3	4	3	3	4	4	4	4	3	4	4	44
P5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	60
P6	6	5	5	7	7	7	6	6	7	7	7	6	76
P7	7	6	6	6	7	6	6	6	7	6	7	6	76
P8	7	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	82
P9	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	83
P10	7	6	6	6	7	7	6	7	7	7	7	7	80
P11	5	5	6	5	4	6	6	5	6	5	6	6	65
P12	6	4	4	6	6	6	7	6	5	6	5	5	66
P13	7	4	4	7	7	6	5	5	6	6	6	5	68
P14	5	5	5	6	6	5	4	4	6	6	6	6	64
P15	7	6	7	7	7	6	7	7	7	7	7	7	82
<b>Mediana</b>	6	5	5	6	6	6	6	5	6	6	6	6	66

Muestra D3	Visual	Olfativo		Gustativo								Aceptabilidad general	Sumatoria
Panelista	Aspecto	Intensidad	Aroma	Gomosidad	Suavidad	Acidez	Dulzor	Amargor	Astringencia	Regusto	Gusto	Puntaje Final	total
P1	4	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5	5	57
P2	4	3	3	2	2	1	1	1	2	3	1	1	24
P3	4	4	3	4	4	4	4	3	3	3	4	3	43
P4	5	5	5	5	4	5	4	4	2	1	6	5	51
P5	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	37
P6	6	6	7	5	6	7	7	7	7	7	7	7	79
P7	5	5	7	7	7	6	7	7	7	7	7	7	79
P8	6	6	5	7	7	7	7	7	7	7	7	7	80
P9	6	6	6	6	7	6	6	6	5	6	6	6	72
P10	7	5	5	6	7	4	4	4	4	4	7	7	64
P11	5	6	6	5	6	6	5	6	6	6	5	5	67
P12	6	6	6	6	5	5	6	5	6	7	5	6	69
P13	7	5	5	7	7	6	5	5	7	7	6	6	73
P14	5	3	3	4	6	5	5	5	5	5	5	4	55
P15	6	7	7	7	6	7	7	7	7	7	7	7	82
<b>Mediana</b>	5	5	5	5	6	5	5	5	5	6	6	6	67

Muestra D4	Visual	Olfativo		Gustativo								Aceptabilidad general	Sumatoria
Panelista	Aspecto	Intensidad	Aroma	Gomosidad	Suavidad	Acidez	Dulzor	Amargor	Astringencia	Regusto	Gusto	Puntaje Final	total
P1	3	4	5	4	5	4	5	5	5	5	5	5	55
P2	4	4	4	3	2	2	2	1	2	2	2	2	30
P3	5	4	4	6	6	4	5	5	4	4	4	4	55
P4	4	5	4	4	3	3	4	3	3	3	4	4	44
P5	5	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4	50
P6	5	7	6	7	6	6	5	7	6	6	5	6	72
P7	5	7	7	7	7	7	6	7	6	7	7	7	80
P8	6	5	5	7	7	7	7	7	7	7	7	6	78
P9	7	7	6	7	7	7	6	6	7	7	7	7	81
P10	7	5	5	4	7	7	4	4	7	7	7	7	71
P11	5	6	5	5	6	5	5	5	6	6	6	6	66
P12	7	5	5	4	4	7	6	5	5	6	6	6	66
P13	7	7	7	6	6	7	7	7	6	7	7	7	81
P14	4	6	6	4	6	5	5	5	4	4	5	4	58
P15	7	6	6	6	7	7	7	7	7	6	7	7	80
<b>Mediana</b>	5	5	5	5	6	6	5	5	6	6	6	6	66

Muestra D5	Visual	Olfativo		Gustativo								Aceptabilidad general	Sumatoria
Panelista	Aspecto	Intensidad	Aroma	Gomosidad	Suavidad	Acidez	Dulzor	Amargor	Astringencia	Regusto	Gusto	Puntaje Final	total
P1	4	4	5	4	4	4	5	5	4	4	5	4	52
P2	5	4	5	3	1	2	2	2	1	3	2	3	33
P3	6	6	6	6	5	6	6	6	6	6	6	6	71
P4	4	3	4	4	6	5	4	4	4	4	5	5	52
P5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	51
P6	6	6	6	6	6	6	5	7	6	6	5	6	71
P7	6	6	6	4	6	7	5	7	7	6	6	6	72
P8	7	6	6	6	6	7	7	7	7	7	7	7	80
P9	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	83
P10	6	5	5	6	4	4	4	4	4	4	6	6	58
P11	5	6	6	4	6	6	5	5	6	6	6	6	67
P12	5	5	5	6	4	7	6	6	6	6	5	5	66
P13	7	4	5	7	7	5	6	6	5	6	6	5	69
P14	4	5	5	4	5	5	5	5	4	4	5	4	55
P15	7	6	7	7	7	6	7	7	7	7	7	7	82
<b>Mediana</b>	6	5	5	6	6	6	5	6	6	6	6	6	67

Muestra D6	Visual	Olfativo		Gustativo								Aceptabilidad general	Sumatoria
Panelista	Aspecto	Intensidad	Aroma	Gomosidad	Suavidad	Acidez	Dulzor	Amargor	Astringencia	Regusto	Gusto	Puntaje Final	total
P1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	48
P2	4	3	3	2	2	1	1	1	2	5	2	3	29
P3	6	4	4	5	5	4	4	5	5	4	5	5	56
P4	4	4	5	4	5	4	4	4	4	3	4	4	49
P5	6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	50
P6	6	6	6	7	6	7	7	7	7	6	7	6	78
P7	7	6	7	6	7	6	6	7	7	7	7	7	80
P8	7	6	7	7	7	7	5	7	7	7	6	6	79
P9	6	7	7	7	7	7	7	6	6	6	6	6	78
P10	7	6	6	6	4	4	4	4	4	4	7	7	63
P11	6	5	5	5	5	6	6	5	5	5	6	5	64
P12	5	6	5	5	6	6	5	5	5	6	6	5	65
P13	7	7	6	6	7	6	5	5	7	7	6	5	74
P14	7	6	6	6	7	6	5	5	6	6	5	5	70
P15	6	6	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	80
<b>Mediana</b>	6	6	6	6	6	6	5	5	5	6	6	5	65

Muestra D7	Visual	Olfativo		Gustativo								Aceptabilidad general	Sumatoria
Panelista	Aspecto	Intensidad	Aroma	Gomosidad	Suavidad	Acidez	Dulzor	Amargor	Astringencia	Regusto	Gusto	Puntaje Final	total
P1	4	4	4	6	5	6	6	6	6	6	6	6	65
P2	3	4	3	5	4	4	3	5	5	4	5	5	50
P3	6	4	4	7	7	6	6	6	6	6	6	6	70
P4	3	4	5	4	6	4	4	4	4	4	5	4	51
P5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	49
P6	6	5	6	6	6	6	7	7	6	7	7	7	76
P7	4	3	4	4	7	6	5	7	7	4	6	6	63
P8	7	4	4	6	7	7	7	7	5	7	7	6	74
P9	6	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	81
P10	7	6	6	6	6	6	7	7	7	7	7	7	79
P11	5	5	4	5	6	4	4	4	4	6	6	6	59
P12	5	6	5	5	7	6	5	5	5	5	5	5	64
P13	7	5	6	7	7	5	7	7	7	7	7	7	79
P14	6	5	6	6	6	6	4	6	6	6	6	6	69
P15	7	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	82
<b>Mediana</b>	6	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	69

Muestra D8	Visual	Olfativo		Gustativo								Aceptabilidad general	Sumatoria
Panelista	Aspecto	Intensidad	Aroma	Gomosidad	Suavidad	Acidez	Dulzor	Amargor	Astringencia	Regusto	Gusto	Puntaje Final	total
P1	5	4	4	4	4	5	5	5	4	4	4	4	52
P2	4	4	3	2	2	5	5	4	3	4	4	4	44
P3	6	6	6	5	5	4	4	4	5	4	5	4	58
P4	4	4	4	4	5	4	4	4	3	3	4	4	47
P5	6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	50
P6	6	5	6	7	7	7	7	7	6	7	6	7	78
P7	7	7	5	6	7	7	6	7	7	7	7	7	80
P8	7	6	6	7	7	7	5	7	7	7	7	7	80
P9	6	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	81
P10	7	6	5	6	7	4	4	4	4	4	7	7	65
P11	5	4	5	5	4	4	4	4	5	5	6	6	57
P12	6	4	3	4	6	5	5	4	4	5	4	4	54
P13	7	5	5	7	7	6	5	7	5	7	6	6	73
P14	7	4	4	6	7	7	3	6	6	6	6	6	68
P15	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	82
<b>Mediana</b>	6	5	5	6	7	5	5	5	5	5	6	6	65

Muestra D9	Visual	Olfativo		Gustativo								Aceptabilidad general	Sumatoria
Panelista	Aspecto	Intensidad	Aroma	Gomosidad	Suavidad	Acidez	Dulzor	Amargor	Astringencia	Regusto	Gusto	Puntaje Final	total
P1	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	55
P2	4	3	3	3	2	2	2	3	3	2	3	3	33
P3	6	3	3	5	5	6	6	6	6	6	6	6	64
P4	4	4	4	4	5	4	4	4	4	3	4	4	48
P5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	51
P6	5	6	6	6	7	6	4	3	6	7	5	5	66
P7	6	4	4	5	6	6	6	6	5	6	6	6	66
P8	6	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	81
P9	6	6	6	7	7	7	7	7	6	6	6	6	77
P10	7	6	6	4	7	7	7	7	7	7	7	7	79
P11	5	4	5	5	6	4	4	6	5	6	7	6	63
P12	6	6	7	6	6	7	7	6	6	6	6	6	75
P13	6	5	5	6	7	7	7	6	7	6	6	6	74
P14	5	3	4	4	5	5	5	5	5	5	5	4	55
P15	7	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	82
<b>Mediana</b>	6	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	66

Muestra D10	Visual	Olfativo		Gustativo								Aceptabilidad general	Sumatoria
Panelista	Aspecto	Intensidad	Aroma	Gomosidad	Suavidad	Acidez	Dulzor	Amargor	Astringencia	Regusto	Gusto	Puntaje Final	total
P1	5	5	4	5	5	6	6	6	6	6	7	6	67
P2	6	5	5	5	6	5	6	4	5	4	4	5	60
P3	6	3	4	6	6	4	5	5	5	5	5	5	59
P4	4	5	4	5	6	4	4	4	4	4	5	5	54
P5	3	4	4	4	5	4	4	4	4	3	4	4	47
P6	4	5	6	5	7	7	4	6	6	6	6	6	68
P7	5	6	5	4	5	6	4	5	5	4	6	5	60
P8	6	5	5	7	7	7	5	7	7	7	7	7	77
P9	6	7	6	7	6	7	7	7	6	6	7	6	78
P10	7	5	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	80
P11	6	4	3	3	4	5	5	5	5	4	4	5	53
P12	6	6	6	5	6	5	5	5	5	5	6	6	66
P13	7	5	6	7	7	6	6	5	6	7	6	6	74
P14	7	7	7	6	7	6	6	6	7	7	7	7	80
P15	7	6	7	6	7	6	7	7	6	7	7	7	80
<b>Mediana</b>	6	5	5	5	6	6	5	5	6	6	6	6	67

Muestra D11	Visual	Olfativo		Gustativo								Aceptabilidad general	Sumatoria
Panelista	Aspecto	Intensidad	Aroma	Gomosidad	Suavidad	Acidez	Dulzor	Amargor	Astringencia	Regusto	Gusto	Puntaje Final	total
P1	4	6	6	4	6	6	6	6	6	6	6	6	68
P2	5	4	5	2	2	2	2	1	2	6	3	2	36
P3	5	4	4	6	6	6	7	6	6	6	6	6	68
P4	4	4	4	3	3	4	4	4	3	3	4	4	44
P5	6	5	5	5	6	5	5	5	5	5	5	5	62
P6	5	7	6	7	6	7	6	7	7	6	7	7	78
P7	6	6	6	5	7	7	7	7	6	6	6	6	75
P8	6	7	7	7	7	7	5	7	7	7	7	7	81
P9	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	83
P10	7	6	6	7	7	4	4	4	4	7	7	7	70
P11	5	5	5	6	6	4	4	4	6	6	6	6	63
P12	4	4	4	5	5	4	4	4	4	4	4	4	50
P13	7	4	5	7	7	6	5	6	6	6	6	6	71
P14	5	4	5	7	7	6	4	3	3	4	5	5	58
P15	7	7	6	6	7	7	7	6	7	7	7	7	81
<b>Mediana</b>	5	5	5	6	6	6	5	6	6	6	6	6	68

Muestra D12	Visual	Olfativo		Gustativo								Aceptabilidad general	Sumatoria
Panelista	Aspecto	Intensidad	Aroma	Gomosidad	Suavidad	Acidez	Dulzor	Amargor	Astringencia	Regusto	Gusto	Puntaje Final	total
P1	4	4	6	4	4	4	4	5	4	4	4	4	51
P2	5	4	3	3	2	2	2	2	3	4	3	3	36
P3	6	4	3	6	6	5	5	4	4	4	5	4	56
P4	4	3	4	4	6	5	4	4	4	4	5	4	51
P5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	49
P6	6	5	5	6	7	7	6	6	6	7	7	7	75
P7	6	5	5	3	7	7	6	6	6	5	6	6	68
P8	7	7	6	6	6	7	7	7	7	7	7	7	81
P9	7	7	7	7	7	7	7	6	7	7	7	7	83
P10	7	6	6	7	7	6	7	7	7	7	7	7	81
P11	6	5	4	5	6	4	4	4	4	4	5	5	56
P12	6	6	7	6	7	7	7	7	6	7	7	7	80
P13	6	3	2	7	7	7	3	6	6	3	3	4	57
P14	5	6	6	4	6	5	5	5	4	5	5	5	61
P15	7	7	7	7	7	6	7	7	7	7	7	7	83
<b>Mediana</b>	6	5	5	6	6	6	5	6	6	5	5	5	61



**Anexo 8:** Respuestas y medianas obtenidas a partir del análisis sensorial de cada experimento del pan con harina de cañihua germinada

Muestra B1	Visual			Olfativo		Textura			Gustativo						Impresión global	Sumatoria total	
	Panelista	Color Miga	Alveolatura	Aspecto	Intensidad	Aroma	Firmeza Corteza	Firmeza Miga	Granulosidad	Gomosidad	Acidez	Dulzor	Amargor	Regusto	Gusto		Puntaje Final
P1	4	4	3	4	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	76
P2	3	2	3	3	2	2	3	3	2	2	2	3	3	2	3	3	38
P3	6	5	6	4	5	6	5	6	4	4	4	5	5	5	5	75	
P4	5	4	5	5	5	3	5	5	5	4	5	4	4	4	6	70	
P5	5	5	6	4	4	3	4	5	5	6	6	6	6	6	6	77	
P6	6	7	6	6	7	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	101	
P7	7	7	7	6	7	6	7	7	6	6	7	7	6	7	7	100	
P8	6	6	6	6	6	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	79	
P9	7	7	7	7	7	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	104	
P10	5	6	6	5	5	6	6	6	4	4	4	4	4	4	4	74	
P11	5	5	6	4	6	4	5	4	6	5	5	5	6	6	6	78	
P12	6	6	6	7	7	7	5	5	6	6	6	5	6	5	5	88	
P13	6	5	3	5	5	5	6	5	5	6	6	6	5	5	6	79	
P14	7	6	6	7	7	5	6	6	3	4	5	4	4	5	5	80	
P15	6	6	7	6	6	6	6	7	7	6	6	6	7	7	7	96	
<b>Mediana</b>	6	6	6	5	6	5	5	5	5	6	6	5	6	6	6	79	

Muestra B2	Visual			Olfativo		Textura			Gustativo						Impresión global	Sumatoria total	
	Panelista	Color Miga	Alveolatura	Aspecto	Intensidad	Aroma	Firmeza Corteza	Firmeza Miga	Granulosidad	Gomosidad	Acidez	Dulzor	Amargor	Regusto	Gusto		Puntaje Final
P1	3	4	4	4	4	4	3	3	4	4	3	4	4	4	4	4	56
P2	3	5	4	4	5	4	6	5	6	3	4	3	5	4	5	5	67
P3	6	6	4	4	6	6	5	6	6	5	5	5	6	5	5	5	81
P4	5	4	5	4	4	5	4	5	5	5	4	4	4	4	5	5	68
P5	4	4	4	4	6	6	2	4	4	5	5	5	5	5	5	5	69
P6	5	6	5	5	7	7	7	7	6	7	7	7	7	7	7	7	99
P7	6	7	7	7	7	7	7	6	7	7	6	7	7	7	7	7	102
P8	7	6	6	6	4	5	6	6	4	3	6	6	6	6	6	6	83
P9	6	6	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	102
P10	6	6	4	4	6	5	6	6	4	6	6	6	4	4	6	6	81
P11	5	5	5	5	5	5	5	6	6	4	4	4	4	5	5	5	73
P12	5	6	6	6	6	6	5	6	6	5	6	6	6	6	6	6	87
P13	5	5	5	5	6	6	3	5	5	4	5	6	6	6	6	5	78
P14	5	7	5	5	6	7	7	7	6	7	4	5	6	6	6	6	90
P15	6	7	7	7	7	7	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	103
<b>Mediana</b>	5	6	5	5	6	6	6	6	6	5	5	6	6	6	6	6	81



Muestra B5	Visual			Olfativo		Textura			Gustativo						Impresión global	Sumatoria total
	Panelista	Color Miga	Alveolatura	Aspecto	Intensidad	Aroma	Firmeza Corteza	Firmeza Miga	Granulosidad	Gomosidad	Acidez	Dulzor	Amargor	Regusto	Gusto	
P1	5	4	4	7	5	6	6	5	5	6	6	7	6	6	6	84
P2	5	4	4	5	6	3	4	5	3	4	3	5	5	4	4	64
P3	6	6	6	6	6	4	5	5	6	5	5	5	4	5	6	80
P4	5	4	5	5	5	6	6	5	6	5	5	4	4	6	6	77
P5	5	5	6	5	6	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	85
P6	6	7	6	6	6	6	6	7	6	7	7	7	7	7	7	98
P7	6	7	6	7	7	6	7	6	7	6	6	7	6	7	7	98
P8	3	4	4	2	3	5	3	3	5	6	7	6	3	2	5	61
P9	7	6	7	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6	101
P10	4	4	5	4	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	81
P11	7	6	7	5	3	6	7	6	6	4	4	4	5	6	6	82
P12	6	5	5	6	6	5	6	5	6	7	7	6	7	6	6	89
P13	5	4	4	4	4	3	7	7	7	7	7	7	6	7	6	85
P14	5	6	7	5	6	5	7	7	6	6	6	6	6	6	6	90
P15	6	7	7	6	7	6	6	6	6	6	7	7	7	7	7	98
Mediana	5	5	6	5	6	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	85

Muestra B6	Visual			Olfativo		Textura			Gustativo						Impresión global	Sumatoria total
	Panelista	Color Miga	Alveolatura	Aspecto	Intensidad	Aroma	Firmeza Corteza	Firmeza Miga	Granulosidad	Gomosidad	Acidez	Dulzor	Amargor	Regusto	Gusto	
P1	5	6	5	6	6	6	6	6	4	4	4	4	5	5	5	77
P2	4	3	4	5	6	4	6	5	3	3	5	5	5	4	4	66
P3	6	6	7	6	7	3	6	6	6	6	6	6	4	6	6	87
P4	4	4	6	5	5	4	5	4	6	4	4	4	5	5	5	70
P5	5	5	6	4	4	3	4	5	5	5	6	6	6	5	6	75
P6	6	7	7	7	7	5	6	7	7	7	7	7	5	7	6	98
P7	6	7	7	7	7	6	6	6	7	6	7	6	7	7	7	99
P8	5	3	3	4	4	3	3	3	3	5	5	4	3	2	2	52
P9	6	7	7	6	6	7	7	7	5	7	7	7	7	7	7	100
P10	4	4	6	5	5	5	5	6	6	6	7	6	6	6	6	83
P11	4	5	4	5	5	3	6	4	5	4	4	4	3	5	5	66
P12	5	6	6	7	7	6	7	6	6	7	7	6	7	7	7	97
P13	7	6	6	5	7	6	7	7	6	7	7	7	7	7	7	99
P14	5	6	6	4	5	4	5	5	4	5	5	5	5	5	5	74
P15	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6	7	7	7	104
Mediana	5	6	6	5	6	5	6	6	6	6	6	6	6	5	6	83

Muestra B7	Visual			Olfativo		Textura			Gustativo						Impresión global	Sumatoria total	
	Panelista	Color Miga	Alveolatura	Aspecto	Intensidad	Aroma	Firmeza Corteza	Firmeza Miga	Granulosidad	Gomosidad	Acidez	Dulzor	Amargor	Regusto	Gusto		Puntaje Final
P1	5	4	5	5	5	4	5	4	5	4	4	4	4	3	4	4	65
P2	5	6	5	5	6	6	6	6	4	2	5	6	2	4	5	73	
P3	5	5	5	4	4	5	6	6	5	4	4	4	5	5	5	72	
P4	4	4	4	4	3	4	5	4	5	3	4	4	3	4	4	59	
P5	4	4	4	4	5	4	5	5	5	5	5	5	4	5	4	68	
P6	7	7	7	7	6	6	6	7	7	6	7	5	7	7	7	99	
P7	5	4	4	6	7	5	6	4	7	7	6	7	5	6	6	85	
P8	6	6	6	6	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	91	
P9	6	7	6	6	6	7	6	7	6	6	7	6	7	7	6	96	
P10	6	6	6	5	5	5	6	4	4	4	4	4	3	5	5	72	
P11	5	4	6	6	6	5	6	6	6	5	5	5	5	6	6	82	
P12	4	5	5	6	6	6	6	7	6	6	6	5	4	5	6	83	
P13	6	6	6	7	7	5	6	6	7	7	7	7	6	6	6	95	
P14	5	6	6	3	3	6	5	5	5	5	4	5	6	5	4	73	
P15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15	
Mediana	5	5	5	5	6	5	6	6	5	5	5	5	5	5	5	73	

Muestra B8	Visual			Olfativo		Textura			Gustativo						Impresión global	Sumatoria total
	Panelista	Color Miga	Alveolatura	Aspecto	Intensidad	Aroma	Firmeza Corteza	Firmeza Miga	Granulosidad	Gomosidad	Acidez	Dulzor	Amargor	Regusto	Gusto	
P1	4	5	6	6	5	6	5	6	4	5	5	5	4	4	5	75
P2	6	5	4	5	4	5	6	6	5	4	4	5	4	5	5	73
P3	4	5	5	3	2	4	5	5	6	3	4	3	3	4	4	60
P4	4	4	4	5	5	3	5	4	4	4	5	4	4	5	5	65
P5	4	5	3	3	3	2	4	3	2	2	2	2	2	2	2	41
P6	6	7	7	6	6	6	7	6	6	7	7	7	7	7	7	99
P7	7	7	7	6	7	7	7	6	7	6	7	7	7	6	7	101
P8	1	2	2	3	5	4	3	4	4	5	6	6	6	4	3	58
P9	6	5	6	7	7	6	6	6	5	6	6	6	6	6	6	90
P10	6	3	4	5	5	5	6	6	7	6	7	7	7	7	7	88
P11	6	6	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	84
P12	6	6	5	6	6	5	6	5	5	6	6	7	6	6	6	87
P13	7	6	6	7	7	3	7	7	6	7	7	6	6	6	5	93
P14	6	6	7	4	3	5	6	6	5	5	4	4	5	6	5	77
P15	7	6	7	7	7	7	6	6	7	7	6	6	7	7	7	100
Mediana	6	5	5	5	5	5	6	6	5	6	6	6	6	6	5	84



Muestra B11	Visual			Olfativo		Textura			Gustativo						Impresión global	Sumatoria total
	Panelista	Color Miga	Alveolatura	Aspecto	Intensidad	Aroma	Firmeza Corteza	Firmeza Miga	Granulosidad	Gomosidad	Acidez	Dulzor	Amargor	Regusto	Gusto	
P1	5	4	4	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	63
P2	4	5	4	5	6	6	6	5	2	2	2	2	4	3	4	60
P3	5	6	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	85
P4	4	4	5	4	6	6	6	4	6	4	5	4	4	6	6	74
P5	6	6	6	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	87
P6	5	6	7	7	6	7	7	6	7	7	7	7	7	7	7	100
P7	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6	7	6	7	7	102
P8	6	7	7	7	7	5	7	7	7	7	5	7	7	7	6	99
P9	7	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	104
P10	6	6	6	5	5	6	6	7	6	4	4	4	4	6	6	81
P11	4	4	6	5	4	6	4	4	5	5	4	4	4	4	5	68
P12	4	6	6	7	7	5	6	6	4	5	5	5	5	6	6	83
P13	6	6	7	6	6	6	6	7	6	7	7	7	7	7	7	98
P14	3	6	3	7	7	7	7	7	5	6	7	6	7	7	6	91
P15	7	6	7	7	7	7	7	7	6	6	7	7	7	7	7	102
Mediana	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	87

Muestra B12	Visual			Olfativo		Textura			Gustativo						Impresión global	Sumatoria total
	Panelista	Color Miga	Alveolatura	Aspecto	Intensidad	Aroma	Firmeza Corteza	Firmeza Miga	Granulosidad	Gomosidad	Acidez	Dulzor	Amargor	Regusto	Gusto	
P1	4	4	4	4	4	4	4	5	3	4	4	4	3	3	4	58
P2	6	7	6	6	6	7	7	6	5	3	5	5	4	5	6	84
P3	6	5	6	6	6	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	88
P4	4	4	5	4	5	3	5	5	5	4	4	4	4	5	5	66
P5	6	6	6	4	4	4	5	4	5	5	5	5	5	5	5	74
P6	6	7	7	6	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	101
P7	6	7	7	6	7	5	6	7	7	7	7	7	7	7	7	100
P8	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6	6	6	5	5	6	97
P9	7	7	7	7	7	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	104
P10	6	6	7	6	5	6	6	4	5	4	4	4	5	6	6	80
P11	5	5	6	5	4	6	5	5	5	5	3	3	3	3	4	67
P12	6	6	6	7	7	7	7	6	5	7	7	7	6	7	6	97
P13	6	7	7	6	6	4	6	6	5	6	7	7	7	7	6	93
P14	6	6	6	7	7	6	5	5	3	3	4	5	6	6	3	78
P15	7	7	7	6	7	7	7	6	7	7	7	7	7	7	7	103
Mediana	6	6	6	6	6	6	6	6	5	6	6	6	6	6	6	88



**Anexo 9:** Alto, ancho y rodaja de los panes de cañihua elaborado con harina germinada

**ALTO**

**ANCHO**

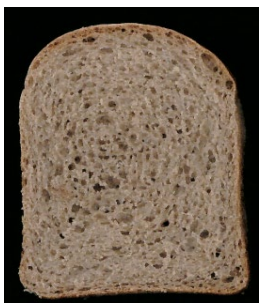
**PROFUNDIDAD**



B1(14°C x 24h -10%)



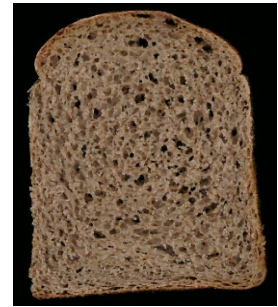
B2(22°C x 24h -10%)



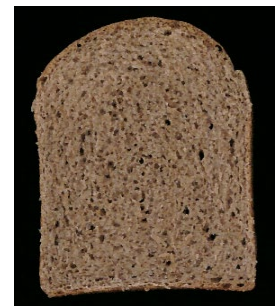
B3(14°C x 60h -10%)



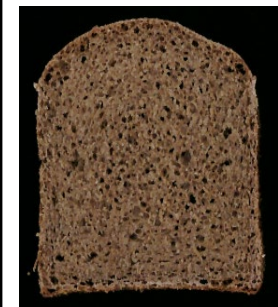
B4(22°C x 60h -10%)



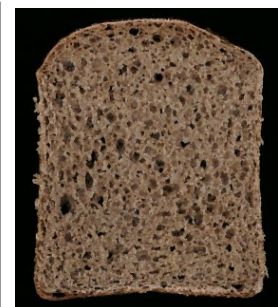
B5(14°C x 24h - 30%)



B6(22°C x 24h - 30%)



B7(14°C x 60h - 30%)

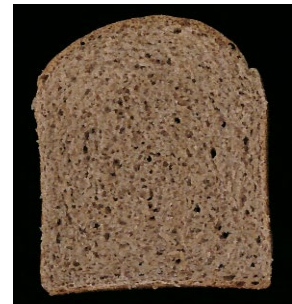


B8(22°C x 60h - 30%)





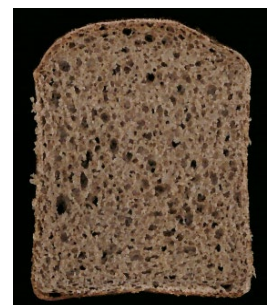
B9(18°C x 42h - 20%)



B10(18°C x 42h - 20%)



B11(18°C x 42h - 20%)



B12(18°C x 42h - 20%)

**Anexo 10: Pan sin germinar BSG 10**

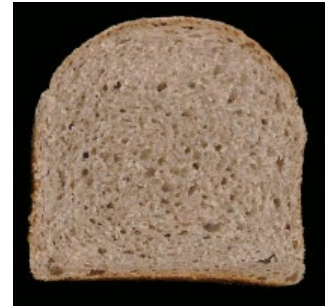
**ALTO**



**ANCHO**

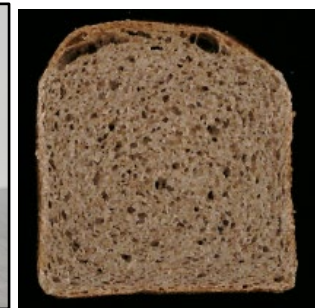


**PROFUNDIDAD**



Sin germinar – BSG 10%

**Anexo 11: Pan sin germinar BSG 20**



Sin germinar - BSG 20%