



**Facultad de Ciencia y Tecnología**

**Escuela de Ingeniería en Alimentos**

**Desarrollo de pasta fresca alimenticia con sustitución parcial de la harina de trigo con pseudocereales, trigo Sarraceno (*Fagopyrum esculentum*) y Quinua (*Chenopodium quinua*).**

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

**Ingeniera en Alimentos**

**Autora:**

**Ortiz Guachizaca Daniela Stefania**

**Director:**

**Ing. Bolívar Andrés Pérez Gonzales, Mgtr.**

**Cuenca – Ecuador**

**2025**

## **Dedicatoria**

Dedico el presente trabajo de titulación a Dios, la Santísima Virgen del Cisne, a San Vicente Ferrer y a San Miguel Arcángel, por darme la inteligencia, sabiduría y grandes oportunidades para culminar mi carrera. A mi mamá, Emperatriz cuyo apoyo, oraciones y sobre todo por su amor que me ayudo a alcanzar mi meta. A mi tía Melva que ha sido mi guía y mi ancla a tierra, gracias por su firmeza y tenacidad las cuales me llevaron en este camino, pero sobre todo su amor incondicional que me ha dado más de lo que he pedido. A mis tíos Eduardo y Carlos por ser mi más grande apoyo, mi motor y mi mayor motivación para no rendirme, mis logros son los suyos. A mis ángeles en el cielo Don Guille, Rolando y Mamita Soilita, a esos tres colibrís que siempre me acompañaron en esta etapa y que desde el cielo me brindaron todo su amor y nunca dejaron sola. A Juan Fernando Cedillo, gracias por ser las manos gentiles, pacientes y seguras que tanto necesitaba, gracias por sostenerme incluso cuando yo no podía. Quiero recordarles que este ha sido uno de mis grandes proyectos, su constante apoyo y sobre todo sus ganas de que salga adelante viven en mi cada día, y este logro honra todo su esfuerzo.

Al final somos una mezcla de todas las personas que han sido parte de nuestro camino. Me siento muy contenta de saber que algunas de ellas son parte especial de quien soy yo hoy.

## Agradecimientos

Primero, mi agradecimiento a Dios, la Santísima Virgen del Cisne y a San Vicente Ferrer por sus bendiciones recibidas, la salud y la sabiduría para llegar a concluir mi meta.

A mi hermana y su esposo, por sus consejos, acogida y sabiduría que siempre estuvieron presentes en mí. A mi prima Karina Ortiz y familia, quiero agradecerles por su acogida y hacerme sentir parte de su familia. A Carmita Jarro e hijos por también acogerme dentro de su familia y darme ese calorcito de hogar que uno como foráneo necesita. A don Carlos Jiménez que me recibió con las puertas abiertas de su casa al comenzar mi etapa universitaria.

Quiero dar mi más sincero agradecimiento a mi director de tesis, Ing. Bolívar Andrés Pérez Gonzales, Mgtr, por su apoyo y orientación durante el desarrollo de mi tesis. Su paciencia y dedicación fueron claves para terminar mi proyecto. A la laboratorista Laura Enríquez por todo su apoyo en cada momento en que necesitaba el laboratorio o simplemente por preguntarme cómo me encontraba, gracias por estar al pendiente de mí.

A todos mis amigos y compañeros. En especial a Mayra Peña, Daniela Gómez, Sandra Isabel, Alicia Illescas, Jorge Flor, Romina Astudillo, quienes fueron parte clave en todo este proceso universitario, compartimos experiencias, frustraciones, llanto, felicidad y éxitos, sea donde nos lleve la vida eternamente agradecida por la calidad de personas que me puso en el camino y sobre todo orgullosa de la calidad de profesionales que son ahora.

A mi familia, mi madre Emperatriz Guachizaca por toda su confianza y siempre decirme que lo lograre a pesar de todo, a mi tía Melva Guachizaca por su constante apoyo y motivación que fueron claves para seguir cada día, a mi tío Eduardo Guachizaca por siempre apoyarme, esperarme cada ida y recibirme con amor, a mi tío Carlos Guachizaca y su familia que a pesar de estar lejos nunca me dejaron de apoyar y demostrarme la mujer tan valiosa que soy.

A mi mejor amiga Ambar Córdova, gracias por acompañarme y vivir esta etapa juntas. Desde niñas fuimos dos inseparables, y hoy tu apoyo se ha convertido en mi fuerza. Crecimos juntas y por esto te llevo siempre conmigo. A Nohelia Paltín, tus palabras y cada gesto que me sostuvieron a lo largo del tiempo, a tu amor y consejos que me ayudaron a salir adelante.

A mí misma por ser una luchadora constante y por no rendirme, gracias por permanecer siempre con esa fuerza y resiliencia que solo a ti me caracteriza. A pesar de todo aquí estamos, mejor que ayer y construyendo una Daniela lista para nuevos retos.

A la Universidad del Azuay, Facultad de Ciencia y Tecnología por abrirme las puertas y comenzar esta travesía por un futuro mejor.

**“Desarrollo de pasta fresca alimenticia con sustitución parcial de la harina de trigo con pseudocereales, trigo Sarraceno (*Fagopyrum esculentum*) y Quinua (*Chenopodium quinua*)”.**

## **RESUMEN**

Las pastas tradicionales pueden ser mejoradas con remplazo de harinas alternativas como el trigo sarraceno y la quinua, pseudocereales destacados con alto valor nutricional y funcional. El objetivo de este estudio fue analizar mediante calorimetría diferencial de barrido (DCS) los comportamientos de la gelatinización y estabilidad térmica de las muestras de harinas con las que se trabajó, también se realizó diferentes porcentajes de sustitución para obtener la formulación adecuada. Además, se evaluó las propiedades de textura y sensoriales de la pasta como producto final. Los análisis evidenciaron que las cinco sustituciones de trigo/trigo sarraceno fueron significativas mientras que para el trigo/quinua se presentó solo una con un comportamiento óptimo, sin embargo, su incorporación sigue siendo relevante debido a sus características nutritivas. Los resultados arrojaron que las sustituciones parciales de trigo con trigo sarraceno y quinua son factibles ya que conservaron sus propiedades tecnológicas y además proporcionaron un valor nutricional alto y mejorado siempre y cuando se empleen los niveles indicados. Las pastas obtenidas reflejaron un producto funcional y una alternativa para personas con sensibilidad al gluten, los cuales requieren productos con menor contenido de gluten sin presentar reacciones que afecten su salud.

**Palabras claves:** trigo sarraceno, quinua, análisis térmico, sustitución, textura, sensibilidad al gluten, pasta fresca.

**“Desarrollo de pasta fresca alimenticia con sustitución parcial de la harina de trigo con pseudocereales, trigo Sarraceno (*Fagopyrum esculentum*) y Quinua (*Chenopodium quinua*)”.**

## **Abstract**

Traditional pasta can be improved by replacing flour with alternatives such as buckwheat and quinoa, pseudocereals with high nutritional and functional value. The objective of this study was to analyze the gelatinization and thermal stability behaviors of the flour samples used through differential scanning calorimetry (DSC). Different substitution percentages were also tested to obtain the appropriate formulation. In addition, the texture and sensory properties of the pasta as a final product were evaluated. The analyses showed that the five wheat/buckwheat substitutions were significant, while for wheat/quinoa, only one showed optimal behavior. However, its incorporation remains relevant due to its nutritional characteristics. The results showed that partial substitutions of wheat with buckwheat and quinoa are feasible, as they retained their technological properties and also provided high and improved nutritional value, provided that the indicated levels are used. The pastas obtained reflected a functional product and an alternative for people with gluten sensitivity, who require products with lower gluten content without presenting reactions that affect their health.

**Keywords:** buckwheat, quinoa, thermal analysis, substitution, texture, gluten sensitivity, fresh pasta.

## Índices de contenido

Dedicatoria.....	II
RESUMEN .....	IV
Palabras claves:.....	IV
Abstract.....	V
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	1
1. Pseudocereales.....	1
1.1 Trigo sarraceno .....	2
1.1.1 Almidón .....	2
1.1.2 Proteína.....	2
1.1.3 Usos y aplicaciones .....	2
1.2 Quinoa .....	3
1.2.1 Almidón.....	3
1.2.2 Proteína.....	3
1.2.3 Usos y aplicaciones .....	4
1.3 Análisis Térmico.....	4
1.4 Análisis de conglomerados o Análisis Clúster.....	5
1.5 Obtención de pasta.....	6
1.5.1 Adquisición de materia prima y pesado .....	6
1.5.2 Amasado y laminado .....	6
1.5.3 Trefilado y cocción .....	6
1.6 Análisis de textura .....	6
1.6.1 Célula de corte Kramer - 5 cuchillas .....	7
1.7 Propiedades nutricionales .....	8
CAPÍTULO II.....	9
MATERIALES Y MÉTODOS .....	9
2.1 Materiales .....	9
2.2 Métodos .....	9
2.2.1 Análisis térmico .....	9
2.2.2 Proceso de Calorimetría Diferencial de Barrido.....	10
2.2.3 Aplicación de Clúster Analysis (Análisis de conglomerados).....	11
2.3 Elaboración de pasta alimenticia a base trigo, trigo sarraceno y quinua .....	11
2.3.1 Materia Prima .....	11
2.3.2 Sustitución .....	12

2.3.3 Mezcla y amasado .....	13
2.3.4 Trefilado y Cocción .....	14
2.4 Análisis textura de la pasta .....	14
2.5 Análisis sensorial de la pasta fresca a base de trigo, trigo sarraceno y quinua. ....	15
CAPÍTULO III .....	16
RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	16
3.1 Calorimetría diferencial de barrido.....	16
3.1.1 Análisis Clúster.....	16
3.2 Análisis Clúster D2.....	22
3.3 Humedad.....	25
3.4 Formulación de pastas .....	26
3.5 Texturómetro.....	29
3.6 Análisis sensorial de las pastas a base de trigo, trigo sarraceno y quinoa .....	35
4. CONCLUSIONES .....	48
5. REFERENCIAS .....	51

## Índice de tablas

Tabla 1. Proporciones usadas en la formulación de pasta de Trigo/Trigo sarraceno .....	12
Tabla 2. Proporciones usadas en la formulación de pasta de Trigo/Quinua .....	13
Tabla 3. Requisitos físicos y químicos para la harina de trigo. ....	25
Tabla 4. Porcentaje de humedad de las harinas .....	26
Tabla 5. Formulación Trigo/Trigo sarraceno pasta al 50%.....	26
Tabla 6. Formulación Trigo/Trigo sarraceno pasta al 40%.....	26
Tabla 7. Formulación Trigo/Trigo sarraceno pasta al 30%.....	27
Tabla 8. Formulación Trigo/Trigo sarraceno pasta al 20%.....	27
Tabla 9. Formulación Trigo/Trigo sarraceno pasta al 10%.....	27
Tabla 10. Formulación Trigo/Quinua pasta al 50%.....	28
Tabla 11. Formulación de pasta Trigo/Quinua pasta al 40%. .....	28
Tabla 12. Formulación Trigo/Quinua pasta al 30%.....	28
Tabla 13. Formulación Trigo/Quinua pasta al 20%.....	28
Tabla 14. Formulación Trigo/Quinua pasta al 10%.....	29
Tabla 15. Resultados de la prueba de texturómetro para Trigo Sarraceno. Firmeza (Newton, N) .....	29
Tabla 16. Resultados de la prueba de texturómetro. Fuerza total de cizallamiento (kg.sec)	30
Tabla 17. Resultados de la prueba de texturómetro para la Quinua. Firmeza (Newton, N) .	30
Tabla 18. Resultados de la prueba de texturómetro. Fuerza total de cizallamiento (kg.sec)	31
Tabla 19. Resultados ANOVA, Trigo sarraceno/firmeza.....	32
Tabla 20. Análisis de Varianza, Trigo sarraceno/firmeza. ....	32
Tabla 21.Resultados ANOVA, Trigo sarraceno/Fuerza de cizallamiento.	32
Tabla 22. Análisis de Varianza, Trigo sarraceno/Fuerza de cizallamiento. ....	33
Tabla 23.. Resultados ANOVA, Quinua/firmeza. ....	33
Tabla 24.Análisis de Varianza, Quinua/firmeza. ....	33
Tabla 25.Resultados ANOVA, Quinua/Fuerza de cizallamiento. ....	34
Tabla 26,Análisis de Varianza, Quinua/Fuerza de cizallamiento .....	34

## Índice de gráficas

Gráfica 1. Representación esquemática de termogramas de DCS .....	4
Gráfica 2. Representación del flujo de calor.....	5
Gráfica 3. Gráfica general del perfil de textura.....	7
Gráfica 4. Gráfico Típico.....	8
Gráfica 5. Calorímetro diferencial de barrido marca TA instruments DCS 25 .....	10
Gráfica 6. Pan de muestra y Pan de referencia dentro del DCS.....	11
Gráfica 7. Materia prima, harinas.....	12
Gráfica 8. Batidora KitchenAid.....	13
Gráfica 9. Proceso de Trefilado y Cocción.....	14
Gráfica 10. Texturómetro.....	15
Gráfica 11. Dendograma reescalado.....	16
Gráfica 12. Análisis de componentes principales.....	17
Gráfico 13. Comparación del termogramas de la harina de amaranto, segunda derivada. ..	18
Gráfica 14. Comparación del termogramas de polenta, segunda derivada. ....	19
Gráfica 15. Comparación del termogramas de Avena en segundas derivadas. ....	20
Gráfica 16. Comparación de los termogramas en segundas derivadas de trigo, espelta, quinua y trigo sarraceno. ....	21
Gráfica 17.Comparación de los termogramas en segundas derivadas de cebada y chía. ....	22
Gráfica 18. Dendograma segunda derivada.....	23
Gráfica 19. Análisis de componentes principales, segunda derivada. ....	24
Gráfica 26. Resultados de sensorial, tela de araña primera sustitución.....	35
Gráfica 27. Resultados de sensorial, tela de araña segunda sustitución. ....	36
Gráfica 28. Resultados de sensorial, tela de araña tercera sustitución. ....	38
Gráfica 29. Resultados de sensorial, tela de araña cuarta sustitución. ....	39
Gráfica 30. Resultados de sensorial, tela de araña quinta sustitución. ....	40
Gráfica 31. Resultados de sensorial, tela de araña primera sustitución.....	41
Gráfica 32. Resultados de sensorial, tela de araña segunda sustitución.....	43
Gráfico 33. Resultados de sensorial, tela de araña tercera sustitución. ....	44
Gráfica 34. Resultados de sensorial, tela de araña cuarta sustitución. ....	45
Gráfica 35. Resultados de sensorial, tela de araña quinta sustitución. ....	46

## **Índice de anexos**

Anexo 1. Ficha de catación sensorial .....	55
Anexo 2. Pastas .....	56

# INTRODUCCIÓN

## CAPÍTULO I

### 1. Pseudocereales

La palabra pseudocereal proviene del prefijo “pseudo” que significa “falso o parecido”. Este contiene un mayor contenido de proteínas y lípidos en comparación a los cereales tradicionales, así mismo una calidad nutricional mayor y sobre todo un perfil de aminoácidos de alta digestibilidad que hacen que tengan una aceptación por los consumidores en el presente (Pirzadah et al., 2020).

Los pseudocereales son plantas dicotiledóneas que tienen una estructura similar a la de los cereales y entre los componentes de las semillas están el endospermo, la aleurona, la testa y la cáscara, pero por lo general no contienen gluten lo que hace una gran diferencia con las plantas monocotiledóneas, el trigo, arroz, maíz, etc. En cierto modo en los últimos años, la producción de cereales tradicionales supera a la de pseudocereales, teniendo estos una disponibilidad del 1 al 4% del total de alimentos sin gluten como lo son la cerveza, galletas, pan y pasta (Schoenlechner, 2017).

En el caso de la pasta, un producto alimenticio tradicional preparado a base de cereales que ha aumentado significativamente su popularidad a raíz de su sabor agradable y alto valor nutricional. Su bajo costo y vida útil prolongada la convierten en un alimento accesible y práctico consumido por las personas de todas las edades y estratos sociales (MC Bustos et al., 2015). No obstante, la mayor parte de pastas se elabora principalmente con trigo (*Triticum durum*) lo que implica que obtengamos bajas propiedades nutricionales y en algunos casos intolerancia a este en celiacos o sensibles (Astaíza M et al., 2010).

Una estrategia más eficaz para hacer dietas nutricionalmente buenas es aumentar la diversidad de opciones al momento de alimentarse, esto se logra mediante la sustitución parcial o total de cereales tradicionales en aplicaciones alimentarias, en este caso con pseudocereales como el trigo sarraceno y la quinua.

## **1.1 Trigo sarraceno**

Dentro de las especies de trigo sarraceno existen dos que corresponden a *Agopyrum esculentum* (trigo sarraceno común) y *Fagopyrum tataricum* (trigo sarraceno tártaro). Este último conocido como trigo sarraceno amargo por su sabor intenso y un alto contenido de flavonoides en su grano (Zhu, 2016).

### **1.1.1 Almidón**

El 70 % del grano en materia seca es almidón y siendo el principal carbohidrato presente, su alto contenido energético se explica a la presencia de hidrato de carbono complejo (manosa, galactosa, xilosa y ácido glucurónico) y desde ahí parte su capacidad para liberar energía neta. Su total ausencia de gluten lo convierte en un alimento apto para personas celíacos (Méndez et al., 2010).

### **1.1.2 Proteína**

El trigo sarraceno contiene proporciones de albumina (43%) y glutelinas (15%) que de globulinas (8%) y prolaminas (3-11%) (Reyes-Bautista et al., 2023). Entre sus aminoácidos esenciales esta la lisina destacándose entre ellos, aminoácido clave para la reconversión proteica (Méndez et al., 2010).

### **1.1.3 Usos y aplicaciones**

El uso del trigo sarraceno se resume en la adición de proteínas a los productos para personas celíacas o con intolerancia al gluten, además se puede utilizar como suplemento para mejorar la salud del consumidor y también prevenir la oxidación de los alimentos durante su procesamiento, esto debido a que contiene quercetina, catequinas y polifenoles que hacen del interés de la industria por este alimento (Momenté, V. et al., 2025).

Este pseudocereal tiene múltiples usos en la industria alimentaria, entre ellos está el pan, pasta, té, brotes y vinagre que se lo puede encontrar en el mercado hoy en día, así mismo debido a su capacidad antioxidante y su contenido fenólico que proviene de los brotes de trigo sarraceno, los consumidores optan por este tipo de alimento mínimamente procesado y saludables (Momenté, V. et al., 2025).

## **1.2 Quinoa**

La quinoa (*Chenopodium quinua*) constituye un pseudocereal andino que se cultiva en las zonas altas de Bolivia y Perú principalmente, sus variedades identificadas de 250 especies y su consumo mundial debido a su alto valor nutricional (Bastidas et al., 2016). Su composición principalmente de carbohidratos que se ubican en el perispermio de su semilla, así mismo el endospermo y el embrión que es el 30% de su peso y es aquí donde se encuentra la mayor parte de lípidos y minerales (Coțovanu et al., 2020).

### **1.2.1 Almidón**

El componente mayoritario de los carbohidratos presentes en el grano corresponde a almidones, los cuales se encuentran principalmente en el endospermo. Además, el grano contiene cerca de un 6.2% de azúcares libres. El almidón en este caso se caracteriza por tener un bajo porcentaje de amilosa, lo que disminuye su tendencia a la retrogradación. Su estructura puede presentarse en forma de unidades simples o polígonos, generalmente esféricos, con un diámetro aproximado de 2  $\mu\text{m}$  (Romo et al., 2005). Este almidón no se disuelve en agua fría, pero experimenta gelatinización cuando se somete a temperaturas entre 55 y 65°C (Romo et al., 2005).

Debido a esta propiedad y a su retrogradación, cumple un papel funcional en los alimentos, ya que contribuye al aumento de la viscosidad y actúa como estabilizador coloidal, lo que resulta beneficioso en ciertos productos (Hevia et al., 2000).

### **1.2.2 Proteína**

La quinua posee un contenido proteico en su germen que varía entre el 10% y el 17%, con una composición rica en aminoácidos esenciales como fenilalanina, tirosina, histidina, isoleucina, treonina, valina, lisina y metionina, respectivamente (Paukar, 2022).

Aguilar (2019) nos dice que su equilibrio de aminoácidos es comparable al de la caseína presente en la leche. Además, contiene proteínas como albúminas y globulinas, representando entre el 44% y el 77% de su composición proteica, con un predominio de globulinas (37%). En cuanto a las prolaminas, estas se encuentran en concentraciones que varían entre el 0.5% y el 7% (Padrón et al., 2015).

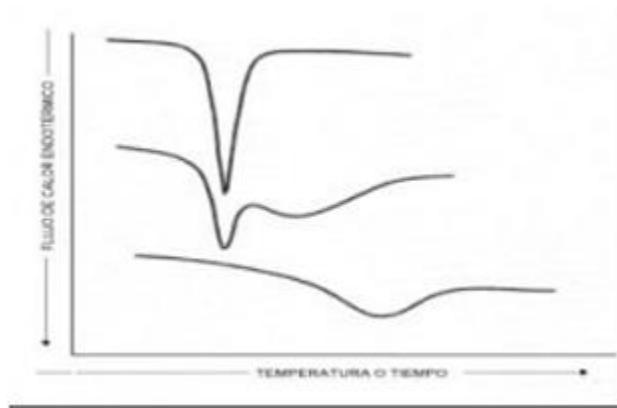
### 1.2.3 Usos y aplicaciones

En años recientes la investigación hacia los productos alimenticios derivados de la quinua ha dado paso a diversas presentaciones como: harinas, fideos, panes, galletas, hasta incluso alimentos infantiles, de igual manera el grano se puede utilizar en elaboración de harinas ya que esta presenta mayor solubilidad y capacidad de retención de aceites a diferencia que otras harinas de pseudocereales como con la chía y el amaranto. (Franco-Aguilar, A et al., 2021)

### 1.3 Análisis Térmico

La calorimetría diferencial de barrido es una ciencia que en sus principios se solía confundir con el DTA (análisis térmico diferencial). Varias técnicas tienen como objetivo de estudiar las diferencias en los cambios de entalpía entre una muestra y un material de referencia inerte, mientras ambos son sometidos a calentamiento. La mayoría de los sistemas de DSC utilizan porta muestras de aluminio (pans) diseñados para analizar entre 10 y 20  $\mu\text{l}$  de muestra. Para obtener un pico definido y de alta resolución, se recomienda maximizar la superficie de contacto entre el recipiente y la muestra. Esto se consigue al preparar la muestra en forma de discos delgados, láminas o polvo fino. En el caso de materiales biológicos, la muestra suele dispersarse en agua. (Sandoval et al., 2005).

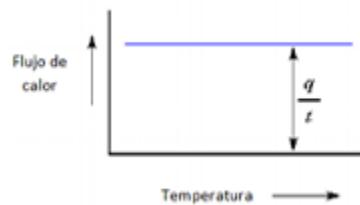
Gráfica 1. Representación esquemática de termogramas de DCS



Fuente: (Sandoval et al., 2005)

El termograma del calorímetro diferencial de barrido se elabora una gráfica en la que el eje X representa la temperatura y el eje Y muestra la diferencia de calor entre ambos calentadores a una temperatura específica. Para analizar el comportamiento de la curva dentro del termograma, se describen sus distintas etapas de manera individual (Polymer Science Learning Center, 2003).

Gráfica 2. Representación del flujo de calor



Fuente: (Polymer Science Learning Center, 2003).

Se observa en la imagen 2 que, al iniciar el funcionamiento del equipo, tanto la muestra de polímero como la referencia se calientan dentro de sus respectivas cápsulas. El equipo registra la cantidad de calor absorbido por el polímero en relación con la temperatura. En las primeras etapas del calentamiento, la gráfica muestra un comportamiento estable. En el DSC, la muestra y la referencia se calientan por separado, lo que permite medir directamente la diferencia en el flujo de calor necesario para mantener la misma temperatura en ambas. Esto genera datos en forma de variaciones diferenciales de calor ( $dH/dt$ ) en función de la temperatura. A partir de esta información, es posible determinar temperaturas y entalpías asociadas a transiciones o reacciones (Sandoval et al., 2005).

#### 1.4 Análisis de conglomerados o Análisis Clúster.

El análisis de conglomerados o Clúster Analysis es una ciencia de estadística multivariable cuyo propósito es separar un grupo de objetos de forma que estos en un mismo grupo sean parecidos entre sí, y de que los objetos de conglomerados diferentes sean distintos, permitiendo así juntar elementos o variables de una base de datos tomando así el parecido y diferencia entre ellos (Ruiz Aranibar, 2019).

## **1.5 Obtención de pasta**

El proceso de obtención de pasta fue el siguiente:

### **1.5.1 Adquisición de materia prima y pesado**

A partir del análisis de datos, se obtuvo dos sustituciones, se procedió a la elaboración de pasta para asegurar la inocuidad de la materia prima y calidad del producto final, en el pesado se aplicó las diferentes formulaciones para así pasar a la etapa de mezclado de la harina con el porcentaje de agua hasta obtener una mezcla homogénea así facilitamos la siguiente operación.

### **1.5.2 Amasado y laminado**

Para obtener una mezcla suave, elástica y lisa, esta parte tendrá que ver con el siguiente proceso de laminado donde la masa pasara a través de dos rodillos lisos para conseguir una masa de color uniforme, pulida y homogénea.

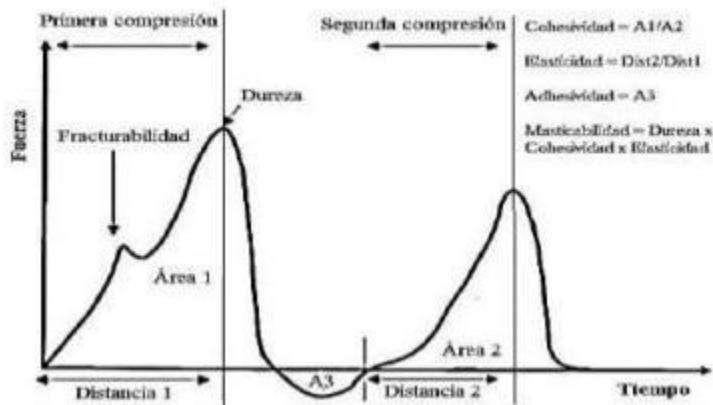
### **1.5.3 Trefilado y cocción**

Consiste en dar forma a la pasta, introduciéndola nuevamente en dos cilindros, pero esta vez cortadores hasta conseguir láminas de pasta del mismo grosor y longitud con forma. Finalmente, para pasta fresca se llevó a cocción aproximadamente por 1 minuto para luego dejar reposar y pasar a la evaluación de texturómetro.

## **1.6 Análisis de textura**

En el test de compresión, la naturaleza de los productos hace que estos sean más agradables para hacer este test, además generalmente cuanto más sea la fuerza de compresión (tomada a la fuerza máxima o a una distancia adecuada antes de la fuerza máxima), más firme será la muestra. Para evaluar varias veces el producto debemos tener en cuenta el tamaño de la muestra en cada prueba, pero si estas muestras no son tan repetibles en tamaño y forma se puede tomar varias de estas y ensayar juntas para un test de compresión en general. El test de compresión generalmente usa sondas para cilindros largos que sirven para crear un efecto de promedio debido a su área de superficie (Stable Micro Systems, 2006).

Gráfica 3. Gráfica general del perfil de textura



Fuente: Citado de Villaba, (2018)

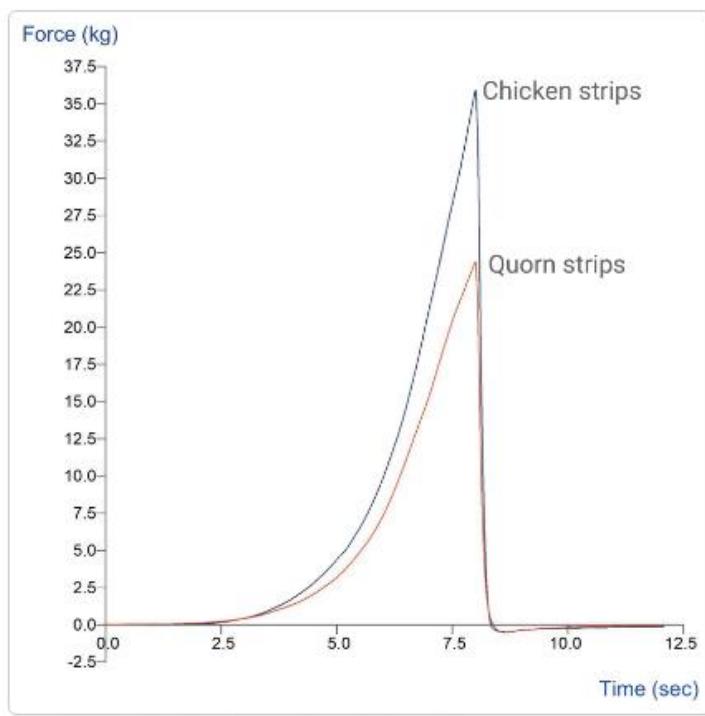
Las propiedades de la cohesividad que son comunes y que se estudia dentro de la industria de alimentos, en este caso dentro de la pasta son la adhesividad y firmeza. Adhesividad/pegajosidad es la fuerza necesaria para vencer las fuerzas de atracción entre la superficie del producto y de la superficie del material con el que entra en contacto el producto (Stable Micro Systems, 2006). Firmeza es la fuerza máxima, también llamada dureza que tiene lugar el primer tiempo de compresión, así mismo se conoce como la fuerza requerida para comprimir un alimento (Stable Micro Systems, 2006).

#### 1.6.1 Célula de corte Kramer - 5 cuchillas

Este método mezcla los principios de compresión, cizallamiento y extrusión, esta se conforma por una caja rectangular fija con ranuras con 5 a 10 cuchillas que traspasan la muestra. Mientras las chuchillas descienden comprimiendo, cizallando y extruyendo la muestra hasta el llegar casi al fondo o algunas de las veces traspasando levemente.

Se obtiene la fuerza máxima aplicada y el área bajo la curva, representando el trabajo realizado durante la prueba. (Stable Micro Systems, 2006).

Gráfica 4. Gráfico Típico.



Fuente: (Stable Micro Systems, 2006).

## 1.7 Propiedades nutricionales

En la actualidad se ha enfocado potenciar la pasta con ingredientes nutricionales mejores y estudiar la interacción entre estos ingredientes con la matriz de proteína-almidón y cocción, ya que estas propiedades son las más importantes para la evaluación de calidad de la pasta.

Las pastas a base de trigo se asocian a problemas como su alto contenido de gluten y bajo valor nutricional y esto se vuelve una opción no viable para aquellos que buscan alternativas como las personas sensibles al gluten o personas que buscan mejores propiedades nutricionales.

La diversificación de ingredientes en la elaboración de pastas beneficiaria enormemente a la sostenibilidad de la industria, al utilizar cultivos menos dependientes de trigo, promover la agricultura de cultivos más resilientes, que requieran menos insumos agrícolas y sean resistentes a climas extremos.

Por ello, los objetivos de este estudio se basaron en analizar el comportamiento en mezclas de trigo con harinas de trigo sarraceno y quinua mediante calorimetría diferencial de barrido

para con ello optimizar las cantidades de trigo/*trigo sarraceno* y trigo/quinoa, en la formulación de pastas alimenticias.

Obteniendo así una pasta alimenticia con sustitución parcial adecuada tanto de trigo sarraceno y quinua, con valor nutricional apta para personas con sensibilidad al gluten que, a diferencia a las intolerantes, estas no presentan una reacción autoinmune.

## CAPÍTULO II

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 2.1 Materiales

Las harinas de trigo, trigo sarraceno y quinua empleadas en la etapa experimental fueron obtenidas del supermercado en la ciudad de Cuenca y Imbabura, Ecuador. La harina fue seleccionada por su calidad antes de la adquisición. En los procesos de análisis térmico se empleó agua destilada proveniente del laboratorio de Química Instrumental de la Universidad del Azuay.

Para la elaboración de la pasta se utilizó la harina de trigo para panadería (oro blanco), harina de trigo sarraceno (granja el molino) marca ecuatoriana, harina de quinua (RandimPak) marca ecuatoriana, además de esto agua potable, elaborado en los laboratorios de Farináceos de la Universidad del Azuay.

Para el análisis fisicoquímico de la pasta a base de pseudocereales se empleó el texturómetro en el laboratorio de Química Instrumental de la Universidad del Azuay, preparando la celda de Kramer (5 cuchillas) y 3 réplicas de cada pasta elaborada.

#### 2.2 Métodos

##### 2.2.1 Análisis térmico

En este estudio se determinaron las propiedades térmicas de la harina. Para el análisis se utilizó un calorímetro diferencial de barrido marca TA instruments DCS 25 (calorimetría diferencial de barrido).

Gráfica 5. Calorímetro diferencial de barrido marca TA instruments DCS 25



Fuente: Propia

### 2.2.2 Proceso de Calorimetría Diferencial de Barrido.

En este trabajo de titulación la metodología que se empleo es un análisis térmico mediante DCS 25 (calorimetría diferencial de barrido) marca TA instruments, esto se realizó a través de la mezcla 1:1 agua:muestra de las diferentes harinas utilizadas trigo, trigo sarraceno y quinua, que fueron preparadas con un día de antelación para ser colocadas en refrigeración. Antes de llevar a cabo el análisis se tomó en cuenta que se utilizó una muestra de referencia y la muestra en sí. El ensayo se realizó para cada muestra en 3 réplicas. Los parámetros utilizados para este proceso fueron de:

- Equilibrio: 30°C
- Temperatura inicial: 30,00 °C
- Ramp: 5,00 °C a 140°C
- Temperatura de modulado: 1,00 °C a 60,00°C
- Aire Caliente: Encendido

Una vez realizado el DCS, procedimos a tener una tabla de datos originales en los cuales se reescaló y se obtuvo segunda derivada finalmente se verificó las muestras que tenían más similitud entre ellos para proceder a obtener las mezclas más afines.

Gráfica 6. Pan de muestra y Pan de referencia dentro del DCS



Fuente: Propia

### **2.2.3 Aplicación de Clúster Analysis (Análisis de conglomerados)**

Los resultados que se obtuvieron de todas las harinas utilizadas previamente, se pasaron en una hoja de Microsoft Excel, para reescalar los datos y calcular la segunda derivada de los termogramas de cada uno de las harinas a partir de los datos originales que se obtuvieron del DCS.

El algoritmo de K-means, utilizado en este estudio fue creado en 1967 y utilizado muy comúnmente por su sencillez, se fundamenta en un proceso interactivo para agrupar un conjunto de objetos en un número de clúster/conglomerados. La función se puede dar en las siguientes etapas:

Primero colocar los puntos K iniciales en el espacio de datos, estos se comportan como centroides de cada grupo. Seguidamente cada objeto se asigna al clúster del cual el centroide sea más próximo. A partir de que todos los elementos estén asignados, se recalcula la posición de los centroides en función de los objetos. Y finalmente se repite hasta que los centroides permanezcan constantes, lo que proporciona una clasificación correcta de los objetos en grupos permitiendo así crear una similitud entre ellos (Sancho Caparrini, 2009).

## **2.3 Elaboración de pasta alimenticia a base trigo, trigo sarraceno y quinua**

### **2.3.1 Materia Prima**

Se utilizó harina de trigo, trigo sarraceno y quinua de consistencia aceptable sin ninguna impureza ni deterioro. El agua que se empleó para el proceso fue de la red pública de agua potable.

Gráfica 7. Materia prima, harinas.



Fuente: Elaboración propia.

### 2.3.2 Sustitución

En la sustitución parcial se procedió a pesar la materia prima y el agua respectivamente con las formulaciones establecidas para cada una de ellas.

Se realizo mezclas de harina de trigo con sustitución de 50 %, 40 %, 30 %, 20 % y 10 % de harina de trigo sarraceno y agua potable, de acuerdo a la tabla 1 que se muestra a continuación:

Tabla 1. Proporciones usadas en la formulación de pasta de Trigo/Trigo sarraceno

Muestra	% PROPORCIÓN	TRIGO COMERCIAL (gr)	TRIGO SARRACENO (gr)
1	50%	50	50
2	40%	60	40
3	30%	70	30
4	20%	80	20
5	10%	90	10

Fuente: Elaboración Propia

De igual manera las mezclas de harina de trigo con sustitución de 50 %, 40 %, 30 %, 20 % y 10 % de harina de quinua y agua potable, de acuerdo a la tabla 2 que se muestra a continuación

Tabla 2. Proporciones usadas en la formulación de pasta de Trigo/Quinua

Muestra	% PROPORCIÓN	TRIGO COMERCIAL (gr)	QUINUA (gr)
1	50%	50	50
2	40%	60	40
3	30%	70	30
4	20%	80	20
5	10%	90	10

Fuente: Elaboración Propia

### 2.3.3 Mezcla y amasado

La mezcla obtenida fue hecha en una batidora KitchenAid (Gráfica 8), el tiempo de amasado fue de 3 a 5 min para la primera sustitución, el tiempo se basó de acuerdo a la distribución del tamaño de partículas de la harina tanto del trigo sarraceno y quinua, la primera requiere menos tiempo de hidratación para la obtención de una masa más homogénea y en cuenta a la de quinua se necesita un poco más.

Gráfica 8. Batidora KitchenAid.



Fuente: Elaboración propia.

Durante la preparación de la masa, la cantidad de agua añadida fue determinada por pruebas preliminares hasta alcanzar la masa adecuada de pasta.

El proceso de mezcla se dio una masa de tipo desmigable, un poco seca para la de trigo sarraceno mientras que la de quinua presento una textura más húmeda que se rompía fácilmente. (Afaray-Carazas. A, 2014).

#### 2.3.4 Trefilado y Cocción

Después del amasado la masa es llevada y comprimida por los rodillos dándole forma de pasta larga para obtener nuestra pasta fresca. Finalmente llevamos a cocer aproximadamente 1 min en abundante agua.

Gráfica 9. Proceso de Trefilado y Cocción.



Fuente: Elaboración propia.

#### 2.4 Análisis textura de la pasta

El análisis de textura fue mediante el texturómetro con la celda de Kramer 5 cuchillas (Gráfica 10), se colocó la muestra en la base de este y posteriormente calibrado con una altura de 70 mm y una velocidad antes del test 2.00mm/seg y después del test 10mm/seg y a una distancia de 72,00 mm/seg, para cambiar se limpió con papel absorbente y agua hasta que quedara totalmente limpio y nuevamente colocar la siguiente muestra, se obtuvo los resultados en gráficas y valores de firmeza y fuerza de cizallamiento.

*Gráfica 10. Texturómetro*



Fuente: Elaboración propia

## **2.5 Análisis sensorial de la pasta fresca a base de trigo, trigo sarraceno y quinua.**

El análisis sensorial se basa en la evaluación de las características del alimento que relaciona la percepción del catador, para esto el estudio utilizó pruebas afectivas, que estas son aquellas que se evalúa la aceptabilidad del producto, estas pruebas son clave para ver el potencial y aceptabilidad del producto en sí.

La evaluación sensorial se realizó con 15 catadores no entrenados, a quienes se les explicó brevemente el contenido de las fichas de catación, muestras y la manera de calificar en la ficha respectiva (Anexo 1) (Pérez, Pérez, 2024).

Cada catador registró su percepción en la cual se utilizó una escala hedónica de 7 niveles, en donde “1” correspondía a la valoración más baja “Me disgusta mucho” mientras que, “7” fue la valoración más alta “Me gusta mucho” (Pérez, Pérez, 2024).

Los parámetros que se evaluaron fueron: visual (color), textura (consistencia), gustativo (sabor) y (regusto) e impresión global de la pasta (aceptabilidad general). Los análisis sensoriales se realizaron en el laboratorio de análisis sensorial de la Universidad del Azuay.

# CAPÍTULO III

## RESULTADOS Y DISCUSIONES

Esta investigación abordó las diferentes mezclas de harina de trigo con pseudocereales para desarrollar pasta con altas propiedades nutricionales y sobre todo para convertirse en un producto funcional para el consumidor.

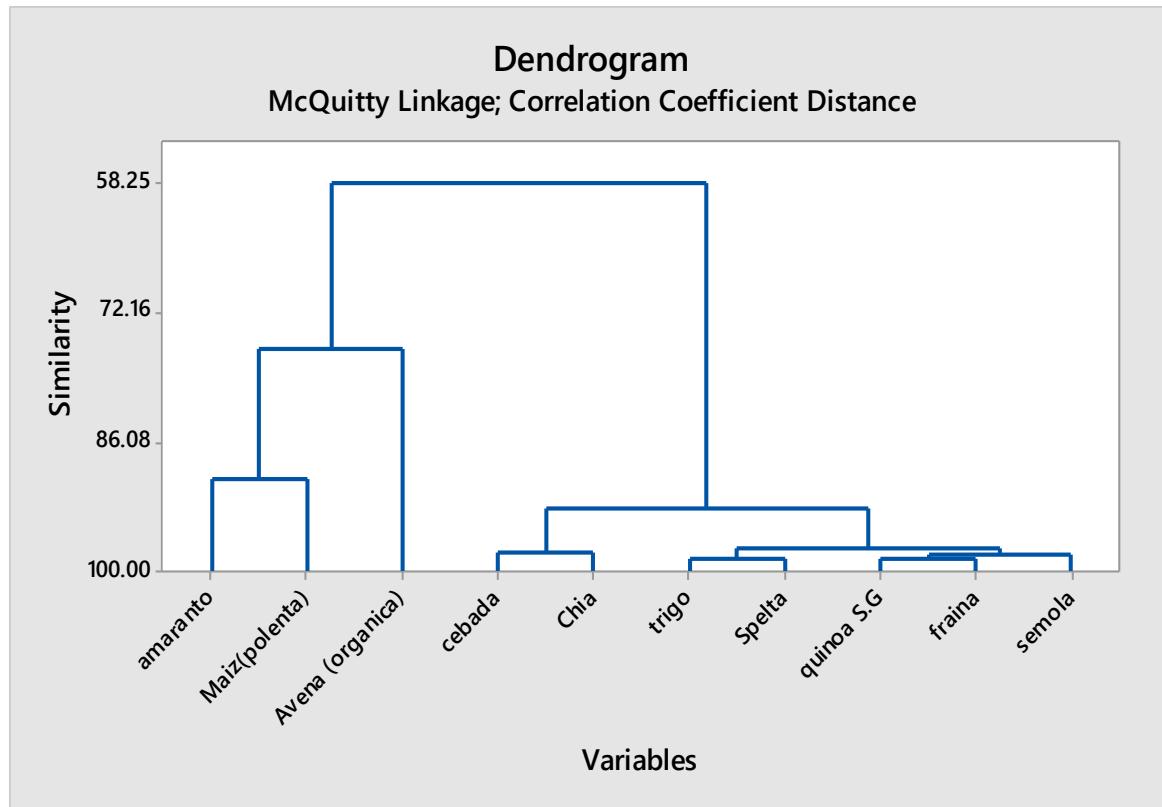
### 3.1 Calorimetría diferencial de barrido

Se realizó los análisis DCS de 13 muestras: trigo, cebada, quinua, espelta, trigo sarraceno, avena, cebada perlada, chía, centeno, amaranto, morocho, polenta y sémola, en la que los datos fueron analizados en una hoja de Excel para su interpretación.

#### 3.1.1 Análisis Clúster

Los resultados del análisis clúster de los termogramas reescalados de las harinas a estudiar, se representan utilizando el dendrograma de McQuitty Linkage, el cual permitió apreciar las similitudes entre las diferentes muestras.

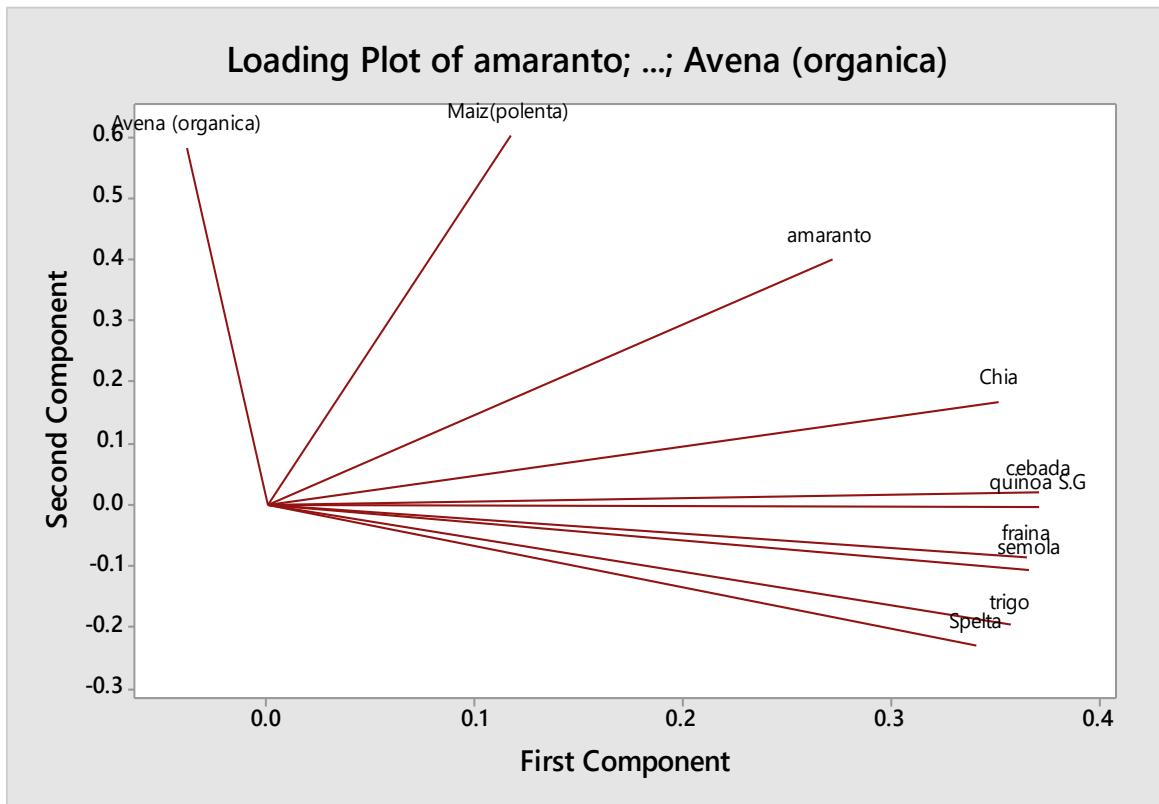
Gráfica 11. Dendograma reescalado.



En la parte más baja del dendograma logramos obtener, uniones casi del 100% cercanos, correspondiente a la de trigo-espelta con 99.7%, la similitud entre quinua-trigo sarraceno es del 99.7%, la similitud entre el subgrupo formado por quinua-trigo sarraceno y sémola es de 99.5%, la similitud entre el subgrupo formado por trigo-espelta y quinua-trigo sarraceno y sémola es del 99.2%

Adicionalmente, se aplicó el análisis de componentes principales para observar cómo se distribuyen las muestras en función de la primera y la segunda componentes principales.

Gráfica 12. Análisis de componentes principales.



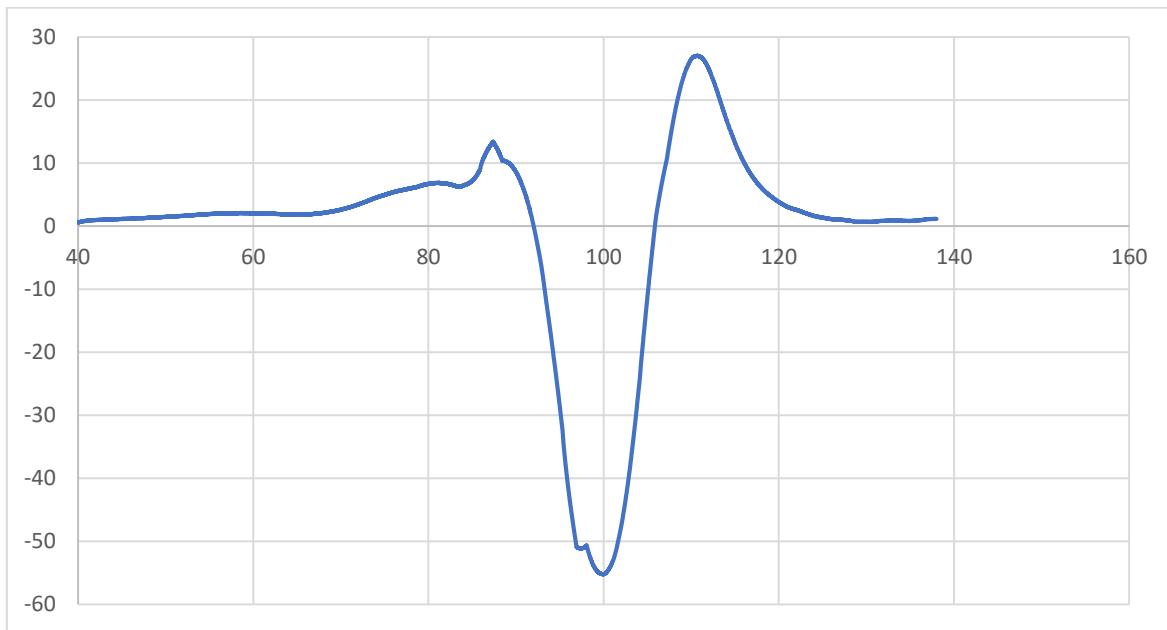
Fuente: Elaboración propia

Para el cuadrante 1 de la primera y de la segunda componentes positivos, tenemos el maíz, amaranto y chía siendo estos últimos los que se colocan en una posición más alejada respecto a la cebada y quinua, lo que nos muestra las diferencias entre las variables que nos da a conocer el grafico de componentes principales.

Dentro del cuadrante 2 donde la primera componente posee valores positivos y la segunda componente, valores negativos encontramos la sarraceno, sémola, trigo y espelta, el grupo sarraceno y sémola con mayor afinidad, mientras que ligeramente alejadas la de trigo y espelta, acercándose a el valor negativo de la segunda componente.

En el cuadrante 3 para valores negativos de la primera componente y valores positivos de la segunda componente se presenta la avena, la cual es aislada de los demás grupos presentando un comportamiento particular.

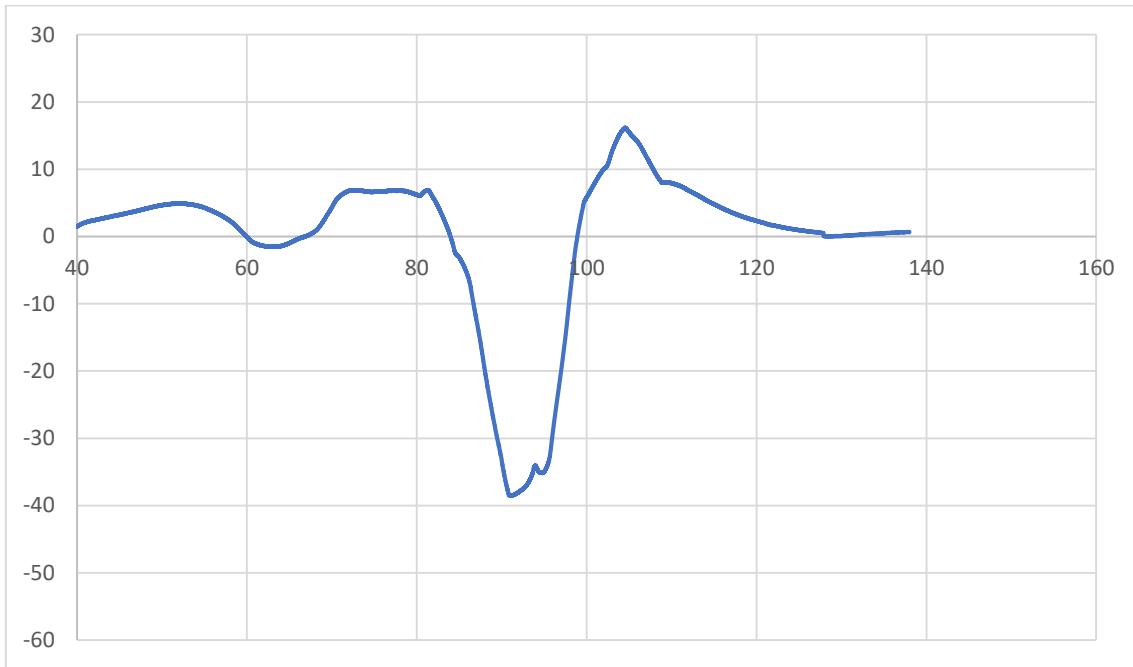
Gráfico 13. Comparación del termogramas de la harina de amaranto, segunda derivada.



Fuente: Elaboración propia.

La gráfica de la segunda derivada del termograma de la harina de amaranto nos dio que la gráfica no tiene ninguna relación con las demás harinas, así mismo se puede corroborar en la gráfica de análisis de componentes que esta se encuentra alejada de las demás muestras. Estas curvas ayudaron al reconocimiento de como ocurren las principales transformaciones térmicas y sus temperaturas respectivas.

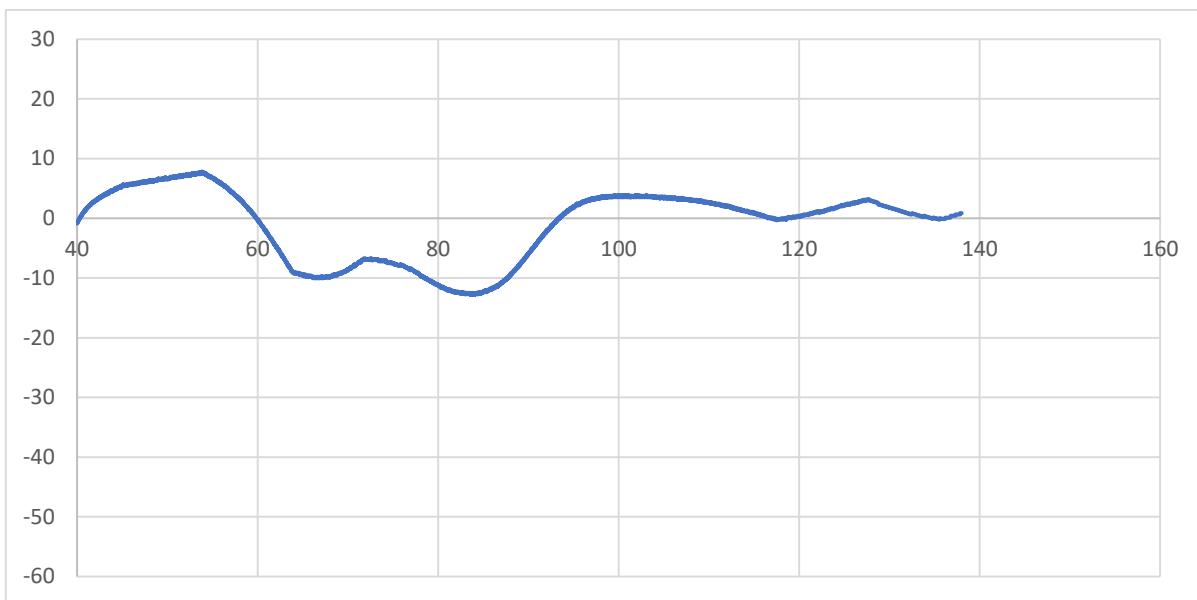
Gráfica 14. Comparación del termogramas de polenta, segunda derivada.



Fuente: Elaboración Propia

La gráfica de la segunda derivada de termograma de la harina de polenta nos mostró el comportamiento térmico muy diferente al patrón de las demás muestras reveladas por lo que, esta harina no coincide el mismo tipo de relación térmica que se puede afirmar en las que si mostraron el parentesco.

Gráfica 15. Comparación del termogramas de Avena en segunda derivada.

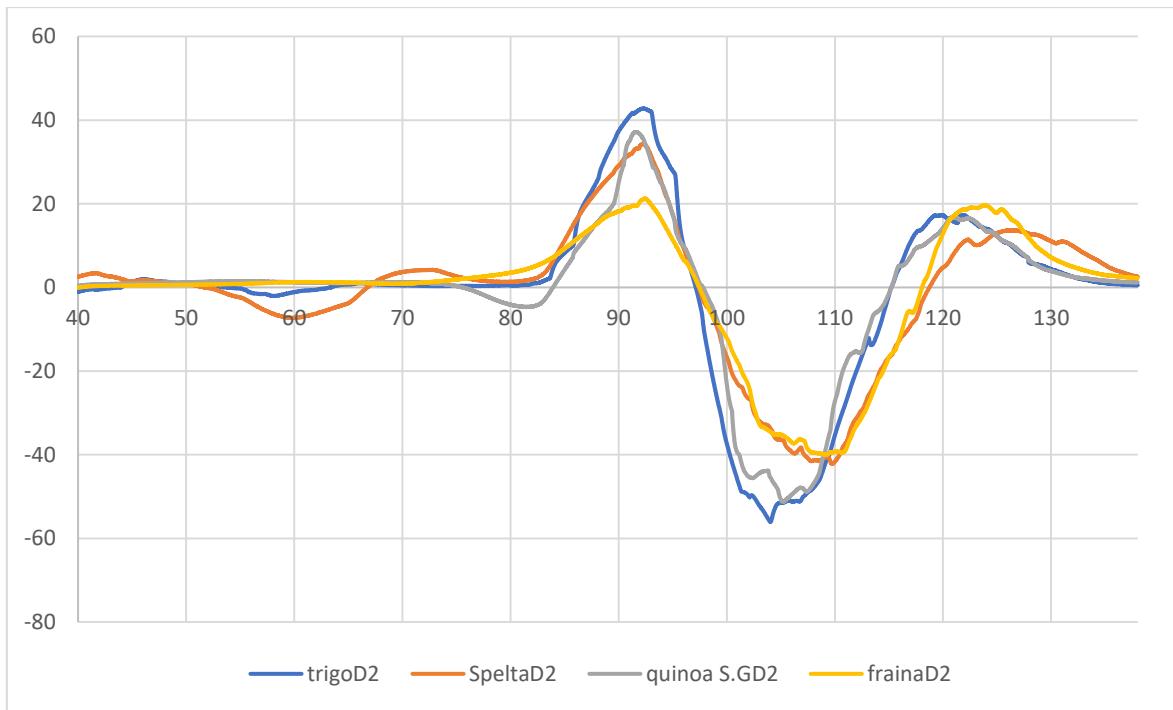


Fuente: Elaboración Propia

La gráfica de la segunda derivada del termograma de la harina de avena, el comportamiento de la harina se presentó con un patrón muy particular diferente al perfil de las otras harinas mostradas anteriormente. La figura no mostró patrón claro y estable lo que significa que algunas harinas se comportan con mayor afinidad y otras con características propias.

Li et al. (2021) explican que al llevar a la cocina el almidón con lípidos se forma el complejo amilosa-lípido, estos impiden el proceso en la cual los gránulos de almidón se hinchan lo que disminuye la solubilidad, retrogradación y digestibilidad. A medida que los picos de lípidos disminuyen, la viscosidad es mayor.

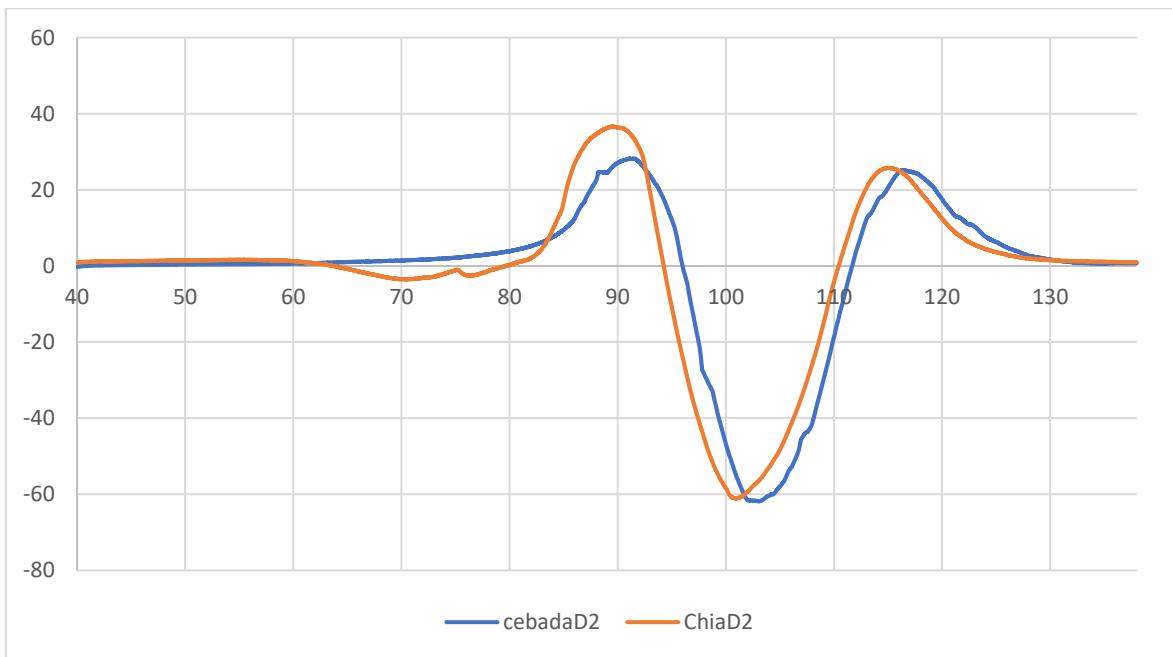
Gráfica 16. Comparación de los termogramas en segunda derivada de trigo, espelta, quinua y trigo sarraceno.



Fuente: Elaboración Propia

La gráfica de la segunda derivada del termograma de la harina de trigo, espelta, quinua y sarraceno, nos mostró que al comparar los termogramas de las diferentes harinas que presentaron similitudes como lo son el trigo, espelta, trigo sarraceno y quinua se comprobó su similitud en transiciones principales, para las pruebas finales, la inclusión de la espelta se dio debido a que esta presenta afinidad con el trigo común y por lo tanto contiene gluten, que a diferencia con el trigo sarraceno que no contiene gluten y presenta mucha más proteína y más cantidad de antioxidantes (Angioloni y Collar, 2011).

Gráfica 17.Comparación de los termogramas en segunda derivada de cebada y chía.



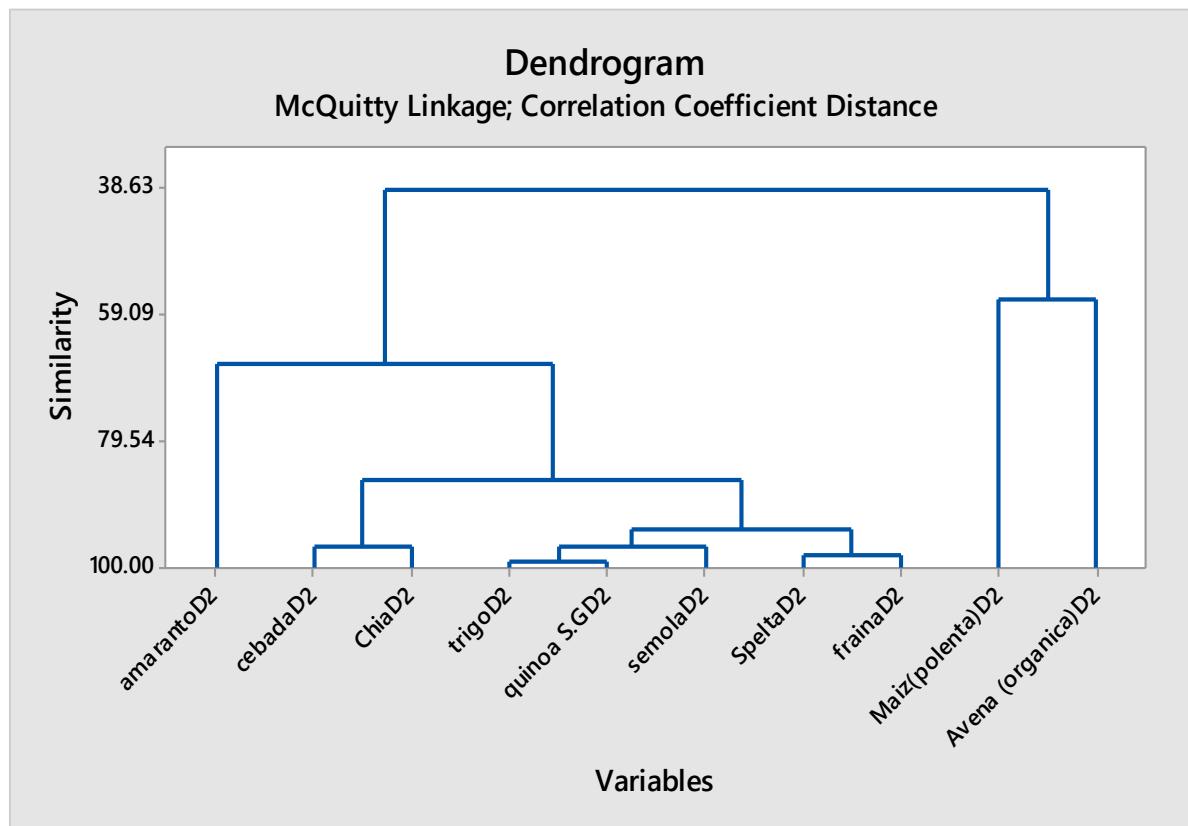
Fuente: Elaboración propia.

La gráfica de la segunda derivada del termograma de la harina de cebada y chía, presentan un comportamiento térmico similar, así mismo en el análisis de componentes principales este se ve un poco más alejado a las muestras con mayor similitud, además a pesar de que las dos tiene un comportamiento térmico similar, esto no implica que sea imprescindible para el estudio por lo que se optó por trabajar con las harinas de mayor similitud.

### 3.2 Análisis Clúster D2

Los resultados del análisis clúster de los termogramas en segunda derivada se representaron utilizando los dendrogramas de McQuitty, los cuales permitieron apreciar las similitudes entre las diferentes muestras.

Gráfica 18. Dendograma segunda derivada.



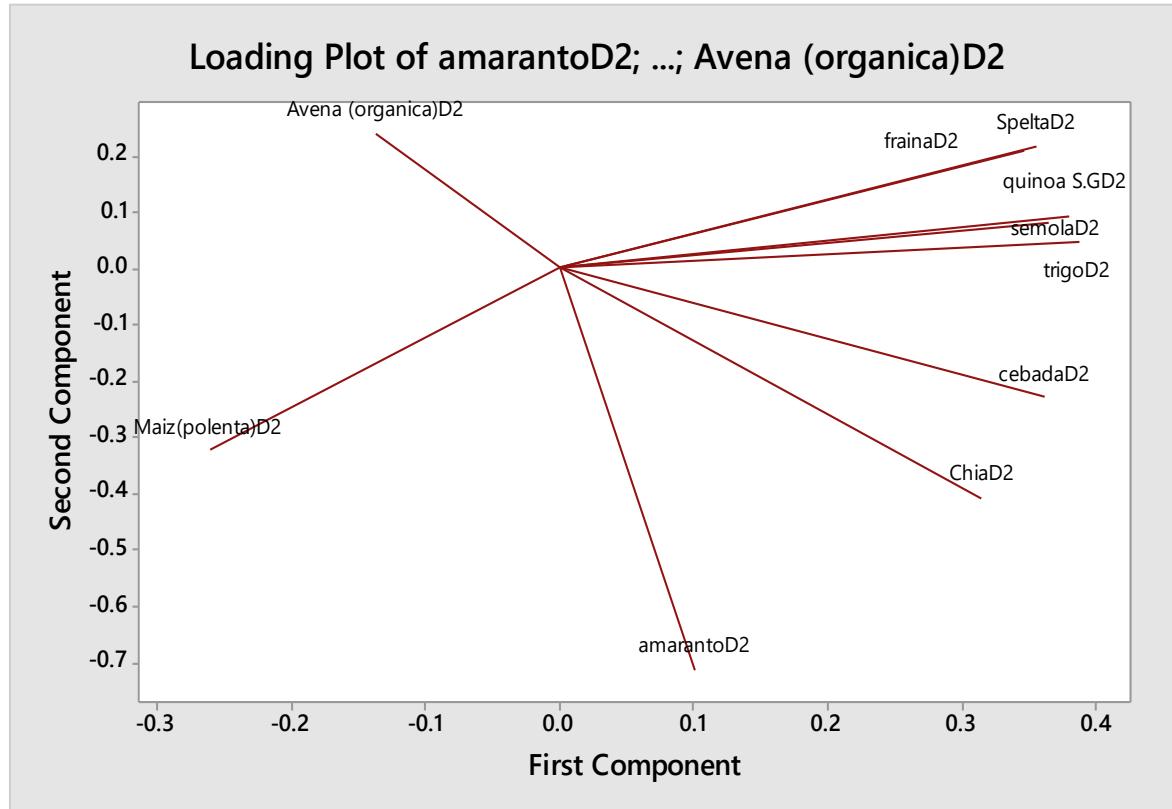
Fuente: Elaboración propia.

En la parte más baja del dendograma logramos obtener, uniones casi del 100% cercanos, correspondiente a la de trigo-quinua con 99.8%, la similitud entre espelta-trigo sarraceno es del 99.7%, la similitud entre el subgrupo formado por trigo-quinua y sémola es de 99.6%, la similitud entre el subgrupo formado por trigo-quinua y sémola 98% con la espelta y trigo sarraceno.

Las similitudes del resto de harinas son menores al 80%. Por tal motivo se opta trabajar con quinua y trigo sarraceno para las sustituciones parciales. Y no se utiliza la sémola y espelta porque ambos son subproductos del trigo.

Adicionalmente, se aplicó el análisis de componentes principales para observar cómo se distribuyeron las muestras en función de la primera y la segunda componentes principales.

Gráfica 19. Análisis de componentes principales, segunda derivada.



Fuente: Elaboración propia.

Para el cuadrante 1 de la primera y de la segunda componentes positivos, tenemos el sarraceno, espelta, quinua, sémola, lo que nos mostró las similitudes entre las variables que nos dio a conocer el grafico de componentes principales en segunda derivada.

Dentro del cuadrante 2 donde la primera componente posee valores positivos y la segunda componente valores negativos, encontramos el trigo, cebada chía y amaranto, donde el amaranto tuvo un mayor alejamiento al resto de muestras de harina.

En el cuadrante 3 para valores negativos de la primera componente y valores positivos de la segunda componente, se presenta la avena, la cual es aislada de los demás grupos presentando un comportamiento particular.

Finalmente, en el cuadrante 4 con valores negativos para la primera y segunda componente, se presenta el maíz aislado por completo de las otras muestras.

### 3.3 Humedad

Para datos de humedad se realizaron 3 réplicas de las mezclas de harinas que se desarrollaron con las sustituciones tanto de quinua como de trigo sarraceno para la cual las muestras fueron pesadas y posteriormente secadas para proceder a pesarlas y aplicar la fórmula para cada una de las réplicas obteniendo así un resultado concreto.

Para esto se tomó el valor de referencia del contenido de humedad del 14,5% que se establece en la norma INEN 616 de la norma técnica ecuatoriana que se utiliza para la harina de trigo en específico, con esto pudimos valorar en base a las características de las mezclas realizadas, Norma Técnica Ecuatoriana 616 (INEN, 2015).

Tabla 3. Requisitos físicos y químicos para la harina de trigo.

REQUISITOS	Unidad	Pastelicios	Panificación	Pastelería y galletería	Auto- leudantes	Para todo uso	Integral	MÉTODO DE ENSAYO
Humedad, máximo	%	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	15,0	NTE INEN-ISO 712
Proteína (materia seca)*, mínimo	%	10,5	10	7	7	9	11	NTE INEN-ISO 20483
Cenizas (materia seca), máximo	%	0,85	1	0,8	3,5	0,8	2,0	NTE INEN-ISO 2171
Acidez (expresado en ácido sulfúrico), máximo	%	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	NTE INEN 521

Fuente: Norma Técnica Ecuatoriana 616 (INEN, 2015).

Con los resultados se determinó que los valores están dentro de lo correspondiente a pesar de ser una sustitución parcial de harina de trigo con pseudocereales. En cuanto a la harina de quinua la cual presento un poco más de contenido de humedad ya que al contener mayor proteína y fibra que las harinas que normalmente se utiliza, por lo tanto, más afinidad con el agua favoreciendo la retención y modifica la estructura del almidón, lo que indica incremento de humedad del producto (Bağdatlı, 2021).

Tabla 4. Porcentaje de humedad de las harinas

	% de Humedad	
	Trigo/Trigo Sarraceno	Trigo/Quinua
<b>1</b>	10,79%	10,23%
<b>2</b>	10,69%	11,81%
<b>3</b>	10,52%	11,67%

Fuente: Elaboración Propia

### 3.4 Formulación de pastas

Para la elaboración de pasta, las formulaciones fueron expresadas en 1000 gramos:

Trigo Sarraceno:

Proporción 5:5

Tabla 5. Formulación Trigo/Trigo sarraceno pasta al 50%.

Harinas	%	Gramos
<b>Trigo</b>	50	500
<b>Trigo Sarraceno</b>	50	500
<b>Total Harinas</b>	100	
<b>Agua</b>	<b>%</b>	<b>Gramos</b>
	50	500

Fuente: Elaboración propia.

Proporción 6:4

Tabla 6. Formulación Trigo/Trigo sarraceno pasta al 40%.

Harinas	%	Gramos
<b>Trigo</b>	60	600
<b>Trigo sarraceno</b>	40	400
<b>Total harinas</b>	100	
<b>Agua</b>	<b>%</b>	<b>Gramos</b>
	52	520

Fuente: Elaboración propia

Proporción 7:3

Tabla 7. Formulación Trigo/Trigo sarraceno pasta al 30%.

<b>Harinas</b>	<b>%</b>	<b>Gramos</b>
<b>Trigo</b>	70	700
<b>Trigo sarraceno</b>	30	300
<b>Total harinas</b>	100	
<b>Agua</b>	Gramos	%
	52	520

Fuente: Elaboración propia.

Proporción 8:2

Tabla 8. Formulación Trigo/Trigo sarraceno pasta al 20%.

<b>Harinas</b>	<b>%</b>	<b>Gramos</b>
<b>Trigo</b>	80	800
<b>Trigo sarraceno</b>	20	200
<b>Total harinas</b>	100	
<b>Aqua</b>	%	<b>Gramos</b>
	52	520

Fuente: Elaboración propia.

Proporción 9:1

Tabla 9. Formulación Trigo/Trigo sarraceno pasta al 10%.

<b>Harinas</b>	<b>%</b>	<b>Gramos</b>
<b>Trigo</b>	90	900
<b>Trigo sarraceno</b>	10	100
<b>Total harinas</b>	100	
<b>Aqua</b>	%	<b>Gramos</b>
	52	520

Fuente: Elaboración propia.

Quinua:

Proporción 5:5

Tabla 10. Formulación Trigo/Quinua pasta al 50%.

<b>50%</b>	<b>%</b>	<b>Gramos</b>
<b>Trigo</b>	50	500
<b>Quinua</b>	50	500
<b>Total harinas</b>	100	
<b>Agua</b>	<b>Gramos</b>	<b>%</b>
	60	600

Fuente: Elaboración propia.

Proporción 6:4

Tabla 11. Formulación de pasta Trigo/Quinua pasta al 40%.

<b>Harinas</b>	<b>%</b>	<b>Gramos</b>
<b>Trigo</b>	60	600
<b>Quinua</b>	40	400
<b>Total harinas</b>	100	
<b>Aqua</b>	<b>%</b>	<b>Gramos</b>
	60	600

Fuente: Elaboración propia.

Proporción 7:3

Tabla 12. Formulación Trigo/Quinua pasta al 30%.

<b>Harinas</b>	<b>%</b>	<b>Gramos</b>
<b>Trigo</b>	70	700
<b>Quinua</b>	30	300
<b>Total Harinas</b>	100	
<b>Aqua</b>	<b>%</b>	<b>Gramos</b>
	50	500

Fuente: Elaboración propia.

Proporción 8:2

Tabla 13. Formulación Trigo/Quinua pasta al 20%.

<b>Harinas</b>	<b>%</b>	<b>Gramos</b>
<b>Trigo</b>	80	800
<b>Quinua</b>	20	200
<b>Total Harinas</b>	100	
<b>Aqua</b>	<b>%</b>	<b>Gramos</b>
	52	520

Fuente: Elaboración propia.

Proporción 9:1

Tabla 14. Formulación Trigo/Quinua pasta al 10%.

Harinas	%	Gramos
Trigo	90	900
Quinua	10	100
Total harinas	100	
Agua	%	Gramos
	52	520

Fuente: Elaboración propia.

### 3.5 Texturómetro

Para la primera tabla obtuvimos los resultados de la fuerza máxima para penetrar la muestra durante el primer ciclo en la mezcla que contiene harina trigo sarraceno. Las muestras corresponden a la información presentada en la tabla 1.

Tabla 15. Resultados de la prueba de texturómetro para Trigo Sarraceno. Firmeza (Newton, N)

Muestra	Sarraceno 1 (N)	Sarraceno 2 (N)	Promedio (N)	Desviación Estándar	Coeficiente de Variación
1	21,11	31,1	26,11	7,064	5,00
2	24,27	24,21	24,24	0,042	0,03
3	30,01	25,18	27,60	3,415	2,42
4	19,66	19,52	19,59	0,099	0,07
5	27,18	31,38	29,28	2,970	2,10

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados arrojados de firmeza nos mostraron diferencia entre las cinco muestras, como se puede observar las muestras 1, 2, 3 y 5 mostraron valores que se mantuvieron en sus réplicas, con coeficiente menor al 5% lo que nos dice la buena uniformidad que existe. Sin embargo, la muestra 2 es la más estable mientras que la 4 y 5 presentaron mayor firmeza, pero así mismo una mayor variación de la muestra 4 lo que nos da que es mucho más heterogénea en su estructura.

En la segunda tabla obtenemos los resultados de fuerza total de cizallamiento, que este nos dio el área bajo la curva durante la primera pasada del ensayo y es la fuerza que se necesita para morder o cortar en este caso la pasta. Las muestras corresponden a la información de la tabla 1.

Tabla 16. Resultados de la prueba de texturómetro. Fuerza total de cizallamiento (kg.sec)

Muestra	Sarraceno 1 (kg.sec)	Sarraceno 2 (kg.sec)	Sarraceno 3 (kg.sec)	Promedio (kg.sec)	Desviación Estándar	Coeficiente de Variación
<b>1</b>	103,98	155,47	131,41	130,29	25,76	21,04
<b>2</b>	118,77	115,67	110,27	114,90	4,30	3,51
<b>3</b>	158,73	121,27	148,32	142,77	19,34	15,79
<b>4</b>	259,66	101,55	98,15	153,12	92,28	75,35
<b>5</b>	191,72	169,52	142,75	168,00	24,52	20,02

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de fuerza de cizallamiento analizados para cada muestra mostraron que las muestras 1, 3, 4 y 5 tuvieron coeficientes de variación altos entre las réplicas, mientras que la muestra 2 presenta un coeficiente de variación bajo. Los valores obtenidos de este ensayo nos permiten determinar que la muestra 2, al tener un valor menor de fuerza total de cizallamiento, corresponde a una pasta texturalmente más blanda mientras que las otras muestras presentan mayor rigidez.

De igual manera para las muestras con sustitución parcial de quinua obtenemos los siguientes valores:

Para la primera tabla obtenemos los resultados de la fuerza máxima para penetrar la muestra durante el primer ciclo en la mezcla que contiene harina quinua. Las muestras corresponden a la información presentada en la tabla 2.

Tabla 17. Resultados de la prueba de texturómetro para la Quinua. Firmeza (Newton, N)

Muestra	Quinua 1 (N)	Quinua 2 (N)	Quinua 3 (N)	Promedio: (N)	Desviación Estándar	Coeficiente de Variación
<b>1</b>	19,12	21,76	23,88	21,59	2,38	1,95
<b>2</b>	16,3	14,78	14,97	15,35	0,83	0,68
<b>3</b>	32,47	35,1	33,43	33,67	1,33	1,09
<b>4</b>	32,08	26,49	36,01	31,53	4,78	3,91
<b>5</b>	36,74	29,65	32,59	32,99	3,56	2,91

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de la tabla que evaluó la firmeza evidenciaron variaciones significativas entre las muestras, en la muestra 2 presento menor fuerza con un coeficiente de variación bajo lo que me indica que tiene una alta repetibilidad, que a diferencia de las muestras 3 y 5 que sus

valores fueron mucho mayores de firmeza, pero los elevados coeficientes de variación que presentó la 4 y 5 nos reflejar mayor heterogeneidad de la matriz.

En la segunda tabla obtenemos los resultados de fuerza total de cizallamiento, que este nos da el área bajo la curva durante la primera pasada del ensayo y es la fuerza que se necesita para morder o cortar en este caso la pasta. Las muestras corresponden a la información de la tabla 2.

Tabla 18. Resultados de la prueba de texturómetro. Fuerza total de cizallamiento (kg.sec)

Muestra	Quinua 1 (kg.sec)	Quinua 2 (kg.sec)	Quinua 3 (kg.sec)	Promedio (kg.sec)	Desviación Estándar	Coeficiente de Variación
1	95,69	104,26	113,45	104,47	8,88	7,25
2	77,52	75,7	74	75,74	1,76	1,44
3	162,91	172,91	154,76	163,53	9,09	7,42
4	153,54	128,25	179,04	153,61	25,40	20,73
5	184,62	149,89	160,81	165,11	17,76	14,50

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de la fuerza de cizallamiento analizados para cada muestra mostraron que las muestras 1, 3, 4 y 5 tuvieron coeficientes de variación altos entre las réplicas, mientras que la muestra 2 presenta un coeficiente de variación bajo. Los valores obtenidos de este ensayo nos permiten determinar que la muestra 2 al tener un valor menor de fuerza total de cizallamiento, corresponden a una pasta texturalmente más blanda mientras que las otras presentan rigidez.

Las formulaciones con un alto contenido de quinua presentaron mayor resistencia al corte, demostrado así que su estructura más dura y más homogénea.

Para llegar a un análisis más profundo procedimos a realizar un Análisis de Varianza (ANOVA) un solo factor, que nos proporcionó los siguientes resultados:

Trigo sarraceno/Firmeza:

Tabla 19. Resultados ANOVA, Trigo sarraceno/firmeza.

<b>Grupos</b>	<b>Cuenta</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio</b>	<b>Varianza</b>
<b>1</b>	2	52,21	26,105	49,90005
<b>2</b>	2	48,48	24,24	0,0018
<b>3</b>	2	55,19	27,595	11,66445
<b>4</b>	2	39,18	19,59	0,0098
<b>5</b>	2	58,56	29,28	8,82

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20. Análisis de Varianza, Trigo sarraceno/firmeza.

<b>Origen de las variaciones</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Promedio de los cuadrados</b>	<b>F</b>	<b>Probabilidad</b>	<b>Valor crítico para F</b>
<b>Entre grupos</b>	110,92	4	27,73	1,96	0,23	5,19
<b>Dentro de los grupos</b>	70,39	5	14,07			
<b>Total</b>	181,32	9				

Fuente: Elaboración Propia.

El valor F calculado 1.96 es menor al F crítico 5,19, esto nos quiere decir que no hay diferencias significativas.

En cuanto al p-valor es igual a 0,2375 es mayor a 0.05 que es el nivel de significancia que se trabajó, por lo que no se rechaza la hipótesis nula.

Con estos datos no da a conocer que no existen diferencias significativas entre las sustituciones de trigo/trigo sarraceno.

Trigo sarraceno/Fuerza de cizallamiento:

Tabla 21.Resultados ANOVA, Trigo sarraceno/Fuerza de cizallamiento.

<b>Grupos</b>	<b>Cuenta</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio</b>	<b>Varianza</b>
<b>1</b>	3	390,86	130,2866667	663,751433
<b>2</b>	3	344,71	114,9033333	18,5033333
<b>3</b>	3	428,32	142,7733333	373,887033
<b>4</b>	3	459,36	153,12	8515,9687
<b>5</b>	3	503,99	167,9966667	601,255633

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 22. Análisis de Varianza, Trigo sarraceno/Fuerza de cizallamiento.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	5014,02	4	1253,50	0,61	0,66	3,47
Dentro de los grupos	20346,73	10	2034,67			
<b>Total</b>	<b>25360,75</b>	<b>14</b>				

Fuente: Elaboración propia.

El valor F calculado 0.61 es menor al F crítico 3.47, esto nos quiere decir que no hay diferencias significativas.

En cuanto al p-valor es igual a 0,66 es mayor a 0.05 que es el nivel de significancia que se trabajó, por lo que no se rechaza la hipótesis nula.

Con estos datos no da a conocer que no existen diferencias significativas entre las sustituciones de trigo/trigo sarraceno

Quinua/firmeza:

Tabla 23.. Resultados ANOVA, Quinua/firmeza.

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
1	3	64,76	21,58666667	5,68693333
2	3	46,05	15,35	0,6859
6	3	101	33,66666667	1,77123333
4	3	94,58	31,52666667	22,8872333
5	3	98,98	32,99333333	12,6890333

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 24. Análisis de Varianza, Quinua/firmeza.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	797,63	4	199,40	22,80	5,182E-05	3,47
Dentro de los grupos	87,44	10	8,74			
<b>Total</b>	<b>885,07</b>	<b>14</b>				

Fuente: Elaboración propia.

El valor F calculado 22,80 es mayor al F crítico 3,47, esto nos quiere decir que hay diferencias significativas.

En cuanto al p-valor es igual a 0,0000518 es menor a 0.05 que es el nivel de significancia que se trabajó, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alternativa.

Con estos datos no da a conocer que existen diferencias significativas entre las sustituciones de trigo/quinua.

Quinua/Fuerza de cizallamiento:

Tabla 25.Resultados ANOVA, Quinua/Fuerza de cizallamiento.

<b>Grupos</b>	<b>Cuenta</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio</b>	<b>Varianza</b>
<b>1</b>	3	313,4	104,4666667	78,8864333
<b>2</b>	3	227,22	75,74	3,0988
<b>3</b>	3	490,58	163,5266667	82,6408333
<b>4</b>	3	460,83	153,61	644,9097
<b>5</b>	3	495,32	165,1066667	315,389233

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 26,Análisis de Varianza, Quinua/Fuerza de cizallamiento

<b>Origen de las variaciones</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Promedio de los cuadrados</b>	<b>F</b>	<b>Probabilidad</b>	<b>Valor crítico para F</b>
<b>Entre grupos</b>	19437,1372	4	4859,2843	21,598259	6,5865E-05	3,478049691
<b>Dentro de los grupos</b>	2249,85	10	224,985			
<b>Total</b>	21686,9872	14				

Fuente: Elaboración propia.

El valor F calculado 21.59 es mayor al F crítico 3.47, esto nos quiere decir que hay diferencias significativas.

En cuanto al p-valor es igual a 0,0000658 es menor a 0.05 que es el nivel de significancia que se trabajó por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alternativa.

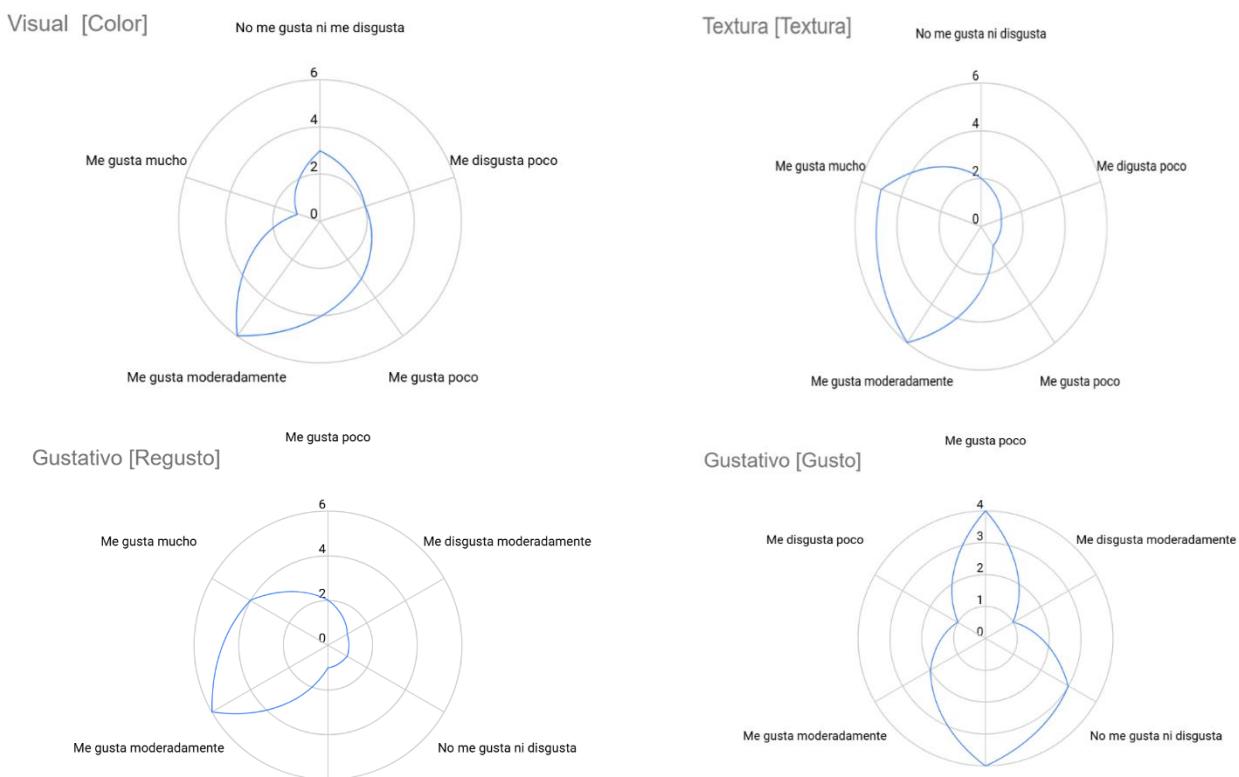
Con estos datos no da a conocer que existen diferencias significativas entre las sustituciones de trigo/trigo sarraceno

### 3.6 Análisis sensorial de las pastas a base de trigo, trigo sarraceno y quinoa

Los resultados para el trigo sarraceno fueron los siguientes:

La sustitución 50:50 arrojó resultados de aprobación generalmente buenos, en los parámetros de color y textura donde el “me gusta moderadamente” obtuvo la mayor puntuación indicando buena textura y apariencia. Dentro de los parámetros de gusto y regusto el “me gusta moderadamente” y “me disgusta moderadamente” se mostró una división de preferencia debido al perfil sensorial de cada uno de los catadores está presente de forma diferente al ser un producto que tiene una sustitución parcial a diferencia con una pasta tradicional. De todos modos, dentro de la aceptabilidad general, la calificación mayoritaria reflejo “me gusta mucho” pese a las diferencias dentro del sabor, el producto se encuentra en condiciones de aceptación.

Gráfica 20. Resultados de sensorial, tela de araña primera sustitución.





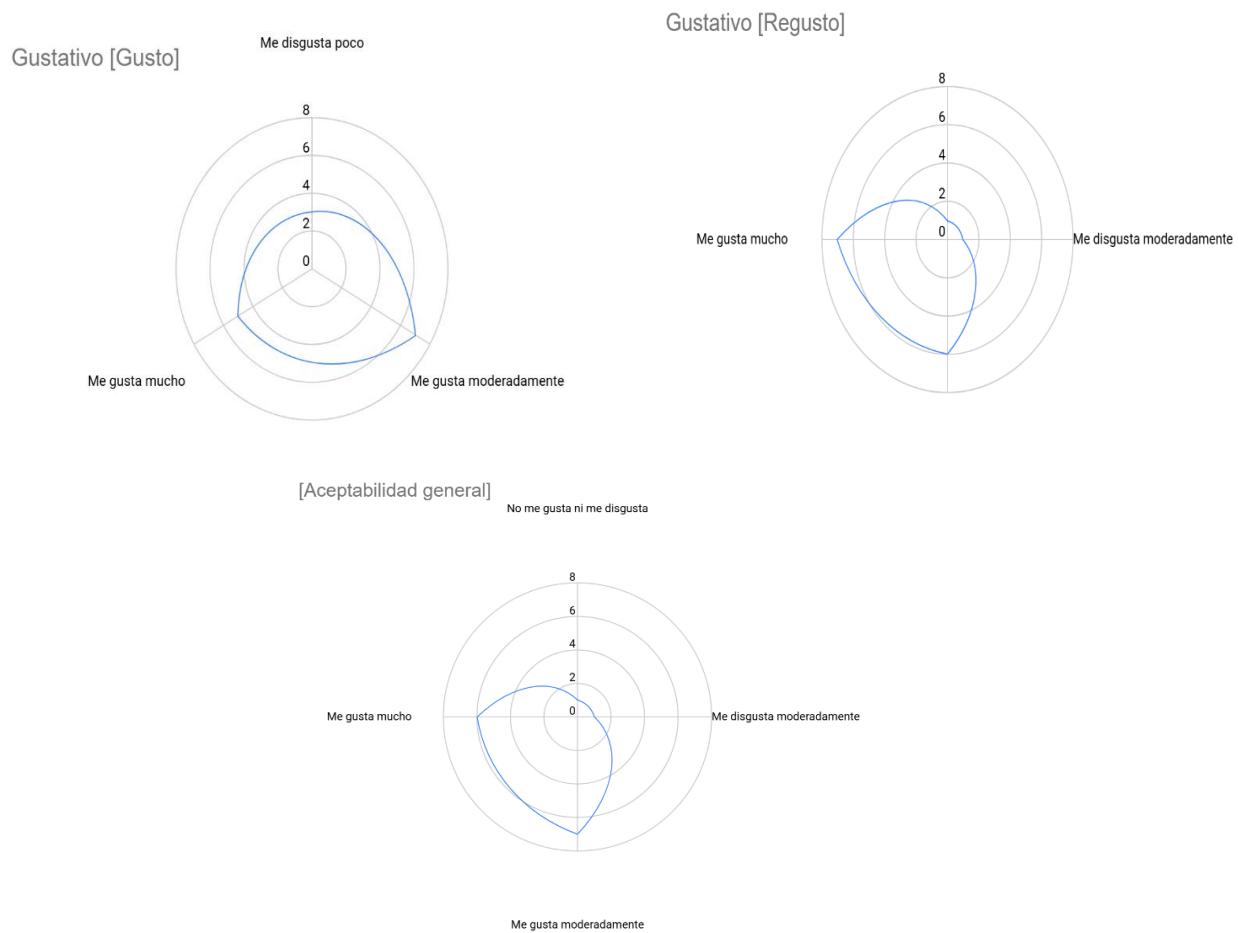
Fuente: Elaboración propia.

#### Sustitución 60:40

La sustitución 60:40 arrojó resultados de aprobación generalmente buenos, en los parámetros de color y textura donde el “me gusta moderadamente” obtuvo la mayor puntuación indicando buena textura y apariencia. En los parámetros de gusto y regusto el “me gusta moderadamente” y “me gusta mucho” obteniendo un buen sabor. Dentro de la aceptabilidad general, la calificación mayoritaria reflejo “me gusta mucho” a “me gusta moderadamente” con una aceptación mucho mejor que la anterior prefiriendo esta sustitución.

Gráfica 21. Resultados de sensorial, tela de araña segunda sustitución.





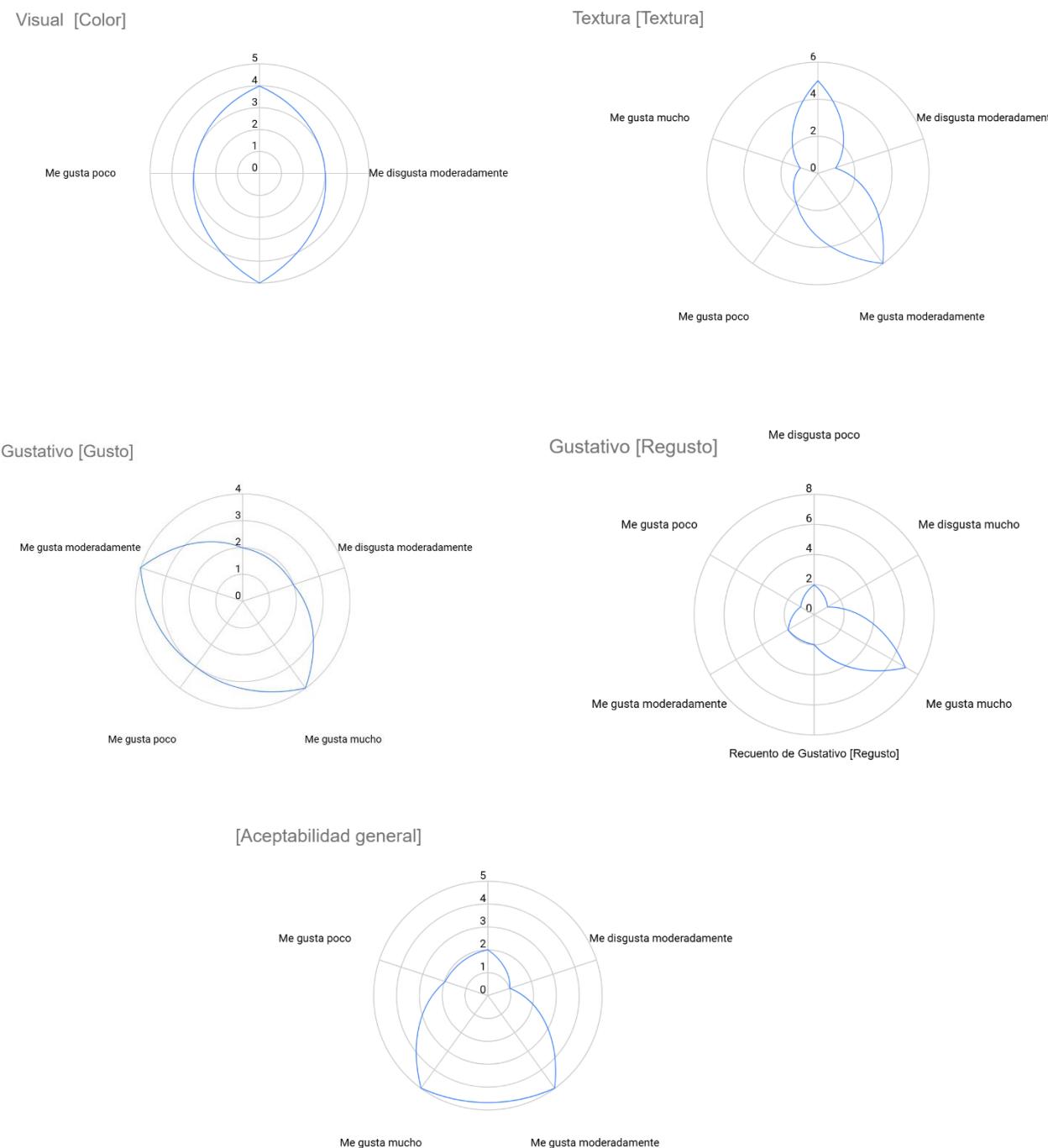
Fuente: Elaboración propia

### Sustitución 70:30

La sustitución 70:30 arrojó resultados de aprobación generalmente buenos, en los parámetros de color y textura donde el “me gusta poco” “me disgusta moderadamente” obtuvo la mayor puntuación indicando una división de preferencia debido al perfil sensorial de cada uno de los catadores que está presente de forma diferente al ser un producto que tiene una sustitución en relación con una pasta tradicional. En los parámetros de gusto y regusto a pesar del “me

gusta moderadamente” y “me gusta mucho” De todos modos, dentro de la aceptabilidad general, la calificación mayoritaria reflejo “me gusta moderadamente a me gusta mucho” dándole una buena aceptación nuevamente.

Gráfica 22. Resultados de sensorial, tela de araña tercera sustitución.

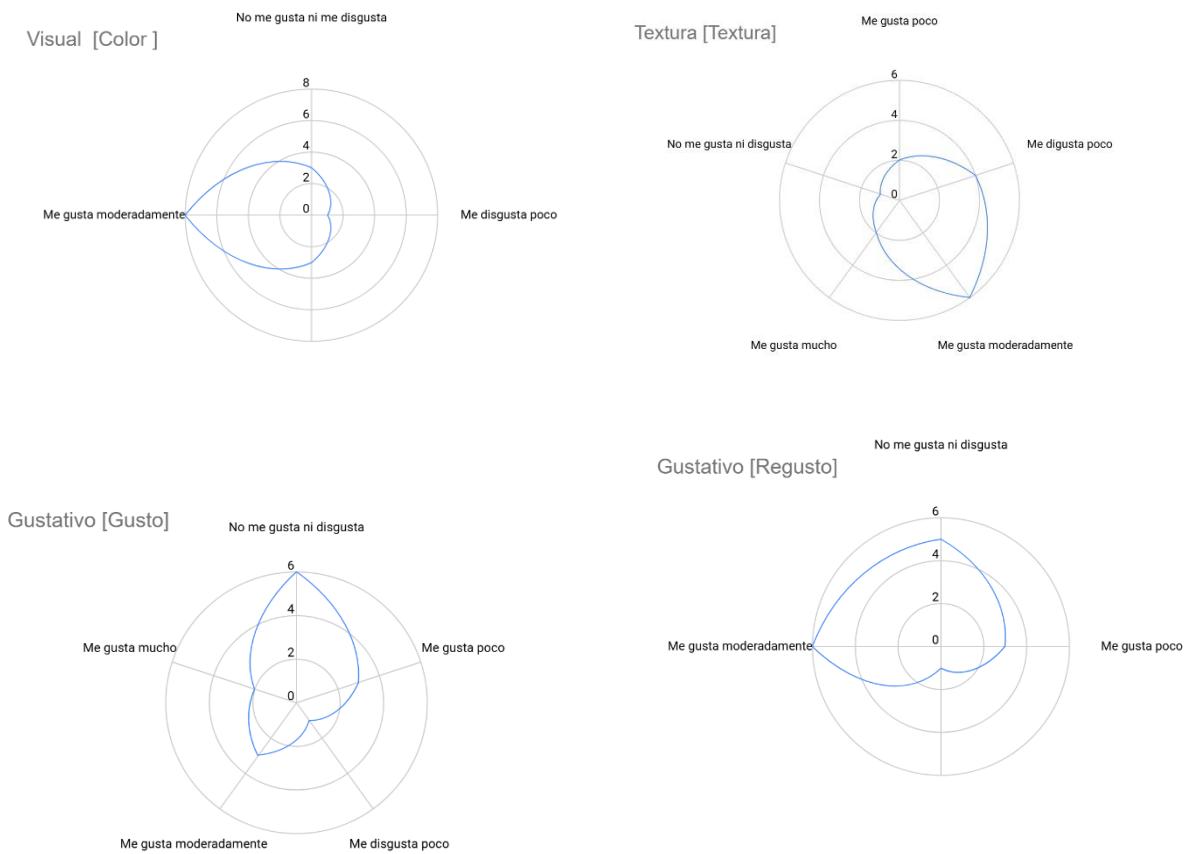


Fuente: Elaboración propia.

## Sustitución 80:20

La sustitución 80:20 arrojó resultados de aprobación generalmente buenos, en los parámetros de color y textura donde el “me gusta moderadamente” obtuvo la mayor puntuación indicando buena textura y apariencia. En los parámetros de gusto y regusto el “me gusta moderadamente” y de “no me gusta, ni me disgusta” fueron los parámetros calificados. De todos modos, dentro de la aceptabilidad general, la calificación mayoritaria reflejo “me gusta moderadamente” así que el producto se encuentra en condiciones de aceptación.

Gráfica 23. Resultados de sensorial, tela de araña cuarta sustitución.



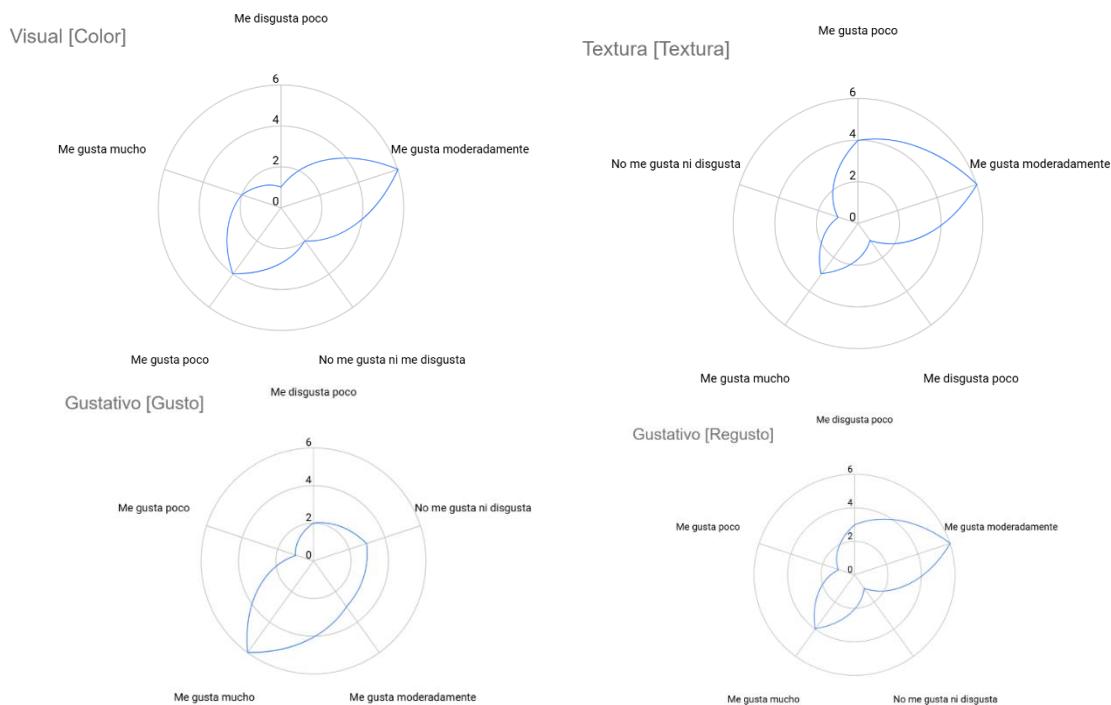


Fuente: Elaboración propia.

### Sustitución 90:10

La sustitución 90:10 arrojó resultados de aprobación generalmente buenos, en los parámetros de color y textura donde el “me gusta moderadamente” obtuvo la mayor puntuación indicando buena textura y apariencia. En los parámetros de gusto y regusto el “me gusta moderadamente” “me gusta mucho” fueron los más altos puntajes obtenidos. También, dentro de la aceptabilidad general, la calificación mayoritaria reflejo “me gusta mucho” “me gusta moderadamente”, el producto se encuentra en condiciones de aceptación.

Gráfica 24. Resultados de sensorial, tela de araña quinta sustitución.





Fuente: Elaboración propia

Ahora para la sustitución de harina de quinua obtuvimos:

#### Sustitución 50:50

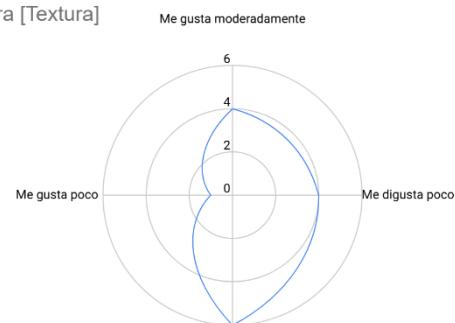
La sustitución 50:50 arrojó resultados de aprobación generalmente aceptables, en los parámetros de color y textura donde el “me gusta poco” “no me gusta, ni me disgusta” obtuvo la mayor puntuación indicando que esta aceptable, pero se podría mejorar. En los parámetros de gusto y regusto el “me disgusta” “me gusta poco” mostró una preferencia negativa debido a la sustitución hecha que contenía porcentaje mayor de ambas harinas por lo que se comentó que estaba muy amarga, la calificación mayoritaria reflejo “me gusta poco”, el producto se debe mejorar para tener una aceptación mucho mejor.

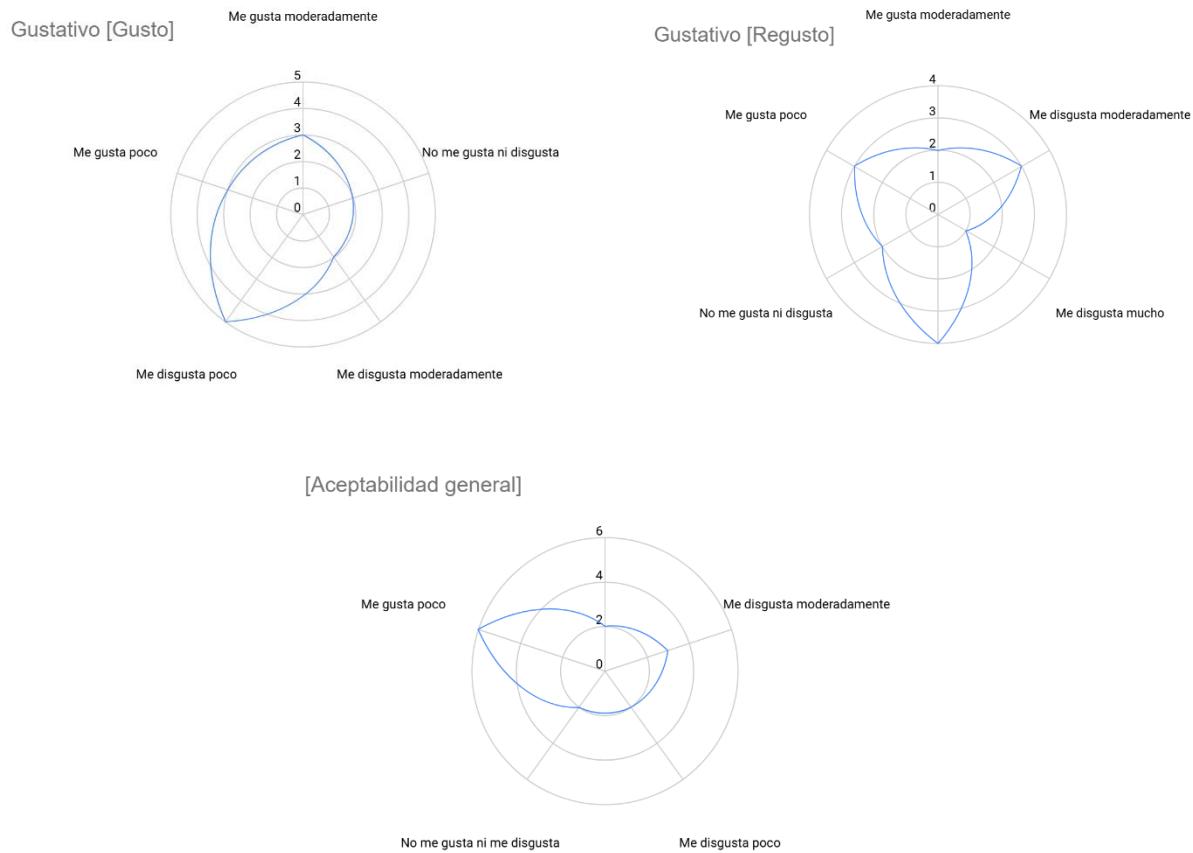
Gráfica 25. Resultados de sensorial, tela de araña primera sustitución.

Visual [Color]



Textura [Textura]



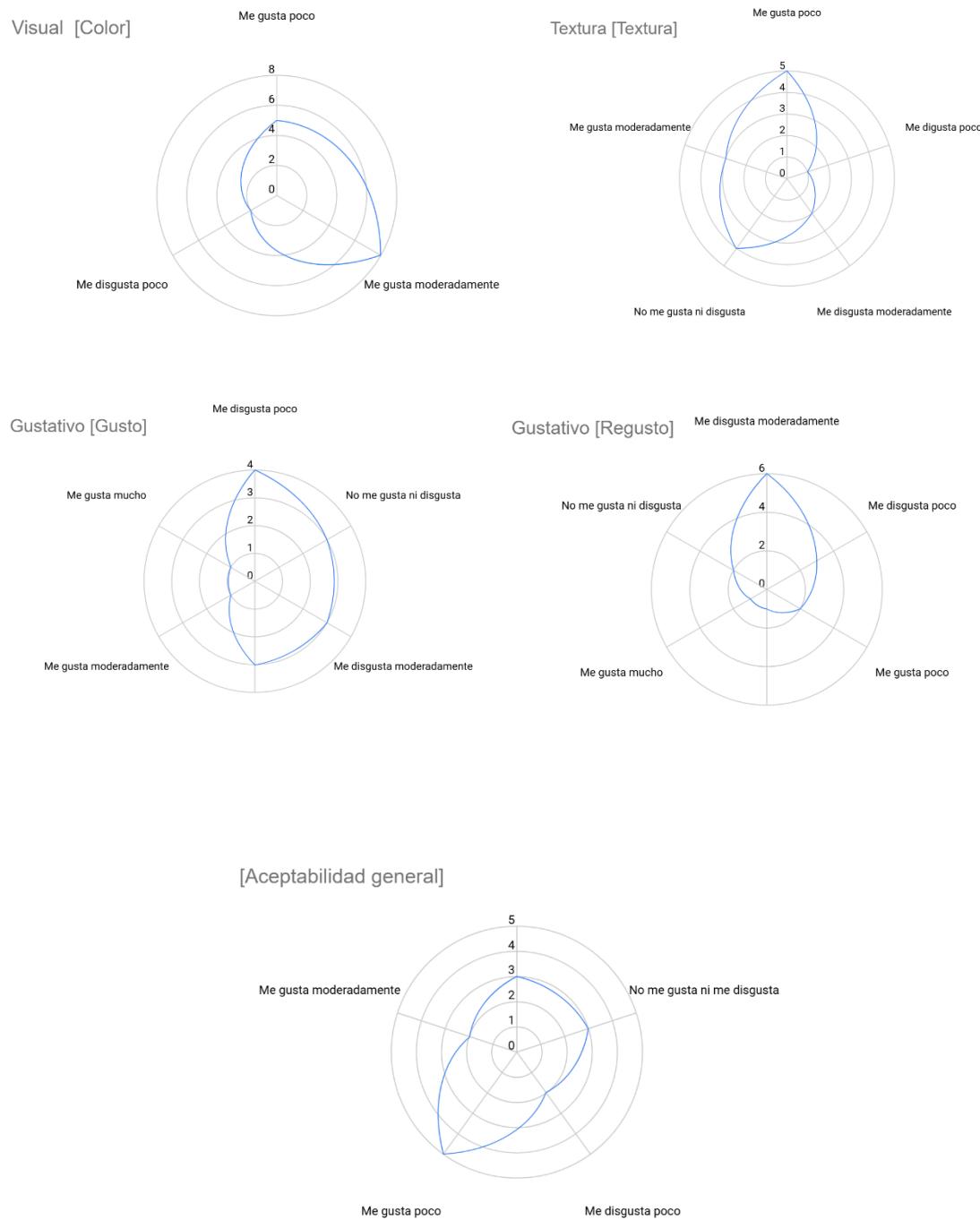


Fuente: Elaboración propia.

#### Sustitución 60:40

La sustitución 60:40 arrojó resultados de aprobación generalmente aceptables, en los parámetros de color y textura donde el “me gusta moderadamente” al “me gusta poco” obtuvo la mayor puntuación indicando textura y apariencia mediadamente aceptable. En los parámetros de gusto y regusto el “me disgusta” “me gusta poco” “me disgusta moderadamente” se mostró una preferencia negativa debido a la sustitución hecha que contenía porcentaje mayor de harina de trigo, pero aún tiene un porcentaje alto de harina de quinua por lo que se comentó que seguía amarga, la calificación mayoritaria reflejo “me gusta poco”, por lo que se necesita una sustitución mejor.

Gráfica 26. Resultados de sensorial, tela de araña segunda sustitución.



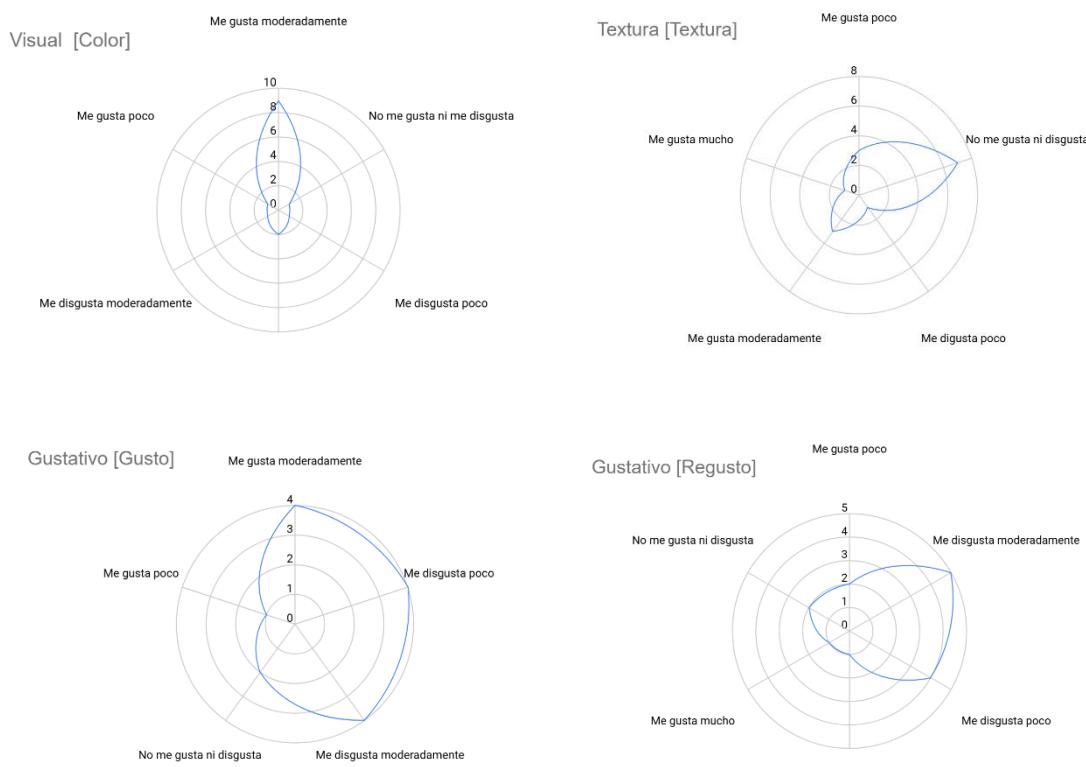
Fuente: Elaboración propia.

#### Sustitución 70:30

La sustitución 70:30 arrojó resultados de aprobación generalmente aceptables, en los parámetros de color y textura donde el “me gusta moderadamente” “no me gusta, ni me disgusta” obtuvo la mayor puntuación indicando textura y apariencia aceptable. En los

parámetros de gusto y regusto el “me disgusta” “me gusta poco” “me gusta moderadamente” se mostró una preferencia negativa/positiva debido a la sustitución hecha que contenía porcentaje mayor de harina de trigo, pero aún tiene aun con un porcentaje de harina de quinua por lo que se comentó que seguía amarga, la calificación mayoritaria reflejo “me gusta poco”, por lo que se necesita una sustitución mejor. De todos modos, dentro de la aceptabilidad general, la calificación mayoritaria reflejo “me gusta mucho” pese a las diferencias dentro del sabor, el producto se encuentra condiciones de aceptación.

Gráfico 27. Resultados de sensorial, tela de araña tercera sustitución.





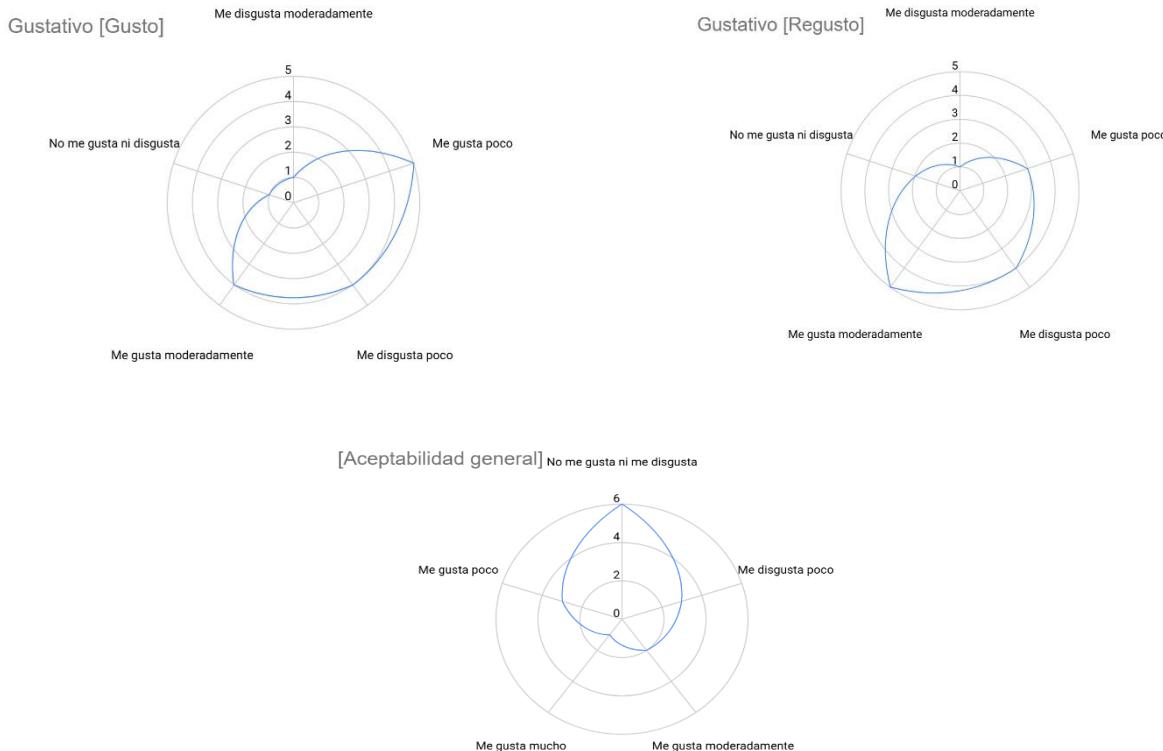
Fuente: Elaboración propia.

#### Sustitución 80:20

La sustitución 80:20 arrojó resultados de aprobación generalmente aceptables, en los parámetros de color y textura donde el “me gusta moderadamente” “me gusta poco” obtuvo la mayor puntuación indicando buena apariencia, pero una textura que puede ser preferida por unos y otros no. En los parámetros de gusto y regusto el “me gusta moderadamente” se mostró una preferencia positiva que mejora mucho más que las anteriores debido al % de sustitución que en este caso hay mayor harina de trigo presente, la calificación mayoritaria reflejo “me gusta poco”, por lo que se necesita mejorar. De todos modos, dentro de la aceptabilidad general, la calificación mayoritaria reflejo “no me gusta, ni me disgusta” pese a textura, pero mejora notable del sabor, el producto se encuentra en condiciones de aceptación.

Gráfica 28. Resultados de sensorial, tela de araña cuarta sustitución.





Fuente: Elaboración propia.

#### Sustitución 90:10

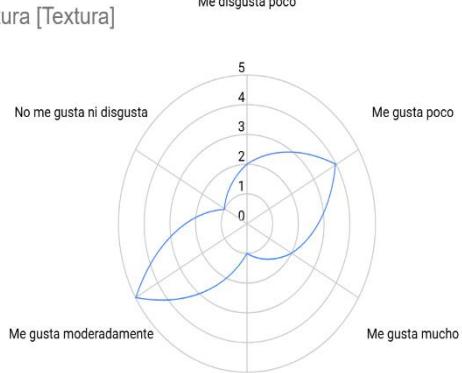
La sustitución 90:10 arrojó resultados de aprobación generalmente aceptables, en los parámetros de color y textura donde el “me gusta moderadamente” obtuvo la mayor puntuación indicando buena textura y apariencia. En los parámetros de gusto y regusto de “no me gusta, ni me disgusta” “me gusta moderadamente” se mostró una preferencia entre ambos puntajes que mejora mucho más que las anteriores debido al % de sustitución que en este caso hay mayor harina de trigo presente, por lo que también influyó en todos los parámetros calificados. De todos modos, dentro de la aceptabilidad general, la calificación mayoritaria reflejo “me gusta moderadamente” “no me gusta, ni me disgusta” pese a las diferencias dentro del sabor, el producto se encuentra en condiciones de aceptación.

Gráfica 29. Resultados de sensorial, tela de araña quinta sustitución.

Visual [Color]



Textura [Textura]



Gustativo [Gusto]



Gustativo [Regusto]



[Aceptabilidad general ]



Fuente: Elaboración propia.

Para explicar un poco algunos de los comentarios que se mencionaron en el análisis sensorial, el amargor de la sustitución de trigo/quinua, revisamos los componentes funcionales y factores antinutricionales presentes en las semillas de quinua, aquí abordamos las saponinas dentro de este grupo de pseudocereales que utilizamos. Sin embargo, al utilizar una harina ya procesada debemos tomar en cuenta también el proceso de obtención de la misma lo que nos mostrara de calidad de harina, lo que podemos llegar a decir que no se hizo un correcto lavado o abrasión en el proceso de obtención que hizo que quedara una cierta amargura de la harina que utilizamos y por lo cual nuestra muestra la presentó (Melini & Melini, 2021).

#### **4. CONCLUSIONES**

Trigo sarraceno (Firmeza)

- En el resultado de las pruebas realizadas por el texturómetro, que se muestran en las tablas 15 y 16, las diferencias entre las 3 réplicas se mantuvieron en el rango adecuado, en este caso para cada una de nuestras formulaciones según los coeficientes de variación dados en la tabla.
- La muestra que presentó mayor firmeza es la 4 y 5, por otro lado, la muestra 2 fue la que presentó menor firmeza.
- La muestra 2 presentó mayor uniformidad con respecto a la desviación estándar, mientras que, la muestra 5 demostró una variabilidad moderada y la muestra número 4 una variación muy alta, de esta manera presentando una mayor variabilidad entre replicas.
- En cuanto a el coeficiente de variación la muestra 2 presentó una mejor uniformidad mientras que la 4 presentó un comportamiento menos homogéneo.

Trigo sarraceno (fuerza de cizallamiento)

- Las muestras 4 y 5 fueron las más resistente al corte, es decir la muestra con mayor dureza, mientras que la muestra 2 fue la más blanda, una fuerza de mordida menor.
- La desviación estándar de la muestra 2 presentó uniformidad entre sus réplicas y la muestra 4 presentó una variabilidad diferente de cada réplica.

### Quinua (Firmeza)

- En el resultado de texturómetro que se muestran en las tablas 17 y 18, las diferencias entre las 3 réplicas se mantuvieron en el rango adecuado, en este caso para nuestras formulaciones según los coeficientes de variación dados en la tabla.
- La muestra que presentó mayor firmeza es la 3, le sigue la muestra 5 y finalmente la muestra 4.
- La menor firmeza fue para la muestra 2, que es la menos resistente.
- Sin embargo, la muestra 2 fue la más estable (coeficiente de variación bajo), a pesar que su firmeza fue menor, a comparación de la muestra 3 que mezcló una firmeza buena más una consistencia alta y la muestra 4 es la más cambiante, aunque su firmeza fue buena.
- Si procedemos a evaluar solo firmeza la muestra 3, 4 y 5 fueron las mejores opciones, en cambio la muestra 3 tuvo una alta firmeza con variabilidad baja, por lo que esta formulación fue la más óptima.

### Quinua (fuerza de cizallamiento)

- Las muestras 3,4 y 5 fueron las que muestran un promedio más alto por lo que fueron más resistentes al corte, o sea más duras, mientras que la muestra 2 fue la más blanda a comparación del resto.
- En cuanto a la desviación estándar la muestra 2 fue la que presentó más consistencia a comparación de la muestra 5 que mostró más variación entre las réplicas.
- Mientras que en el coeficiente de variación de la muestra 2 fue el más confiable, una estabilidad perfecta mientras que en la muestra 4 y 5 presentaron la variación entre sus réplicas.

### Análisis sensorial

- En el caso de análisis sensorial la muestra 2 (trigo/trigo sarraceno), la cual demostró una mejor sustitución, fue aceptada por el panel de catadores, fue la muestra establecida en una proporción 60:40, es decir, 60% trigo y 40% sarraceno que sigue siendo una sustitución bastante alta por lo cual reflejo que el trigo sarraceno puede

añadirse sin ningún problema y no afecta las características organolépticas del producto.

- Así mismo la muestra 5, la sustitución 90:10 (trigo/trigosarraceno) la cual demostró una mejor sustitución, fue aceptada por el panel de catadores, corroborando que tanto las sustituciones altas como las bajas pueden ser aceptadas, sin embargo, sería más óptimo utilizar un mayor porcentaje de trigo sarraceno debido a su mejor valor nutricional.
- Para el caso de la quinua la sustitución de 90:10 (90% trigo y 10% quinua) fue la que obtuvo mejor aceptación por parte del panel sensorial, lo que lleva a la conclusión que en este caso menor nivel de la sustitución mejor la aceptabilidad del producto. Casi todos los panelistas señalaron que la amargura de la quinua presentada era la que impedía la preferencia de las pastas.

Finalmente comparando los análisis del texturómetro y sensorial para el trigo sarraceno obtuvimos que la muestra 5 fue la más indicada para nuestra pasta, sin embargo, no se considera descartar la muestra 2, que a pesar de tener una firmeza baja se podría mejorar ya que el estudio en sensorial fue la más aceptada por el panel sensorial. Mientras que en la sustitución de quinua obtuvimos que la muestra 5 tiene mayor resistencia al corte, mientras que en el estudio sensorial obtuvimos la mayor puntuación de preferencia por el panel, por lo que podemos concluir que su estructura es bastante firme y mantuvo sus características organolépticas aceptables.

## 5. REFERENCIAS

- Astaíza, M., Ruíz, L., & Elizalde, A. (2010). Elaboración de Pastas Alimenticias Enriquecidas a partir de harina de Quinua (*Chenopodium quinoa wild.*) y zanahoria (*Daucus carota*). *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 8(1), 43-53. Retrieved October 28, 2024, from [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1692-35612010000100006&lng=en&tlang=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612010000100006&lng=en&tlang=es).
- Aguilar, N. E. (2019). Elaboración de una bebida energética gasificada a partir de maltas de quinua (*Chenopodium quinoa*), kañihua (*Chenopodium pallidicaule*) y cebada (*Hordeum vulgare*). Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga – Ayacucho, Perú. [Tesis de Titulación]. versidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga – Ayacucho <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UN SCH/3409>
- Afaray Carazas, A. G. (2014). Elaboración de fideos con sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por harina de kiwicha (*Amaranthus caudatus*).
- Angioloni, A., & Collar, C. (2011). Nutritional and functional added value of oat, Kamut, spelt, rye and buckwheat versus common wheat in breadmaking. *Journal of the science of food and agriculture*, 91(7), 1283–1292. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4314>
- Bustos, M. C., Perez, G. T., & Leon, A. E. (2015). Structure and quality of pasta enriched with functional ingredients. *Rsc Advances*, 5(39), 30780-30792.
- Barley for food: Characteristics, improvement, and renewed interest (Issue 2 ed., Vol. Volume 48). *Journal of Cereal Science*. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0733521008000283>)
- Bourne, M. (1978). Texture profile analysis. *Food Technology*, 32, 62-66.72.
- Bastidas, E. G., Roura, R., Rizzolo, D. A. D., Massanés, T., & Gomis, R. (2016). Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*), from nutritional value to potential health benefits: an integrative review. *Journal of Nutrition & Food Sciences*, 2016, vol. 6, num. 3.
- Bağdatlı, A. (2021). Effect of quinoa flour incorporation on the physicochemical and nutritional properties of bakery products. *International Journal of Food Science*, 6(2), 1–8. Recuperado de <https://www.itjfs.com/index.php/ijfs/article/download/945/380/5324>
- Coțovanu, I., Batariuc, A. y Mironeasa, S. (2020). Caracterización de las fracciones de molienda de semillas de quinua y su efecto en las propiedades reológicas de la masa de harina de trigo. *Ciencias Aplicadas*, 10 (20), 7225. <https://doi.org/10.3390/app10207225>

Franco Aguilar, A., Arias Giraldo, S., Anaya García, S. E., & Muñoz Quintero, D. (2021). Perspectivas tecnológicas y nutricionales de la quinua (*Chenopodium quinoa*): un pseudocereal andino funcional.

Fernández Salvador, N. (2017). Propiedades funcionales y químicas de harinas de distintas variedades de trigo sarraceno.

Flores, E. M., Rocas, A., Carvajal, R., & Vozzo, J. A. (2010). Glosario de términos: Manual de semillas de árboles tropicales. [https://rngr.net/publications/manual-de-semillas-de-arboles-tropicales/terminos/at\\_download/file](https://rngr.net/publications/manual-de-semillas-de-arboles-tropicales/terminos/at_download/file)

Faltermaier, A., Waters, D., Becker, T., Arendt, E., & Gastl, M. (2014). Common wheat (*Triticum aestivum L.*) and its use as a brewing cereal – a review.

Hevia, H., Wilckens, R., Berti, M., & Badilla, R. (2000). Características del almidón y contenido de proteína de quinoa (*Chenopodium quinoa w.*) Cultivada bajo diferentes niveles de nitrógeno en Chillan. Universidad de Concepción: Revistas Electrónicas UACH. Chile.  
<http://revistas.uach.cl/html/agrosur/v29n1/body/art06.htm>

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2015). NTE INEN 616: Harina de trigo. Requisitos. Quito: INEN.

Melini, V., & Melini, F. (2021). Functional Components and Anti-Nutritional Factors in Gluten-Free Grains: A Focus on Quinoa Seeds. *Foods*, **10**(2), 351. <https://doi.org/10.3390/foods10020351>

Méndez, K., Vera, D., & Rodríguez, D. (2010). Proyecto para la importación, distribución y venta de Grechka (Trigo Sarraceno) en la provincia del Guayas.

Momenté, V. G., Rocha, W. S., Neto, J., de Carvalho Batista, S., Sousa, P. A., & de Aguiar, A. Á. R. M. (2025). Trigo Sarraceno (*Fagopyrum esculentum*): uma planta multiusos. REVISTA DELOS, 18(64), e4096-e4096.

Nandan, A., Koirala, P., Dutt Tripathi, A., Vikranta, U., Shah, K., Gupta, A. J., Agarwal, A., & Nirmal, N. (2024). Nutritional and functional perspectives of pseudocereals. *Food Chemistry*, 448(139072), 139072. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.139072>

Paredes, M. (2013). Estudio de *Triticum aestivum* para la concepción de un método estándar de extracción y caracterización de gliadinas. Universidad Austral de Chile. <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2013/fap227e/doc/fap227e.pdf>

Paucar, L. (2022). Quinua (*Chenopodium quinoa*): Composición nutricional y Componentes bioactivos del grano y la hoja, e impacto del tratamiento térmico y de la germinación. SciELO Perú. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S20779917202200030209](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S20779917202200030209)

Padrón, C. A., Oropeza, R. A., & Montes, A. I. (2015). Semillas de quinua (Quinoa de *Chenopodium Willdenow*): Composición química y procesamiento. Aspectos relacionados con otras áreas. RVCTA: Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Venezuela. <https://dokumen.tips/documents/semillas-de-quinua-chenopodium-quinoa-willdenow-oajinetpdfhtmln20174924-.html>

Pirzadah, T. B., Malik, B., Tahir, I., & Ul Rehman, R. (2020). Buckwheat journey to functional food sector. Current Nutrition & Food Science, 16(2), 134-141.

Polymer Science Learning Center. (2003). Differential Scanning Calorimetry. University of Southern Mississippi.

Pérez Pérez, S. I. (2024). *Aplicación de un diseño experimental y métodos multicriterio para la optimización de una bebida no alcohólica a base de pseudocereales malteados* (Tesis de grado, Universidad del Azuay). Universidad del Azuay.

Pérez, M. F. (2017). Malteo de la semilla de amaranto para la elaboración de cerveza artesanal. Universidad Autónoma Metropolitana – Ciudad México, México. [Tesis de Titulación]. Universidad Autónoma Metropolitana – Ciudad México, [https://bindani.itz.uam.mx/concern/file\\_sets/rr171x224?locale=es](https://bindani.itz.uam.mx/concern/file_sets/rr171x224?locale=es)

Ruiz Aranibar, Gustavo. Análisis de conglomerados. Revista Varianza [en linea]. 2019, n.16, pg. 65-84. Revista de Ciencias Sociales y Humanas.

Reyes-Bautista, Raúl, Barajas-Segoviano, Martín, Flores-Sierra, José de Jesús, Hernández-Mendoza, Gustavo, & Xoca-Orozco, Luis Ángel. (2023). Biopéptidos derivados de los pseudocereales: Amaranto, Quinoa, Chía y Trigo sarraceno. TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas, 26, e616. Epub 20 de agosto de 2024.<https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2023.616>

Romo, S., Rosero, A., Forero, C., & Ceron, E. (2005). Vista de potencial nutricional de harinas de quinua (*Chenopodium quinoa w*) variedad piartal en los andes colombianos, primera parte. Revistas Unicaucas. <https://revistas.unicauba.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/639/271>

Sancho Caparrini, F. (2009). Aplicación K-means. Magazzine Theme for PivotX.

Sandoval, A., Rodriguez, E., & Fernandez, A. (2005). Aplicación del análisis por calorimetría diferencial de barrido (DSC) para la caracterización de las modificaciones. Redalyc. Retrieved January 16, 2025, from <https://www.redalyc.org/pdf/496/49614604.pdf>

Stable Micro Systems, Application Study for NOODLES, 2006, Stable Micro Systems LTD.

Villacrés, E., Quelal, M., Galarza, S., Iza, D., & Silva, E. (2022). Nutritional Value and Bioactive Compounds of Leaves and Grains from Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Plants, 1-11.

Villalba, D. (2018). Efecto de la forma y dimensión de muestras de queso fresco y velocidad de prueba sobre el análisis de perfil de textura instrumental. Unach.

Yuntong Li, Mohammed Obadi, Jialiang Shi, Bin Xu, Yong-Cheng Shi, Rheological and thermal properties of oat flours and starch affected by oat lipids, Journal of Cereal Science, Volume 102, 2021, 103337, ISSN 0733-5210, <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2021.103337>.(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0733521021001788>)

Zhu, F. (2016). Almidón de trigo sarraceno: Estructuras, propiedades y aplicaciones. Tendencias en Ciencia y Tecnología de los Alimentos, 49, 121-135.

## Anexos

### Anexo 1. Ficha de catación sensorial

Ficha de catación- sensorial para pasta alimenticia a base de trigo/trigo sarraceno y quinua							
<p>Agradezco su ayuda para realizar la degustación de pasta alimenticia. Por favor en el orden que se solicite deguste las muestras y marque con una (x) de acuerdo con una alternativa de cada característica indicada.</p> <p>Muchas gracias por su colaboración y tiempo.</p>							
Tómese el tiempo necesario para evaluar cada parámetro							
Nombre:							
Muestra:					Fecha:		
<p>Seleccione una opción del 1 al 7 cada atributo, de acuerdo con lo indicado en la tabla de la escala hedónica (siendo "1" la valoración más baja y "7" la valoración más alta.)</p>							
	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							
Textura							
	1	2	3	4	5	6	7
Consistencia							
Gustativo							
	1	2	3	4	5	6	7
Sabor							
Impresión global de la pasta							
	1	2	3	4	5	6	7

Aceptabilidad general						
-----------------------	--	--	--	--	--	--

## Anexo 2. Pastas

