

**EFFECTO DE LAS ETAPAS DEL PROCESO TECNOLÓGICO EN LA  
ELABORACIÓN DE LA AREPA DE MAIZ BLANCO (*Zea mays L*):  
ALMACENAMIENTO Y ENVASADO SOBRE LA TEXTURA SENSORIAL E  
INSTRUMENTAL**

**ALBA YAMILE GARCIA BETANCUR**

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA  
FACULTAD CIENCIAS FARMACEUTICAS Y ALIMENTARIAS  
MAESTRIA EN CIENCIAS FARMACEUTICAS Y ALIMENTARIAS  
MEDELLIN  
2015**

**EFFECTO DE LAS ETAPAS DEL PROCESO TECNOLÓGICO EN LA  
ELABORACIÓN DE LA AREPA DE MAIZ BLANCO (*Zea Mays L*):  
ALMACENAMIENTO Y ENVASADO SOBRE LA TEXTURA SENSORIAL E  
INSTRUMENTAL**

**ALBA YAMILE GARCIA BETANCUR**

**Tutora**

Olga Lucía Martínez Álvarez

MSc. Salud Pública

Especialista en Ciencia y Tecnología de Alimentos

**COMITÉ TUTORIAL**

MSc. Olga Lucía Martínez Álvarez

MSc. Zoraida Cañas Ángel

MSc. María Isabel González Hurtado

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

FACULTAD CIENCIAS FARMACEUTICAS Y ALIMENTARIAS

MAESTRIA EN CIENCIAS FARMACEUTICAS Y ALIMENTARIAS

MEDELLIN

2015

**Nota de aceptación:**

---

---

---

---

**Firma presidente del Jurado**

---

**Firma del jurado**

---

**Firma del jurado**

---

**Medellín, Abril de 2015**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por haber guiado este camino.

A mi familia, por su incondicional apoyo.

A mi tutora Olga Lucia Martínez Álvarez, por recibirme en su grupo de investigación, por su acompañamiento incondicional, e invaluable apoyo durante mi vida en la Universidad.

Al Departamento de Ciencia y Tecnología e innovación Colciencias Proyecto aprobado “Acreditación de dos pruebas discriminativas (Par diferencia y dúo trío) y de la prueba descriptiva (Perfil de textura) bajo la Norma ISO/ IEC 17025 para el laboratorio de Análisis Sensorial de Alimentos de la Universidad de Antioquia” Código 11550827165. CT 176/2010

Al comité tutorial, Profesoras María Isabel González Hurtado y Zoraida Cañas Ángel por todo su apoyo y aportes durante el posgrado.

A la Universidad de Antioquia, especialmente a los jueces y a todo el personal del Laboratorio Análisis Sensorial de Alimentos, Laboratorio de Análisis Físicoquímico y Grupo de Investigación en Análisis Sensorial Facultad de Química Farmacéutica.

A la empresa Productos Alimenticios de la Finca, que facilitó las condiciones para la realización del trabajo de investigación.

Al personal del Centro de innovación y desarrollo Industria de Alimentos Zenú (María Isabel González Hurtado, Oscar Quintero, Hernán Villa, Jader Cartagena, Danilo Porras)

A los profesores Alejandro Estrada Restrepo, Gabriel Agudelo Viana, Maurem Paola Ardila Castañeda, Kennet Roy Cabrera, María Orfilia Román Morales y Juan Diego Torres Oquendo.

A los estudiantes Laura Angarita Correa, Yannina Paola Pérez Petro, Camilo Arbeláez Vélez, Sandra Milena Gómez Posas

A todos que de alguna manera contribuyeron, a la realización del trabajo de investigación.

## TABLA DE CONTENIDO

	PÁG
GLOSARIO	18
RESUMEN	20
INTRODUCCIÓN	22
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	24
2. JUSTIFICACIÓN	26
3. OBJETIVOS	27
3.1 OBJETIVO GENERAL	27
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	27
4. MARCO TEORICO	28
4.1 EL MAÍZ EN LA HISTORIA	28
4.1.1 El maíz en Sudamérica	28
4.1.2 El maíz en Colombia.	29
4.2 FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD DEL MAÍZ	30
4.2.1 Factores climáticos	31
4.2.2 Tipo de suelo.	32
4.2.3 Preparación del terreno	32
4.2.4 Elección del cultivar y preparación de las semillas	32
4.2.5 Siembra	32
4.2.6 Densidad de siembra.	32
4.2.7 Fertilización.	32
4.2.8 Cosecha	33

4.2.9 Trilla	37
4.2.10 Composición química del Maíz.	37
4.2.11 Formación del grano	38
4.2.12 Composición química	39
4.2.13 VARIEDADES DE MAÍZ	40
4.2.13.2 Zea mays L. var. indurata (Sturtev.) L. H. Bailey	41
4.2.13.3 Zea mays L. var. saccharata (Sturtev.) L. H. Bailey	41
4.2.13.4 Zea mays L. subsp. mays amylacea	41
4.3 HISTORIA DE LA AREPA	42
4.4 LA AREPA EN ANTIOQUIA	44
4.5 DESCRIPCION DEL PROCESO TECNOLOGICO DE LA AREPA EN COLOMBIA	47
4.5.1 Recepción y procedencia del grano.	47
4.5.2 Lavado	54
4.5.3 Cocción.	54
4.5.4 Filtración.	54
4.5.5 Molienda, amasado y moldeo.	54
4.5.6 Horneado	54
4.5.7 Enfriamiento	55
4.5.8 Envase	55
4.5.9 Almacenamiento y distribución.	56
4.6 MEDICIÓN DE LA TEXTURA SENSORIAL E INSTRUMENTAL	56
5. HIPOTESIS	82
6. METODOLOGIA	83
6.1 TOMA DE MUESTRAS	83

<b>6.2 PREPARACIÓN DE LA MUESTRA PARA ANALISIS DE TEXTURA</b>	<b>85</b>
<b>6.3 ANÁLISIS DE TEXTURA SENSORIAL. METODOLOGÍA DE ENSAYO CON PANEL ENTRENADO</b>	<b>85</b>
6.3.1 Ensayo de Perfil de Textura (NTC 4489)	86
<b>6.4 ANÁLISIS TEXTURA INSTRUMENTAL.</b>	<b>86</b>
<b>6.5 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS</b>	<b>88</b>
<b>6.6 ANÁLISIS FISICOQUÍMICO</b>	<b>89</b>
6.6.1 Análisis de pH	89
<b>6.7 TAMAÑO MUESTRA</b>	<b>90</b>
6.7.1 DISEÑO ESTADÍSTICO	91
6.7.2 Análisis de los datos	91
<b>7. RESULTADOS Y ANALISIS DE RESULTADOS</b>	<b>93</b>
<b>7.1 DESCRIPCION DEL PROCESO TECNOLOGICO DE LA EMPRESA SELECCIONADA</b>	<b>93</b>
7.1.1 Recepción	94
7.1.2 Trilla	94
7.1.3 Lavado	95
7.1.4 Cocción	95
7.1.5 Filtración	97
7.1.6 Enfriamiento en inmersión de agua	98
7.1.7 Molienda, amasado y moldeo	98
7.1.8 Horneado o asado	99
7.1.9 Enfriamiento	99
7.1.10 Envasado	99
7.1.11 Almacenamiento y distribución	100
<b>7.2 RESULTADOS PRUEBA PILOTO</b>	<b>100</b>

<b>7.3 RESULTADOS OBTENIDOS DEL ALMACENAMIENTO DE LAS MUESTRAS EN CAMARA CLIMATICA A TEMPERATURA 7-10°C Y HUMEDAD RELATIVA DEL 65%</b>	<b>101</b>
<b>7.4 RESULTADOS OBTENIDOS DE LA PRUEBA PERFIL DE TEXTURA SEGÚN NTC 4489</b>	<b>104</b>
<b>7.5 RESULTADOS CONSOLIDADOS DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS TEXTURA SENSORIAL</b>	<b>115</b>
<b>7.6 RESULTADOS DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS TEXTURA INSTRUMENTAL TIEMPO TEMPERATURA Y ENVASE</b>	<b>139</b>
<b>7.7 RESULTADOS MATRIZ SENSORIAL E INSTRUMENTAL</b>	<b>147</b>
<b>8. ASPECTOS ETICOS</b>	<b>151</b>
<b>9. CONCLUSIONES</b>	<b>152</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>153</b>

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Composición química del grano del maíz. Expresada en porcentaje % en base seca.	40
Tabla 2. Composición química general de distintos tipos de maíz (%)	42
Tabla 3. Composición de la arepa de maíz blanco ( <i>Zea Mays L</i> ) según FAO	45
Tabla 4. Requisitos microbiológicos Arepa refrigerada NTC 5372:2007	46
Tabla 5. Requisitos fisicoquímicos para arepas de maíz refrigeradas	46
Tabla 6. Importación de Maíz blanco ( <i>Zea mays L</i> ) en Colombia 2013 - 2014	48
Tabla 7. Requisitos generales Maíz en grano consumo humano NTC 366	50
Tabla 8. Composición Química Grano de Maíz ( <i>Zea mays L</i> )	52
Tabla 9. Nutrientes en el maíz	53
Tabla 10. Coeficiente de permeabilidad representativa a 25°C Polietileno de baja densidad (LDPE)	55

Tabla 11. Definiciones s mecánicos	61
Tabla 12. Ejemplos de productos de referencia para atributos geométricos	62
Tabla 13. Ejemplo de una escala de dureza estándar	62
Tabla 14. Ejemplo de una escala de cohesividad estándar	63
Tabla 15. Ejemplo de una escala de elasticidad estándar	63
Tabla 16. . Ejemplo de una escala de adhesividad estándar	64
Tabla 17. Ejemplo de una escala de Fracturabilidad estándar C	64
Tabla 18. Ejemplo de una escala de masticabilidad	65
Tabla 19. Ejemplo de una escala de gomosidad	65
Tabla 20. Definiciones de textura instrumental y sensorial con TPA asociado	75
Tabla 21. Momentos establecidos para la toma de muestras de paquetes de arepas empacadas empaque de polietileno y al vacío para el estudio	84
Tabla 22. Protocolo Análisis de Textura TPA	87

Tabla 23. Protocolo Análisis de Textura Punción	88
Tabla 24. Requisitos microbiológicos arepa de maíz refrigerada NTC 5372:2007	88
Tabla 25. Requisitos fisicoquímicos arepa de maíz refrigerada NTC 5372:2007	89
Tabla 26. Tiempo estimado de duración de la arepa según temperatura	101
Tabla 27. Descripción de los lotes de arepas almacenadas con control de temperatura y humedad relativa	101
Tabla 28. Resultados Análisis Microbiológicos arepa 7°C y 10°C	102
Tabla 29. Resultados Análisis Fisicoquímico arepa 7°C y 10°C	103
Tabla 30. Resultados pH arepa empaque polietileno baja densidad 7 y 10°C	103
Tabla 31. Resultados pH arepa empaque vacío 7 y 10°C	104
Tabla 32. Resultados perfil textura sensorial arepa empaque PEBD 7°C y humedad relativa 65%	104
Tabla 33. Resultados perfil textura sensorial empaque vacío 7°C y humedad relativa 65%	107
Tabla 34. Resultados perfil textura sensorial arepa empaque PEBD	110

10°C y humedad relativa 65%

Tabla 35. Resultados perfil textura sensorial arepa en empaque vacío 10°C y humedad relativa 65 %	113
Tabla 36. Resultados intensidad descriptor seco para arepa en envase PEBD y vacío almacenadas a 7°C y 10°C	115
Tabla 37. Resultados intensidad descriptor blando para arepa en envase PEBD y vacío a 7°C y 10°C	117
Tabla 38. Resultados intensidad descriptor Masticable para arepa en envase PEBD y vacío a 7°C y 10°C	120
Tabla 39. Resultados intensidad descriptor crocante para arepa en envase PEBD y vacío a 7°C y 10°C	122
Tabla 40. Resultados intensidad descriptor cohesivo para arepa en envase PEBD y vacío a 7°C y 10°C	124
Tabla 41. Resultados intensidad descriptor adhesivo para arepa en envase PEBD y vacío a 7°C y 10°C	125
Tabla 42. Resultados intensidad descriptor Fibroso para arepa en envase PEBD y vacío a 7°C y 10°C	128
Tabla 43. Resultados intensidad descriptor grumoso para arepa en envase PEBD y vacío a 7°C y 10°C	129

Tabla 44. Resultados intensidad descriptor elástico para arepa en envase PEBD y vacío a 7°C y 10°C	131
Tabla 45. Resultados intensidad descriptor aceitoso para arepa en envase PEBD y vacío a 7°C y 10°C	133
Tabla 46. Resultados intensidad descriptor crujiente para arepa en envase PEBD y vacío a 7°C y 10°C	135
Tabla 47. Resultados intensidad descriptor calidad general para arepa en envase PEBD y vacío a 7°C y 10°C	137
Tabla 48. Matriz de correlación sensorial e instrumental Pearson	147

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Flujograma obtención maíz ( <i>Zea mays L</i> )	31
Figura 2. Estructura del grano de maíz	38
Figura 3. Curva obtenida en un perfil de textura	67
Figura 4. Medición instrumental de textura	73
Figura 5. Montaje muestras de arepas cámara climática	85
Figura 6. Análisis de Textura Instrumental TPA	87
Figura 7. Relación de variables	92
Figura 8. Flujograma del proceso de elaboración de la arepa de maíz blanco ( <i>Zea mays L</i> )	93
Figura 9. Evolución de los gránulos de almidón de maíz a lo largo del proceso de gelatinización (5 % almidón- 95 % agua)	96

## LISTA DE GRÁFICOS

	<b>Pág.</b>
Gráfico 1. Resultados perfil textura sensorial arepa empaque PEBD 7°C y humedad relativa 65 %	103
Gráfico 2. Resultados perfil textura sensorial empaque vacío 7°C y humedad relativa 65 %	108
Gráfico 3. Resultados perfil textura sensorial arepa empaque PEBD 10°C y humedad relativa 65 %	111
Gráfico 4. Resultados perfil textura sensorial arepa en empaque vacío 10°C y humedad relativa 65 %	113
Gráfico 5. Resultados intensidad descriptor seco para arepa en envase PEBD y vacío almacenadas a 7°C y 10°C	116
Gráfico 6. Intensidad del descriptor seco por tiempo, temperatura y tipo de envase	116
Gráfica 7. Intensidad del descriptor blando para arepa en envase PEBD y vacío almacenada a temperatura de 7° y 10°C por tiempo	118
Gráfico 8. Intensidad del descriptor blando por tiempo, temperatura y tipo de envase	119
Gráfico 9. Intensidad del descriptor Masticable para arepa en envase PEBD y vacío almacenada a temperatura de 7° y 10°C por tiempo	120
Gráfico 10. Intensidad del descriptor Masticable por tiempo,	121

temperatura y tipo de envase

Gráfico 11. . Intensidad del descriptor crocante para arepa en envase PEBD y vacío almacenada a temperatura de 7° y 10°C por tiempo	122
	123
Gráfico 12. Intensidad del descriptor crocante por tiempo, temperatura y tipo de envase	
Gráfico 13. Intensidad del descriptor cohesivo para arepa en envase PEBD y vacío almacenada a temperatura de 7° y 10°C por tiempo	124
	126
Gráfico 14, Intensidad del descriptor adhesivo para arepa en envase PEBD y vacío almacenada a temperatura de 7° y 10°C por tiempo	
	127
Gráfico 15. Intensidad del descriptor adhesivo por tiempo, temperatura y tipo de envase	
Gráfico 16. Intensidad del descriptor fibroso para arepa en envase PEBD y vacío almacenada a temperatura de 7° y 10°C por tiempo	128
Gráfico 17. Intensidad del descriptor grumoso para arepa en envase PEBD y vacío almacenada a temperatura de 7° y 10°C por tiempo	130
	130
Gráfico 18. Intensidad del descriptor grumoso por tiempo, temperatura y tipo de envase	
Gráfico 19. Intensidad del descriptor elástico para arepa en envase PEBD y vacío almacenada a temperatura de 7° y 10°C por tiempo	132
Gráfico 20. Intensidad del descriptor elástico por tiempo, temperatura	132

y tipo de envase

Gráfico 21. Intensidad del descriptor aceitoso para arepa en envase PEBD y vacío almacenada a temperatura de 7° y 10°C por tiempo	134
	135
Gráfico 22. Intensidad del descriptor crujiente para arepa en envase PEBD y vacío almacenada a temperatura de 7° y 10°C por tiempo	
	136
Gráfico 23. Intensidad del descriptor crujiente por tiempo, temperatura y tipo de envase	
	137
Gráfico 24 Intensidad del descriptor calidad general para arepa en envase PEBD y vacío almacenada a temperatura de 7° y 10°C por tiempo	
	138
Gráfico 25. Intensidad del descriptor calidad general por tiempo, temperatura y tipo de envase	
	139
Gráfico 26 Intensidad del descriptor Hardness (Dureza) por tiempo, temperatura y tipo de envase	
	140
Gráfico 27 Intensidad del descriptor Adhesiveness (Adhesividad) por tiempo, temperatura y tipo de envase	
	141
Gráfico 28. Intensidad del descriptor Cohesiveness (Cohesividad) por tiempo, temperatura y tipo de envase	
	142
Gráfico 29. Intensidad del descriptor Gumminess (Gomosidad) por tiempo, temperatura y tipo de envase	
	143
Gráfico 30. Intensidad del descriptor Gumminess (Gomosidad) por	

tiempo, temperatura y tipo de envase

Gráfico 31. Intensidad del descriptor Resilience (resilencia) por tiempo, temperatura y tipo de envase 144

Gráfico 32. Intensidad del descriptor Skin Strength (fuerza de penetración) por tiempo, temperatura y tipo de envase 144

Gráfico 33. Intensidad del descriptor Elasticity (límite elástico) por tiempo, temperatura y tipo de envase 145

Gráfico 34. Análisis de componentes principales para descriptores sensoriales e instrumentales de textura para arepa de maíz blanco 148

Gráfico 35. Análisis de correlación para descriptores sensorial e instrumental de textura para arepa de maíz blanco 149

Gráfico 36. Análisis de correlación canónica atributos sensoriales e instrumentales de textura para arepa de maíz blanco 150

## GLOSARIO

**Arepa:** Producto para consumo humano, obtenido a partir de la masa de maíz blanca, amarilla o mezcla de ambas previamente cocida, mezclada con otros ingredientes tales como sal, queso, entre otros y que debe ser almacenada en refrigeración de 4 °C a 10 °C. (NTC 2372:2007).

**Accesiones:** Se denomina así a la muestra viva de una planta, cepa o población mantenida en un banco de germoplasma para su conservación y/o uso. Una especie puede estar representada por varias entradas que se diferencian por el tipo de población al que pertenecen (i.e. variedad primitiva, variedad tradicional, variedad mejorada, líneas avanzadas de mejoramiento, plantas silvestres) y/o por su origen (lugar de recolección o creación).

**Cariópside:** Cada grano o semilla de maíz.

**Copos de maíz:** Cereal listo para el consumo; hojuelas de maíz.

**Ergosterol:** Esterol presente en los tejidos animales o vegetales, que puede transformarse en vitamina D por la influencia de los rayos ultravioleta.

**Germoplasma:** conjunto de genes que se transmite por la reproducción a la descendencia por medio de gametos o células reproductoras. El concepto de germoplasma se utiliza comúnmente para designar a la diversidad genética de las especies vegetales silvestres y cultivadas de interés para la agricultura y, en ese caso, se asimila al concepto de recurso genético.

**Juez Sensorial:** Persona entrenada para realizar análisis sensoriales en atributos de olor, sabor y textura.

**Metate:** Utensilio de piedra utilizado para moler el maíz.

**Ogi:** Alimento originario de Nigeria, producto obtenido de la fermentación del maíz, mijo o soya.

**Mazorca: (Elote)** Fruto del maíz, parte comestible del maíz.

**PEBD - LDPE:** Polietileno de baja densidad, polímero utilizado para la elaboración de empaques. **(PE)**

**PET:** Polietileno tereftalato, polímero utilizado para la elaboración de empaques.

**Pelos de mazorca:** Restos de los pistilos del maíz.

**Peso hectolítrico:** También Peso Hectolitro, es un peso volumétrico y es la cantidad de grano que cabe en un hectolitro (cien litros). Es muy importante para la comercialización de granos y su transporte, porque traduce la cantidad de materia seca de grano que hay en un volumen determinado.

**Tusa: (Olote)** Residuo producido luego de desgranar la mazorca del maíz.

**Dureza (Hardness):** Es la fuerza máxima obtenida durante la primera compresión del ensayo instrumental.

**Fuerza de penetración (Skin Strength):** Fuerza requerida por la sonda para penetrar las muestras.

**Elasticidad (Springiness):** Altura a la cual la muestra retrocede (o se relaja) entre el final de la primera compresión y el comienzo de la segunda compresión.

**Gomosidad (Gumminess):** Relacionado con el esfuerzo requerido para desintegrar el producto hasta dejarlo listo para deglutir.

**Masticabilidad (Chewiness):** Es el producto de la gomosidad por la elasticidad (por ejemplo dureza por cohesividad por elasticidad).

**Resilencia (Resilencia):** Es una medida de cómo la muestra se recupera de la deformación tanto en términos de velocidades y fuerzas derivadas.

**Elasticity (limite elástico):** Relacionado con la capacidad de elongación de un material hasta su ruptura.

## RESUMEN

El estudio buscó analizar la textura sensorial e instrumental en la arepa de maíz blanco (*Zea mays L*), envasada en polietileno de baja densidad y vacío (lámina PET), almacenada bajo condiciones controladas de temperatura y humedad relativa. Se caracterizó el producto, con jueces entrenados del Laboratorio de Análisis Sensorial de la Universidad de Antioquia, según NTC 4489 - Perfil de Textura, los parámetros mecánicos, geométricos y de superficie de la arepa. Se realizó análisis instrumental de textura, con analizador TA-XT2i. El análisis de la información se realizó mediante el paquete estadístico R, donde se determinó que hay diferencia significativa  $p < 0.05$  en los atributos sensoriales: blando, crocante, crujiente y calidad general, en los atributos de textura instrumental: Dureza, adhesividad, gomosidad, fuerza de penetración y límite elástico.

Se correlacionaron los resultados de las variables sensoriales e instrumentales encontrándose según Pearson: las variables instrumentales, dureza - gomosidad (0,91), gomosidad - masticabilidad (0.89), dureza - masticabilidad (0.76), elasticidad - blando (0,64). Con relación inversa, el límite elástico-blando (-0.76). Los atributos sensoriales crujiente con calidad general (0,64). Se realizó análisis de componentes principales para observar comportamiento de los descriptores y la variabilidad de estos, seleccionándose los coeficientes más altos del descriptor sensorial: blando (0.431) y elasticidad (0.396) a nivel instrumental, los cuales estuvieron más asociados con la primera componente.

Se realizó correlación canónica obteniéndose variables relacionadas a nivel sensorial: adhesivo, blando e instrumentales: cohesividad y límite elástico.

Al ser la arepa un producto emblemático de la antropología de la alimentación del país, se hace necesario seguir estudiando el proceso tecnológico de la arepa de maíz blanco, una de las más consumidas en el país, para identificar las características texturales del producto, que pueden afectar la aceptación del consumidor.

**Palabras clave: Maíz (*Zea mays L*), Arepa, Textura, Sensorial.**

## ABSTRACT

The study was carried out in order to analyze the sensory texture and instrumental texture for the white corn *arepa* (*Zea mays L*), packed in low density polyethylene and vacuum (PET film), it was storage under controlled conditions of temperature and relative humidity. The product was characterized using trained judges from the Sensory Analysis Laboratory from the *Universidad de Antioquia*, according to NTC 4489 – Texture Profile; for the mechanical, geometrical and surface parameters in the *arepa*. A texture instrumental analysis was conducted, using the analyzer TA-XT2i. The information was analyzed through R statistical software, in which, it was determined that there is a significant difference  $p < 0.05$  among the sensory attributes: soft, crunchy, crispy, and overall quality; and among the instrumental texture attributes: hardness, adhesiveness, gumminess, skin strength, and elasticity.

The results were correlated for the sensory and instrumental variables, finding according to Pearson: the instrumental variables, hardness – gumminess (0.91), gumminess – chewiness (0.89), hardness – chewiness (0.76), springiness – soft (0.64). With an inverse relationship: elasticity – soft (-0.76). The sensory attributes: crunchy to overall quality (0.64). A main component analysis was done to observe the behavior of the descriptors and their variability selecting the highest coefficients for the sensory descriptor: soft (0.431) and springiness (0.396) at instrumental level, which were more associated with the first component.

A canonical correlation was made obtaining related variables at sensory level: adhesiveness, soft; and instrumental level: cohesiveness and elasticity.

Being the *arepa* an emblematic product for the anthropology of the country's food, it is necessary to continue studying the technological process of the white corn *arepa*, one of the most consumed in the country, in order to identify the texture characteristics of the product that can affect the acceptance from the consumer.

**Keywords: Corn (*Zea mays L*), Arepa, Texture, Sensory.**

## INTRODUCCIÓN

El maíz es un alimento básico en muchos países y tiene múltiples aplicaciones como alimento animal y usos industriales. Su gran versatilidad genética, le permite prosperar en climas tropicales, subtropicales y templados [1] es un cereal ampliamente difundido en el mundo [2], con una producción total anual en 2013 de 866.94 millones de toneladas, la mayor entre todos los cereales (FAOSTAT). Su consumo alcanza 922,4 millones de toneladas para este mismo año. [1]

El maíz para consumo humano, en su gran mayoría es blanco y se estima que la producción mundial llega a unos 65-70 millones de toneladas, lo cual representa una cantidad relativamente pequeña en comparación con la producción de maíz amarillo. [3, 4, 5].

Con base en los patrones de producción se indica que los países en desarrollo consumen más del 90% del maíz blanco producido en todo el mundo y su consumo se concentra en África y América Central. En América del Sur, es más importante en Colombia y Venezuela, mientras que en el resto de la región y en el Caribe prefieren el maíz amarillo. [5]

Al ser éste un alimento básico en los países en desarrollo, se han impulsado investigaciones para mejorar su valor nutritivo como es el caso de la elaboración de productos a base de maíces de alta calidad proteica (QPM) [6,7]

El maíz se consume en muchas formas: pan de maíz, el maíz para rosetas y productos como los copos de maíz. Granos fermentados para elaborar ogi en Nigeria y otros países de África. Descascarado, desgerminado y precocido para elaborar arepas en Colombia y Venezuela. En tortillas y tamales en México y América Central. [3]

En Colombia se deben importar más de tres millones cuatrocientos mil (3.400.000) toneladas de maíz anualmente para atender la demanda interna del cereal, debido a que el consumo alcanza los cuatro millones ciento siete mil (4.107.000) toneladas, el 85% son importadas, destinando un 77% a la industria de alimentos balanceados para consumo animal y, en una menor proporción, para el consumo humano. [8]

Dentro de las diferentes formas de cultivo que existen en el territorio colombiano, se consideran dos grandes sistemas de producción: el tecnificado y el tradicional. El sector tecnificado, generalmente está localizado en zonas

con buena oferta ambiental, hace uso de la mecanización, semillas mejoradas, fertilizantes y plaguicidas obteniendo rendimientos que van de 4.5 a 11 toneladas por hectárea y son cultivados en: Valle del Cauca, Córdoba, Meta, Huila, Tolima y la zona cafetera.

El sector tradicional, está localizado en suelos relativamente pobres y ambientes con déficit de precipitación. El agricultor cultiva menos de 10 hectáreas, y casi no usa semillas mejoradas ni fertilizantes, su rendimiento es bajo, del orden de 1,8 toneladas por hectárea. [9]

En Colombia el maíz hace parte de la dieta de muchos colombianos siendo Antioquia uno de los departamentos de mayor consumo. Para el año 2013 la producción total de maíz es de 1.683.858 toneladas y corresponden a maíz blanco 694,226 toneladas. Siendo los departamentos de Córdoba y Antioquia los mayores productores. [10]

El consumo aparente de maíz blanco corresponde a 694.226 toneladas y su forma de consumo es en gran medida en arepa; producto obtenido a partir de la masa de maíz blanco, amarilla o mezcla de ambas previamente cocida, molida, amasada y almacenada en refrigeración de 4 a 10°C. Norma Técnica Colombiana NTC 5372:2007. [11]

Como lo indica la Encuesta Nacional de la Situación Alimentaria y Nutricional (ENSIN) 2005 de Colombia, 6.2% de los colombianos consumían maíz, 6.2% harina de maíz y 17.9% arepa elaborada con harina de maíz, en una cantidad promedio de 87.5, 49.7 y 17.9 g/individuo/día, respectivamente. [12, 13]

Para el año 2010 esta encuesta indagó por el consumo de arepa o galleta y reportó que en un mes usual 98.4% de la población encuestada ( $\mu=17897$  con edad entre 5 y 64 años), el consumo diario corresponde al 76.1% de pan, arepa o galletas, en el comportamiento del consumo diario el 34.5% lo consume una vez al día, el 27%, 2 veces al día y un 5% 3 veces ó más al día. Ensin 2010 [14]

Al ser la arepa un producto emblemático del país, se hace necesario estudiar el proceso tecnológico y especialmente en la arepa de maíz blanco, una de las más consumidas en el país, para identificar si este confiere cambios en las características texturales del producto, que pueden afectar la aceptación del consumidor. Por lo anterior y como resultado de este estudio se dará a conocer la información obtenida a los productores y a las instancias normalizadoras para proponer la inclusión de este atributo de calidad en la normativa vigente.

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La alimentación es un hecho social complejo que se da en los diferentes grupos poblacionales dependiendo de varios factores como los económicos y políticos que son de tipo estructural y de factores relacionales como la cultura alimentaria, el significado, estatus atribuido a los alimentos y a la alimentación. Dichos factores, conexos con las situaciones y circunstancias que convocan el acto alimentario, instauran la costumbre y el gusto alimentario en los hogares. [15]

Colombia es centro de convergencia entre América central, la Cordillera de los Andes y las tierras bajas de Suramérica, constituyéndose en uno de los centros de mayor diversidad en el mundo; en el país el cultivo de maíz es muy importante, debido a que ha sido la base de la alimentación de gran parte de la población rural y urbana. Esta situación ha generado una amplia diversidad de variedades nativas que se han desarrollado y adaptado a las diferentes regiones ecológicas, culturales y productivas. Es por ello que la introducción de maíz transgénico es muy crítica y preocupante para países como Colombia, puesto que son centros de origen y diversidad de maíz. [9]

Según los reportes entregados por ENSIN 2005 y 2010 [13, 15] la forma de consumo de maíz en su gran mayoría es en preparaciones como la arepa, siendo el departamento de Antioquia el mayor consumidor ya que forma parte de los hábitos alimentarios de diferentes comunidades y es componente básico de las comidas principales y de algunas secundarias.

Se ha encontrado que un 14% de los hogares de Medellín utilizan la arepa en el desayuno, almuerzo o comida, junto con otros alimentos a base de cereales para evitar la sensación de hambre, ya que les produce saciedad. [15]

Razones socioeconómicas y culturales han motivado la creación de un gran número de empresas productoras de arepas de diferente complejidad tecnológica, volumen de producción, trayectoria y un mayor porcentaje de empresas de tipo artesanal. [16]

Para el año 2008 el tamaño del mercado de arepas precocidas alcanzó en Colombia 3,69 billones de pesos, con un crecimiento de 12,1% con respecto al 2007, que fue de 3,30 billones de pesos, incluyendo en este valor el mercado informal; considerando estas estadísticas, se tiene que el consumo por hogar (de 4 personas promedio) fue de 339.767 pesos anuales; el consumo de arepa empacada ha ido en aumento, debido a diversos condicionantes como la practicidad en la preparación, poca disponibilidad de tiempo para elaboración de alimentos, necesidad de alimentos preelaborados o precocidos, pues la vida moderna no deja el mismo tiempo que tenían las abuelas las cuales incluso molían el maíz, dado que el tiempo no alcanza para hacerlas a partir de masas prelistas. [17, 18]

En el mercado colombiano existen aproximadamente 12 compañías que procesan maíz blanco, materia prima para elaborar masas precocidas y elaborar arepas. Entre 200.000 y 250.000 toneladas anuales y 30% de la producción local, el 70% la elaboran las trilladoras, especialmente de Antioquia, donde el consumo de arepa blanca es el más alto. [17]

Por el consumo elevado de arepas en la población antioqueña y el crecimiento de empresas fabricantes, con diferentes procesos de elaboración que le confieren al producto características sensoriales variables, se hace necesario estudiar el proceso tecnológico de la arepa de maíz blanco, ya que este confiere características propias de apariencia, color, olor, sabor y textura que hacen de la arepa, un producto único.

A través de este proyecto se desea estudiar las características sensoriales e instrumentales en el atributo de textura en la arepa de maíz blanco a dos temperaturas de almacenamiento y la incidencia de dos tipos de envases, en un producto que es patrimonio intangible de la antropología de la alimentación en Antioquia, en otras regiones de Colombia y de Latinoamérica.

La pregunta que se planteó y que orientó la información de la investigación fue:

¿Existe relación entre el proceso tecnológico en la elaboración de la arepa de maíz blanco, el tipo de envase, la temperatura y el tiempo de almacenamiento sobre la textura de la arepa?

## 2. JUSTIFICACIÓN

La arepa es un alimento de consumo nacional y en muchos países del continente Americano. Según la cultura de cada país y región se prepara de diversas maneras lo que le puede aportar características de sabor y textura diferentes. La textura es una de las características sensoriales que puede tener mayor variación con los procesos de preparación y tipo de maíz empleado. En el caso de la arepa de maíz blanco, el proceso tecnológico le confiere características que permiten que sea utilizada para el consumo después de un horneado o asado.

En los últimos años se ha observado el aumento en la oferta de arepas de diferentes marcas y especificaciones, esto unido a la tradición alimentaria que encierra su consumo, parece responder a la búsqueda de alternativas de empleo. La proliferación de empresas fabricantes de arepas en la ciudad y en el país, ofrecen una alternativa alimentaria de bajo costo, fácil uso y buen poder de saciedad.

Desde las pequeñas empresas hasta las tecnificadas tienen poco conocimiento de la incidencia que tiene cada etapa de elaboración de la arepa de maíz blanco, sobre las características sensoriales de este producto, lo que puede generar la gran variabilidad en los atributos sensoriales de este alimento y pérdidas económicas por rechazo del producto en planta y por el consumidor por no cumplir estándares de calidad.

Al analizar los factores relacionados con el proceso de elaboración de la arepa de maíz blanco y conocer su comportamiento textural instrumental y sensorial, en diferentes envases al vacío (lamina PET), envase de Polietileno de baja densidad (PEBD) y la correlación existente entre algunas variables, los resultados permitirán visualizar cómo se debe hacer el control de calidad desde el grano, hasta el producto en la planta de proceso y la selección de la mejor opción de envase, para que este producto conserve sus características sensoriales y sea aceptado por el consumidor.

La comparación de la arepa empacada al vacío (lamina PET) y (PEBD), almacenada en condiciones ambientales de temperatura y humedad relativa controladas, posiblemente permitirán establecer si hay cambios de textura al modificar estas condiciones, lo que permitirá al fabricante conocer el comportamiento del producto para controlar y garantizar la calidad sensorial de textura.

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar las etapas relacionadas con el proceso tecnológico de la arepa de maíz blanco (*Zea mays L*) y su incidencia en la textura sensorial e instrumental.

#### 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ❖ Analizar el proceso de elaboración de arepa de maíz blanco (*Zea mays L*) y los factores que intervienen en los cambios texturales.
- ❖ Caracterizar la textura sensorial de la arepa de maíz blanco (*Zea mays L*) empacada al vacío y en polietileno de baja densidad, sometida a condiciones ambientales de temperatura y humedad relativa, con jueces entrenados.
- ❖ Medir las características de textura instrumental de la arepa de maíz blanco (*Zea mays L*) empacada al vacío y en polietileno de baja densidad sometida a condiciones ambientales de temperatura y humedad relativa.
- ❖ Correlacionar los resultados sensoriales e instrumentales de la arepa de maíz blanco.

## 4. MARCO TEORICO

### 4.1 EL MAÍZ EN LA HISTORIA

El maíz es un cereal nativo de América, cuyo centro original de domesticación fue Mesoamérica, desde donde se difundió hacia todo el continente. El lugar de origen que sugiere la evidencia científica identifica a México como el lugar más probable de origen o a Guatemala como segunda opción. La evidencia más antigua sobre la domesticación del maíz proviene de sitios arqueológicos de México, donde pequeñas tucas con edad estimada de 7.000 años han sido excavadas, este dato coincide con el generalmente aceptado para el origen de la agricultura, tanto en el viejo como en el nuevo mundo entre 8.000 y 10.000 años [19, 20, 21]

Debido a su productividad y adaptabilidad, el cultivo del maíz se ha extendido rápidamente a lo largo de todo el planeta después de que los españoles y otros europeos exportaran la planta desde América durante los siglos XVI y XVII. El maíz es actualmente cultivado en la mayoría de los países del mundo y es la tercera cosecha en importancia (después del trigo y el arroz). Los principales productores de maíz son Estados Unidos, la República Popular de China y Brasil. Independientemente de su uso industrial, el maíz constituye un componente importante de la vida de los pueblos de América [20, 22]

El nombre maíz, con que se lo conoce en el mundo de habla española, proviene de mahís, una palabra del idioma taíno, que hablaban pueblos indígenas de Cuba, donde los europeos tuvieron su primer encuentro con este cultivo. En maya el nombre de este cereal es x-im o xiim, y a las mazorcas se las denomina naal. En quichua se llama Sara. [19, 20]

**4.1.1 El maíz en Sudamérica.** Aunque en Sudamérica no se domesticó el maíz, éste cultivo fue introducido tempranamente en el mundo andino y desde entonces ha sido mejorado. La cultura Valdivia, asentada en el Océano Pacífico ecuatorial, fue una de las primeras culturas agrícolas de América del Sur y conocía ya el maíz desde 3000 años AC. El desarrollo de la agricultura fue posterior, pero el maíz constituyó un elemento importante del sedentarismo. A partir de la cultura Valdivia, el cultivo del maíz se extendió a lo largo de la costa del Pacífico.

En el Perú los ocupantes de las zonas próximas a manantiales costeros habían empezado a plantar y cosechar el maíz por lo menos desde 200 años AC., y posiblemente tan temprano como 1000 años AC. La agricultura liberó a las poblaciones de su dependencia de los productos marinos y les permitió establecerse hasta unos 20 kilómetros de distancia del mar.

En lo que hoy es la región conocida como Tierradentro en las estribaciones orientales de la Cordillera Central de Colombia, nació una de las más extraordinarias culturas precolombinas que habitaron en el territorio colombiano, entre los siglos IV y IX AC. La economía de este pueblo se basaba fundamentalmente en la agricultura de especies como el maíz, la yuca, la papa y el frijol, entre otras, y se complementaba con la caza, la pesca y la recolección de frutos. Se han encontrado diversos objetos como metates de piedra para moler el maíz, herramientas y piezas ornamentales o con atributos mágico-religiosos elaborados en cerámica en piedra y en concha. [20]

**4.1.2 El maíz en Colombia.** En el territorio colombiano, se ha cultivado maíz en casi todos los ecosistemas en donde ha existido la agricultura, con mayor intensidad en las tierras bajas tropicales del Caribe y en las zonas templadas y frías de la región Andina. Este cereal es una de las especies que más influencia ha presentado en los sistemas productivos pues es primordial en la seguridad alimentaria, como lo evidencia la cantidad de variedades presentes en todo el territorio nacional.

Según los estudios, en Colombia existen 23 razas de maíz de las cuales dos razas primitivas, nueve razas introducidas y 12 razas híbridas como se describen: amagaceño, andaquí, cabuya, cacao, capio, cariacó, chococeño, clavo, común, costeño, güirua, imbricado, maíz dulce, maíz harinoso, dentado, montaña, negrito, pira, pira naranja, pollo, puya, puya grande, sabanero, yucatán. [21] variedades de maíz y en los bancos nacionales de germoplasma se tienen registradas 5.600 accesiones.

Existe una enorme variabilidad entre plantas de la misma raza, razón por la que los campesinos e indígenas reconocen gran cantidad de variedades, ecotipos y probablemente una misma variedad tenga diferentes nombres en distintas zonas del país. [19, 20]

El maíz se encuentra ampliamente difundido en todas las regiones naturales del país, dada su especial adaptación a diversas condiciones agroclimáticas y socioeconómicas; por eso, este grano se cultiva desde la Guajira hasta el

Amazonas y desde la Costa Pacífica hasta los Llanos Orientales; desde el nivel del mar hasta 3000 metros de altitud, en situaciones bien contrastantes y con precipitaciones desde 300 mm al año en la Guajira, hasta 10.000 mm, en el Chocó.

Dentro de las diferentes formas de cultivo que existen en el país, se consideran dos grandes sistemas de producción: el tecnificado y el tradicional. El sector tecnificado, generalmente está localizado en zonas con buena oferta ambiental, hace uso de la mecanización, semillas mejoradas, fertilizantes y plaguicidas obteniendo rendimientos que van de 4.5 a 11 toneladas por hectárea, siendo cultivado en el Valle del Cauca, Córdoba, Meta, Huila, Tolima y la Zona Cafetera, superando el rendimiento hasta 7 toneladas.

El sector tradicional, está localizado tanto en zona plana como de ladera, con suelos relativamente pobres y ambientes con déficit de precipitación. El agricultor cultiva menos de 10 hectáreas, y casi no usa semillas mejoradas ni fertilizantes, de ahí que su rendimiento sea muy bajo, del orden de 1,8 toneladas por hectárea.

En el país se cultivan dos tipos de maíz: amarillo y blanco. El amarillo se usa principalmente para consumo animal e industrial y una pequeña parte para consumo humano.

Debido al incremento en la demanda y a los programas de fomento, el maíz amarillo ha venido creciendo hasta representar en el año 2009, el 66% de la producción nacional, desplazando así en importancia al maíz blanco. El blanco se utiliza esencialmente para consumo humano y su producción representa cerca del 23% del total nacional en la actualidad. [9, 22].

## **4.2 FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD DEL MAÍZ**

El control de calidad del grano de maíz es indispensable para la obtención de productos que cumplan con calidad química, microbiológica y sensorial según la normatividad vigente. En el caso de la elaboración de arepas se deben identificar cada una de las etapas a las que es sometido este cereal para conocer qué factores pueden afectar la obtención de un producto nutritivo, inocuo y aceptable por sus características sensoriales.

A continuación se definen las etapas que afectan la calidad del grano, en el siguiente diagrama de flujo:

**Figura 1. FLUJOGRAMA OBTENCION MAÍZ (*Zea mays L*)**

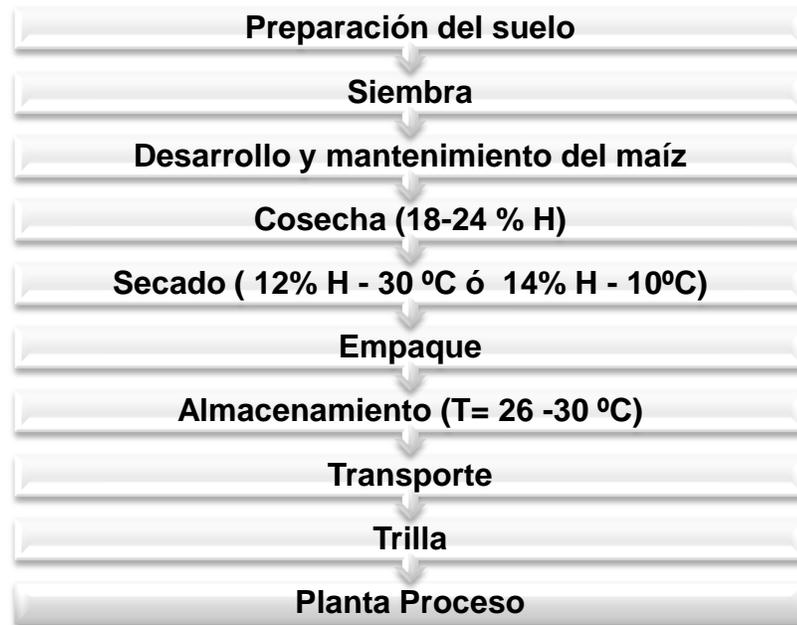


Figura elaborada por la autora.

**4.2.1 Factores climáticos.** Las condiciones del clima pueden ejercer gran influencia en dos etapas de la maduración de las semillas de maíz. La primera corresponde a la etapa en que ésta está acumulando rápidamente materia seca en el campo, antes de ser cosechada; en esta etapa es indispensable la presencia de humedad en el suelo en cantidades adecuadas, un período de sequía traería como consecuencia, una semilla con menor contenido de materia seca y por tanto, serían menos fuertes y tendrían menor potencial para el almacenamiento.

La segunda etapa, en que la semilla se muestra particularmente sensible, se presenta cuando alcanza su máximo contenido de materia seca; en este caso, ésta se deshidrata rápidamente para entrar en equilibrio con la humedad relativa del aire. Si durante esta etapa llueve mucho, la deshidratación será lenta y el contenido de humedad permanecerá elevado por un período mayor, lo que propicia que las semillas se deterioren con rapidez. [23]

**4.2.2 Tipo de suelo.** El maíz se adapta muy bien a todo tipo de suelos pero aquellos con pH entre 6 a 7 son a los que mejor se adaptan. También requieren suelos profundos, ricos en materia orgánica, con buena circulación del drenaje para no producir encharques que originen asfixia radicular. [24, 25, 26, 27]

**4.2.3 Preparación del terreno.** La preparación del terreno es el paso previo a la siembra. Es necesario efectuar una labor de arado al terreno con grada para que éste quede suelto y sea capaz de tener capacidad de captación de agua sin encharcamientos. Se pretende que el terreno quede esponjoso sobre todo la capa superficial donde se va a producir la siembra. En las operaciones de labrado los terrenos deben quedar limpios de restos de plantas (rastros). [25, 26, 27]

**4.2.4 Elección del cultivar y preparación de las semillas.** Antes de efectuar la siembra se seleccionan aquellas semillas que se observan sanas, sin daño físico y resistente a enfermedades, virosis y plagas.

**4.2.5 Siembra.** Se efectúa la siembra cuando la temperatura del suelo alcance un valor de 12°C. Se siembra a una profundidad de 5 cm, esta se realiza por el mes de abril. [25, 26]

**4.2.6 Densidad de siembra.** Cantidad de semillas que se depositan en una hectárea de terreno. La densidad de plantas depende de algunos factores como son: fertilización, condiciones de crecimiento y variedad de maíz. [27, 28]

**4.2.7 Fertilización.** Es necesario un suelo rico en Fosforo (P) y Potasio (K). También un aporte de nitrógeno. (N en mayor cantidad sobre todo en época de crecimiento vegetativo).

El abonado se efectúa normalmente según las características de la zona de plantación, por lo que no se sigue un abonado riguroso en todas las zonas por igual. No obstante se aplica un abonado muy flojo en la primera época de desarrollo de la planta hasta que la planta tenga un número de hojas de 6 a 8.

Durante la formación del grano de la mazorca los abonados deben de ser mínimos, se debe realizar un abonado de fondo durante las labores de cultivo con nitrógeno y fosforo.

Nitrógeno (N): El déficit puede afectar a la calidad del cultivo. Los síntomas se ven más reflejados en las hojas, que aparecen con coloraciones amarillentas sobre los ápices y se van extendiendo a lo largo de todo el nervio. Las mazorcas aparecen sin granos en las puntas. Fósforo (P): El fósforo da vigor a las raíces. Su déficit afecta a la fecundación y el grano no se desarrolla bien. Potasio (K), su deficiencia hace a la planta muy sensible a ataques de hongos y su porte es débil, ya que la raíz se ve muy afectada. Las mazorcas no granan en las puntas. [24, 25, 27]

Es necesario además el control de la maleza y de plagas, evitar el desarrollo de enfermedades en las plantas.

**4.2.8 Cosecha.** Antes de cosechar en los países tropicales, el secado de la mazorca se acelera parcialmente inclinando la parte superior de la planta, sosteniendo la oreja, una práctica que también evita que los granos se empapen cuando llueve. En cualquier cosecha, mecánica o manual, los granos contienen demasiada humedad para el almacenamiento seguro, por lo que debe ser secado a niveles seguros de humedad aproximada del 12 % a 30° C y aproximadamente 14% a 10°C.

La cosecha de maíz es altamente mecanizado en los países desarrollados, mientras que todavía se realiza de forma manual en los países en desarrollo. En ambas situaciones, el maíz se recoge habitualmente cuando su contenido de humedad está entre 18 a 24%. El daño al núcleo (por lo general durante la operación de los bombardeos) tiene que ver con el contenido de humedad en la cosecha, a menor contenido de humedad, menor será el daño.

Los cambios en la calidad física del grano son a menudo resultado de la cosecha mecánica, los bombardeos y el secado. Los dos primeros procesos a veces resultan en daños externos, tales como la ruptura del pericarpio y el germen, lo que facilita el ataque de insectos y hongos.

Alta humedad maíz con una textura suave se daña fácilmente en almacenamiento, mientras que el maíz con bajos niveles de humedad se vuelve frágil. El nivel de humedad más comúnmente aceptada para fines de comercialización es del 15%. Densidad de maíz - peso por unidad de volumen importante en el almacenamiento y transporte ya que establece el tamaño de envase. El contenido de humedad y la densidad o peso de la prueba están relacionados, el más alto es el nivel de humedad más bajo es el peso, la densidad de una prueba específica. Esta característica de maíz es también importante para la molienda. [3, 24, 25, 27]

Las semillas se pueden dañar mecánicamente en la cosecha, es una de las más importantes fuentes de daño y ocurre cuando se separan los granos de la mazorca. [23]

Después de cosechados, los granos continúan respirando. Este proceso puede darse fácilmente si no se controlan las condiciones de almacenamiento, ocasionando deterioros en la calidad del grano, pérdidas de masa y desprendimiento de calor. Esto último es de especial cuidado pues eleva la temperatura del silo en su conjunto, acelerando los procesos de respiración de todas las fracciones de granos allí almacenados.

En la masa de granos se encuentran algunas especies de levaduras (hongos unicelulares) que respiran en ausencia de oxígeno y aceleran la descomposición de los carbohidratos. La siguiente reacción representa este proceso, donde se descompone la glucosa para dar alcohol etílico y dióxido de carbono:



Claramente, el proceso de respiración implica una pérdida de masa del grano y un deterioro de su calidad por oxidación de sus componentes principales: los hidratos de carbono. [23]

Según las reacciones presentadas, el proceso respiratorio va acompañado de una pérdida de sustancias nutritivas. Los principales factores que afectan la velocidad del proceso respiratorio son:

**4.2.8.1 Temperatura.** Al estudiar la influencia de la temperatura sobre el proceso respiratorio de los granos, diversos investigadores han concluido que la respiración aumenta rápidamente cuando la temperatura se eleva de 30° a 40°C y a partir de este punto se produce un acentuado descenso del proceso.

**4.2.8.2 Contenido de humedad de los granos.** El nivel de humedad de los granos influye directamente sobre su velocidad de respiración. Los granos almacenados con humedad de entre 11 y 13 por ciento tienen un proceso respiratorio lento. Sin embargo, si se aumenta el contenido de humedad, se acelera considerablemente la respiración y, en consecuencia, ocurre un deterioro. El nivel de humedad del producto es un factor fundamental para su conservación.

**4.2.8.3 Desarrollo de hongos.** Recientes investigaciones concluyeron que una parte significativa del gas carbónico (CO<sub>2</sub>) que se produce durante la respiración, se debe al metabolismo de los insectos presentes en los granos secos y a los microorganismos (sobre todo hongos) presentes en los granos húmedos. Cuando los hongos son los principales agentes responsables del aumento del proceso respiratorio se puede llegar a un punto en que los granos húmedos dejan de ser organismos vivos y pasan a ser un substrato alimenticio de los hongos, que siguen respirando y transformando la materia seca de los granos en gas carbónico, agua y calor.

**4.2.8.4 Composición del aire ambiente.** Aparte de la temperatura y del contenido de humedad que actúan sobre todos los procesos bioquímicos, la composición del aire ambiente de almacenaje (relación entre gas carbónico y oxígeno también afecta el proceso respiratorio de la masa de granos. Cuanto mayor sea la proporción de CO<sub>2</sub> y menor la de oxígeno menor será la intensidad respiratoria de los granos almacenados en una bodega o silo. [29]

**4.2.8.5 Secado.** El secado no causa daño físico marcado, sin embargo, si se lleva a cabo demasiado rápido y a altas temperaturas, induce la formación de grietas de tensión, hinchazón y decoloración, lo que afectará a la eficacia de la molienda en seco y otros procesos. Existen varios métodos de secado entre ellos los de capa, secadores portátiles por lotes y secado de flujo continuo entre otros. [23,24, 25, 27, 29]

**4.2.8.6 Almacenamiento.** La estabilidad de almacenamiento depende de la humedad relativa de los gases intersticiales, que es una función del contenido de humedad tanto en el núcleo y la temperatura. Bajo contenido de humedad y las bajas temperaturas de almacenamiento reducen la posibilidad de deterioro y el crecimiento microbiano. La aireación se convierte así en una operación importante en el almacenamiento del maíz como medio de mantener baja la humedad relativa de los gases intersticiales.

La conservación eficiente de maíz, como el de otros cereales y legumbres, depende fundamentalmente de las condiciones de almacenamiento, las características físicas, químicas y biológicas del grano, el tiempo de almacenamiento, las características del tipo y funcionales de las instalaciones de almacenamiento. Dos importantes categorías de factores han sido identificados.

En primer lugar están los de origen biótico, que incluirá todos los elementos o agentes que viven que, en condiciones favorables para su desarrollo, va a utilizar el grano como fuente de nutrientes y así inducir a su deterioro. Se trata principalmente de insectos, microorganismos, roedores y aves. En segundo lugar son factores abióticos, que incluyen humedad relativa, temperatura y tiempo. Los efectos de los factores bióticos y abióticos están influenciados por las características físicas y bioquímicas del grano.

A pesar de los daños causados por insectos y aves es de suma importancia, una gran cantidad de atención se ha prestado a los problemas causados por microorganismos, no sólo por las pérdidas que provocan en el grano, pero lo más importante, debido a los efectos tóxicos de los su subproductos metabólicos en la salud humana y animal. [29]

Al examinar los efectos de la invasión de hongos en los granos de cereales, se encontró que reducen la calidad de los granos debido a la pérdida de materia seca, decoloración, calefacción, blandura y la contaminación por micotoxinas. Índices microbianos de la invasión de hongos y el deterioro de semillas incluyen daños visibles, infección de las semillas, el número de propágulos fúngicos, dióxido de carbono producido y disminución de la germinación de la semilla y el contenido de ergosterol.

Cambios durante el almacenamiento son influenciados por la baja conductividad térmica del grano, su capacidad de absorción de agua, su estructura, su composición química, su tasa de respiración y la calefacción espontánea, la textura y la consistencia del pericarpio, el método y las condiciones de secado. [3]

**4.2.8.7 Daño mecánico.** Desde la cosecha hasta el momento del almacenamiento, los granos pueden sufrir impactos que les ocasionan grietas o fragmentaciones. Los granos quebrados se pueden eliminar durante el beneficio, pero no se eliminan los que presentan grietas y que permanecen con la masa de granos que va a ser almacenada. Estos granos se deterioran con gran facilidad y se convierten en focos que afectan a los granos sanos.

Además durante las sucesivas caídas de los granos desde diversas alturas, los granos y las semillas pasan por una serie de equipos, presentando rozamientos y caídas, durante el almacenamiento en silos o a granel como en sacos. Los granos que quedan debajo de una pila de sacos o a granel tienden a quebrarse por el peso de los que están arriba. [23]

**4.2.9 Trilla.** En este proceso el grano de maíz entero, se lleva al molino donde se separa el germen y la cáscara del grano. El maíz alimentado sale del molino en dos líneas, la principal que contiene maíz trillado y la línea secundaria compuesta por grits; los cuales son fragmentos de endospermo, más o menos cubiertos de cáscara, es decir, llevan adheridos pedacitos de salvado o afrecho. Las sémolas pueden ser limpias o vestidas, según contengan únicamente endospermo harinoso o que lleven fragmentos de cáscara. [30]

De acuerdo a la eficiencia del equipo dependerá la alta o baja cantidad de maíz con afrecho o fibra. En las plantas productoras de arepas se recibe el maíz trillado, el cual es almacenado y rápidamente procesado, la textura de la misma dependerá de acuerdo a la estandarización de cada etapa.

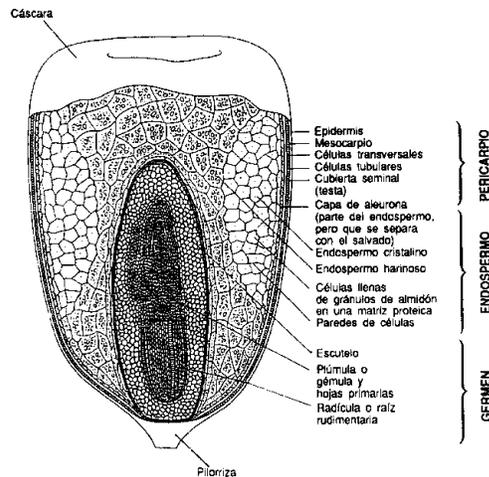
**4.2.10 Composición química del Maíz.** La calidad fisicoquímica del maíz depende de los factores anteriores.

El maíz (*Zea mays L*) pertenece a la familia de las gramíneas y es una planta dotada de un amplio sistema radicular fibroso, del tallo nacen dos o más mazorcas, en cada una de ellas se ven las filas de granos, cuyo número puede variar de ocho a treinta. A cada grano le corresponde un largo hilo sedoso que sobresale por el extremo de la mazorca.

El grano de maíz maduro está compuesto por 4 partes principales (**Figura 2**):

**4.2.11 Formación del grano.** En general, los granos presentan características texturales acordes con las especies a que pertenecen. Los elementos básicos de la estructura del grano son: germen, endospermo y pericarpio. [3, 23, 31]

**Figura 2.** Estructura del grano de maíz.



Fuente [3, 31]

**4.2.11.1. Pericarpio:** Capa exterior de cubierta protectora dura y fibrosa que encierra al grano. Comprende el pericarpio la testa y la cofia, en un pequeño casquete que cubre la punta del grano y protege al embrión. Todos los componentes del pericarpio constituyen el 5.3% del peso del grano. En el cereal ya maduro, tiene la función de impedir el ingreso de hongos y bacterias.

**4.2.11.2. Endospermo:** Reserva energética del grano, representa el 80-84% de peso total del grano. Compuesto por 90% de almidón y 7% de proteínas, acompañadas de aceites, minerales y otros compuestos. Funciona como dador de energía a la planta en su desarrollo. El almidón está compuesto por la parte

harinosa y córnea, por lo general en relación 2:1. Sin embargo, se ha sugerido que la dureza del endospermo difiere de acuerdo con la composición de los gránulos de almidón, encontrándose mayor contenido de amilosa y menor de amilopectina a medida que el endospermo es más córneo (Dombrink-Kurtzman y Knutson, 1997).

**4.2.11.3. Germen:** Situado en el extremo más bajo del grano ocupando el 9,5 al 12% del peso total de grano. Posee dos partes destacables, el eje embrionario (planta nueva) y el escutelo que constituye una gran reserva de alimento. En el grano maduro, el germen contiene un alto porcentaje de aceites (35 - 40%).

**4.2.11.4. Pedicelo** (piloriza): constituye un 0.8 % del peso total del grano. Es una estructura celular mediante la cual se une el grano a la mazorca (olote) [31]

#### **4.2.12 Composición química: En forma general el grano de maíz presenta la composición química:**

**4.2.12.1 Carbohidratos:** El grano se encuentra constituido por un 71% de almidón, azúcares libres 2% y fibra dietaria 2.3%. La proporción del almidón varía de acuerdo a la especie.

**4.2.12.2 Proteínas:** Constituyen aproximadamente el 10% del grano integral y se encuentra principalmente en el endospermo del grano de maíz. La distribución proteica general en el grano de maíz es de 5% de albúminas y globulinas, 44% de prolaminas y 28% de glutelinas. La principal proteína en el maíz es la denominada zeína. En las proteínas del grano de maíz, el primero y segundo aminoácidos limitantes son lisina y triptófano, el contenido de leucina es alto.

**4.2.12.3 Lípidos:** El grano entero de maíz contiene aproximadamente 4.5%, encontrándose los ácidos linoleicos, palmítico y araquidónico entre otros. El 80% de lípidos se hallan en el germen. Una pequeña cantidad de fosfolípidos y glucolípidos se encuentran distribuidos en el endospermo del grano.

**4.2.12.4 Minerales:** Los principales minerales encontrados en el grano de maíz normal son: fósforo (0.43%), Potasio (0.40%), Magnesio (0.16%), Azufre (0.14%) y otros minerales (0.27%).

**4.2.12.5 Vitaminas:** Existen cantidades significativas de caroteno 4.85 mg/Kg, vitamina A 4188.71 mg/Kg, tiamina 4.54 mg/Kg, riboflavina 1.32 mg/Kg, niacina 14.11mg/Kg, ácido pantoténico 7.41 mg/Kg y vitamina E 24.71 mg/Kg. La cantidad de vitamina A varía con el color amarillo del grano, al punto que el maíz de granos blancos prácticamente carece de vitamina A. [3, 31, 32]

**Tabla 1. Composición química del grano del maíz. Expresada en porcentaje % en base seca**

Fracción	Grano	Almidón	Proteínas	Lípidos	Azucares	Cenizas
Grano integral	--	71.5	10.3	4.8	2.0	1.4
Endospermo	82.3	86.4	9.4	0.8	0.6	0.3
Germen	11.5	8.2	18.8	34.5	10.8	10.1
Pericarpio	5.3	7.3	3.7	1.0	0.3	0.8
Pedicelo	0.8	5.3	9.1	3.8	1.6	1.6

Fuente [3, 31, 33] (FAO, 1993, Torres, 2007; Grande 2013)

#### **4.2.13 VARIEDADES DE MAÍZ**

Entre las variedades botánicas cultivadas, más importantes se destacan las siguientes:

**4.2.13.1 *Zea mays L. var. indentata* (Sturtev.) L. H. Bailey:** es la variedad botánica más cultivada en el mundo; comúnmente se le conoce como maíz dentado (dent corn), debido a que al madurar, sus granos presentan una depresión en el extremo distal.

**4.2.13.2** *Zea mays L. var. indurata* (Sturtev.) L. H. Bailey: los maíces pertenecientes a esta variedad botánica, son conocidos comúnmente con el nombre de maíces cristalinos (Flint corn). Sus granos son córneos y duros, vítreos y de forma redondeada o ligeramente aguzada. El color de los granos es típicamente anaranjado y su velocidad de secado es comparativamente más lenta que en el caso del maíz dentado. Su uso está asociado fundamentalmente a la alimentación animal.

**4.2.13.3** *Zea mays L. var. saccharata* (Sturtev.) L. H. Bailey: los maíces pertenecientes a esta variedad botánica, son conocidos comúnmente como maíces dulces (sweet corn); esto, debido al alto contenido de azúcar que presentan sus granos, lo cual, sumado a su textura y grosor de pericarpio, los hacen muy atractivos para el consumo humano en forma hortícola. [3, 34]

**4.2.13.4** *Zea mays L. subsp. mays amylacea*: Variedad que posee el contenido de almidón muy blando y que se utiliza para la elaboración de harina. [34]

De acuerdo a la composición y variedad del maíz la textura se verá influenciada en los atributos mecánicos primarios: dureza, fibrosidad, aceitosidad.

**Tabla 2. Composición química general de distintos tipos de maíz (%)**

Tipo	Variedad	Humedad	Cenizas	Proteínas	Fibra cruda	Extracto etéreo	Hidratos de carbono
Cristalino	<i>Zea mays indurata St</i>	10,5	1,7	10,3	2,2	5,0	70,3
Dentado	<i>Zea mays indentata</i>	12,2	1,2	5,8	0,8	4,1	75,9
Harinoso	<i>Z. mays amylaces</i>	9,6	1,7	10,7	2,2	5,4	70,4
Amiláceo	<i>Zea mays amilácea St.</i>	11,2	2,9	9,1	1,8	2,2	72,8
Dulce	<i>Zea mays saccharata St.</i>	9,5	1,5	12,9	2,9	3,9	69,3
Reventador	<i>Zea mays everta St.</i>	10,4	1,7	13,7	2,5	5,7	66,0
Negro	-	12,3	1,2	5,2	1,0	4,4	75,9

Fuente: [3, 33] (FAO, 1993; Grande, 2013)

#### **4.3 HISTORIA DE LA AREPA**

Cieza de León, comenta al respecto: "...entre los indios que voy tratando, se hace el mejor y más sabroso pan de maíz, tan gustoso y bien amasado, que es mejor que alguno de trigo que se tiene por bueno". Tal y como lo comenté en líneas anteriores, no es osado afirmar que la arepa se constituye en la receta indígena por antonomasia, cuya difusión va desde el norte de Méjico hasta el sur de Chile, con mínimas variaciones en su proceso de elaboración, pero a la vez con múltiples denominaciones, siendo las más comunes: tortilla y arepa. este legado de Aztecas, Muiscas e Incas continua vigente en muchos países americanos después de 500 años de conquista, colonización y mestizaje, demostrándose así la fuerza que posee la arepa como elemento de identidad cultural y símbolo de territorialidad, rebasando en importancia acendrados conceptos ideológicos tales como himnos, escudos y banderas. [36]

En el boletín investigación de la Academia Colombiana de Gastronomía aparece: "la arepa hace parte de nuestro patrimonio cultural y puede ser considerada como un símbolo de unidad gastronómica nacional". 75 recetas que van desde la que indica cómo preparar la arepa cariseca de Cundinamarca hasta la que dice cómo hacer la arepa de garbanzo verde del Valle de Tenza, en Boyacá, pasando por la fórmula de las arepas de anís de Magangué, las arepas de Majaja de Guapi, las arepas de arriero de Antioquia, las arepas chichiguare de la Guajira, las arepas del árbol del pan de San Andrés, las arepas de corrido de Santander, las arepas de yuca dulce del Cesar, las arepas de choclo en caldero de Boyacá, las arepas de maíz remolido de La Capilla y las arepas evangélicas de Guayatá".

En el país se disfruta de 75 tipos de arepas. Aquello que hasta finales del siglo XIX se preparó siempre tal y como lo describió Colon a los Reyes de España, es decir, molida en el pilón indígena y asada en callana, actualmente se hace en casa como por arte de magia con harina de maíz deshidratada o bajo producción automatizada en fábrica de arepas, y más aún, la pequeña y clásica arepa de bola que durante siglos acompañó frijoles y sancocho. [37]

La pasta de maíz era un alimento frío que podía transportarse fácilmente de aquí su utilidad para los trabajadores agrícolas o los caminantes y convertirla en comida por el simple procedimiento de agregarle agua al gusto. El maíz desgranado se ponía a ablandar el día anterior en un recipiente con agua de cal y se hervía, moviéndolo de vez en cuando. La mezcla, que los mayas llamaban kuum, se lavaba posteriormente hasta que quedaba bien limpia, libre de cáscaras. Entonces se molía en un metate de piedra. Los metates mesoamericanos (tanto los mayas como los incas) estaban formados por una gran bandeja de forma cóncava y una mano o rodillo; en los incas el rodillo era semicircular, lo que facilitaba el molido.

El procedimiento mesoamericano:" Las indias, lo muelen en una piedra cóncava, con otra redonda o rolliza echando agua y dejando pasar algún intervalo, poco a poco, no cesando de moler. Es así como se hace una pasta o masa". *"... y toman un poco de aquello y envuelvenlo en una hoja de yerba o en una hoja de la caña del propio maíz y échanlo en las brasas, ásase y endurecece y tórname como pan blanco...y de dentro de este bollo está la miga algo más tierna que la corteza; y hase de comer caliente...y este pan, después de cocido o asado, no se sostiene sino muy pocos días y luego desde a cuatro o cinco días, se mohece y no está de comer."* (Ibíd.) [38, 39]

#### 4.4 LA AREPA EN ANTIOQUIA

Redonda, asada y de maíz, la vital arepa es uno de los alimentos más antiguos de nuestro continente y uno de los más emblemáticos del país. [40]

La arepa es al paisa, lo que el maíz fue para los mesoamericanos. Ninguna otra región del país desarrolló un culto por ella como el que se le rinde en Antioquia y el Eje Cafetero, donde no solo es pan de cada día, sino también símbolo de una cultura construida sobre las cosas elementales.

La tradición alimentaria de las gentes del departamento de Antioquia ha tenido en la arepa de maíz, un alimento representativo de su identidad cultural; y se ha reforzado su consumo por los cambios en la alimentación de la población debido a los nuevos estilos de vida, factores económicos y de tiempo que han incidido para que esta, busque alternativas en el consumo de alimentos de fácil preparación, y económicos.

La arepa no solamente se consume en el desayuno sino también en las comidas principales y comidas intermedias, acompañada con otros alimentos. Se observa que la arepa delgada de maíz blanco, es la de mayor oferta y consumo, quizás debido a que su forma permite combinarla fácilmente con otros alimentos, su asado es más rápido y más fácil su almacenamiento y la oferta de maíz blanco es mayor. [16]

Según la NTC 5372:2007, la arepa un producto para consumo obtenido a partir de la masa de maíz blanca, amarilla o mezcla de ambas previamente cocida, mezclada con otros ingredientes tales como sal, queso, entre otros y que debe ser almacenada en refrigeración de 4 °C a 10 °C. [11]

**Tabla 3. Composición de la arepa de maíz blanco (Zea Mays) según FAO**

	<b>Descripción del Alimento código: A027</b>
País de Origen	Colombia
Genérico:	Arepa
Tipo de Maíz	Blanco Trillado
Cepa:	Plana delgada
Género:	Zea
Especia:	Mays L
Nombre Corto:	Arepa, maíz blanco, plana delgada
Agua(g)	64.10
Proteínas(g)	3.4
Grasas(g)	0.3
Cenizas (g)	0.1
Carbohidratos totales (g)	32
Energía (Kcal)	145
Hierro (mg)	0.40
Tiamina (mg)	0.02
Riboflavina (mg)	0.1
Niacina (mg)	0.10
Calcio (mg)	2
Fosforo(mg)	0.18

Fuente: [41] (FAO 2014)

**Tabla 4. Requisitos microbiológicos Arepa refrigerada NTC 5372:2007**

Microorganismo	n	c	m	M
Mohos y levaduras (UFC/g)	5	1	100	1000
<i>Escherichia coli</i> (UFC/g)	5	0	Ausente	-
<i>Estafilococos aureus</i> coagulasa positiva (UFC/g)	5	2	100	1000
<i>Bacillus cereus</i> (UFC /g)	5	2	100	1000
Bacterias aerobias mesófilas (UFC/g) como control a 24 h -48 h post-producción)	5	2	1000	10000
<i>Salmonella spp./25g</i>	5	0	Ausente	-

Fuente: [11] (NTC 5372:2007)

Dónde:

$n$  = tamaño de la muestra.

$m$  = índice máximo permisible para identificar el nivel de buena calidad.

$M$  = índice máximo permisible para identificar el nivel aceptable de calidad.

$c$  = número máximo de muestras permisibles con resultados entre  $m$  y  $M$ .

**Tabla 5. Requisitos fisicoquímicos para arepas de maíz refrigeradas**

Requisito	Arepas sencillas (blancas, amarillas o mezcla de ambas tipo antioqueñas e integrales)	
	Mínimo	Máximo
Proteína en fracción de masa en base seca, en porcentaje*	3,2	-
Humedad en fracción de masa en base seca, en porcentaje	55	68
pH	5	6,5

Fuente: [11] (NTC 5372:2007)

## **4.5 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO TECNOLÓGICO DE LA AREPA EN COLOMBIA**

El proceso tecnológico de la arepa, puede ser muy artesanal o muy tecnificado; en cualquiera de los dos sistemas las etapas básicas de este son: Recepción, trilla, almacenamiento de materia prima, limpieza y lavado del maíz, cocción, filtración, molienda, amasado, extendido, moldeo, horneado y/o asado, enfriamiento, empaque, almacenamiento y distribución.

**4.5.1 Recepción y procedencia del grano.** En la industria procesadora de arepas de maíz en Colombia recibe maíz de diferentes regiones del país y de maíces importados.

**Tabla 6. Importación de Maíz blanco (*Zea mays L*) en Colombia 2013 -2014**

<b>IMPORTACIONES DE MAÍZ BLANCO (Toneladas)</b>									
<b>MES</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>
<b>Ene.</b>	6.176	12.382	14.337	15.390	2.895	16.135	-	8.471	18.538
<b>Feb.</b>	1.965	9.169	-	7.330	6.960	3.977	-	6.719	10.000
<b>Mar.</b>	5.917	32.605	-	81.434	12.031	31.269	14.322	-	4.900
<b>Abr.</b>	7.053	12.771	4.587	12.663	17.517	1.234	4.115	3.300	15.000
<b>May.</b>	2.000	19.098	1.650	9.621	15.222	17.751	11.623	9.036	30.000
<b>Jun.</b>	28.603	10.057	8.662	37.534	42.453	2.220	13.459	10.245	50.000
<b>Jul.</b>	12.381	9.041	20.275	26.930	31.972	4.772	2.562	14.887	
<b>Ago.</b>	5.257	1.648	850	17.282	6.877	9.103	6.300	3.640	
<b>Sep.</b>	2.320	1.081	85	2.723	12.313	-	3.875	3.501	
<b>Oct.</b>	585	-	19.221	7.957	58	-	9.556	29.345	
<b>Nov.</b>	9.704	-	23.040	11.433	8.184	10.640	3	-	
<b>Dic</b>	2.017	1.092	28.751	9.909	8.484	4.236	-	-	
<b>Total</b>	<b>81.980</b>	<b>108.943</b>	<b>121.458</b>	<b>240.206</b>	<b>164.965</b>	<b>10.1335</b>	<b>65.813</b>	<b>89.144</b>	<b>128.438</b>

Fuente: [10] (FENALCE 2014)

Una de las variedades de grano cultivado con destino al consumo humano es ***Zea mays L. var. indentata (Sturtev.)***: Tiene una cantidad variable de endospermo corneo (duro) y harinoso (suave). La parte cornea está a los lados y detrás del grano, mientras que la porción harinosa se localiza en la zona central y en la corona del grano. Se caracteriza por una depresión o “diente” en la corona del grano, que se origina por la contracción del endospermo harinoso a medida que el grano va secándose. Se usa principalmente como alimento animal, materia prima industrial y para la alimentación humana. Se estima que el 95% de la producción de Estados Unidos es con variedades de este tipo. [3]

En Colombia, el gobierno nacional en desarrollo de la Ley 740 de 2002, expidió el decreto 4525 en el año 2005, designó al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, a través del Instituto Colombiano Agropecuario, ICA la competencia para la autorización de movimientos transfronterizos, tránsito, manipulación y utilización de los Organismos Vivos Modificados, OVM, con fines agrícolas, pecuarios, pesqueros, plantaciones forestales comerciales y agroindustriales que puedan tener efectos adversos para la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica. [42]

El maíz transgénico se liberó por primera vez en el país en año 2007, mediante las resoluciones del ICA 00464 y 00465, a través de las cuales, se autorizan siembras controladas de maíz con la tecnología Bt Herculex I (TC-1507) y con la tecnología Yieldgard® (MON 810), respectivamente. [43, 44]

No obstante, antes de la primera autorización de siembra controlada de maíz transgénico, el ICA autorizó la realización de estudios de bioseguridad con maíz de los eventos Bt11, Yieldgard, Roundup Ready y Herculex. Adicionalmente, no sólo se ha aprobado la utilización maíz GM para su uso en el campo agrícola, sino que también se han realizado autorizaciones para el empleo de maíz transgénico para consumo directo y/o como materia prima para la producción de alimentos para animales domésticos.

Las características de los maíces transgénicos que se utilizan en el país son: Resistencia a insectos lepidópteros y/o coleópteros y tolerancia a glifosato y/o glufosinato de amonio. [45]

Con la adopción del plan país maíz el 23% del área de maíz sembrada en Colombia se hizo con semillas transgénicas. En la actualidad, se cuenta con una oferta de 11 variedades de semillas genéticamente modificadas. [46]

La semilla sembrada y reportada por Fenalce es la referencia comercial “FNC 3056” aprobada en el año 2006 de la cual se ha comercializado, hasta el año 2008 aproximadamente 250 toneladas en el Valle del Magdalena y Córdoba. Para el año 2008 son aprobadas por el ICA tres nuevas especies de maíz blanco con las referencias comerciales FNC 513, FNC 514 y FNC 518 cuyas características de los híbridos es que son materiales de muy buena mazorca, de grano cristalino, duro, con alto rendimiento en la trilla y su rendimiento a la hora de ser trillado es de un 80 por ciento y más. [45]

Al llegar el grano de maíz a la planta de proceso, se realiza inspección visual evaluando aspectos sensoriales como color, olor, forma del grano. Además se determina la cantidad de grano defectuoso, grado de infestación, grado de impureza y se evalúa según los parámetros establecidos en la NTC 366:1999 [47]

**Tabla 7. Requisitos generales Maíz en grano consumo humano NTC 366**

<b>Nombre del producto</b>	<b>Maíz en grano para consumo</b>
<b>Calidad</b>	NTC 366
<b>Requisitos Generales</b>	Se designara por el tipo, color y grado.
	No debe poseer olores objetables
	No debe contener residuos de material tóxico
<b>Requisitos</b>	Humedad 14.0 % Máxima
	Impureza 1.0 % Máxima
	Aflatoxinas 20 ppb Máximas
	Libre de insectos o plagas vivas
<b>Empaque</b>	Empacado o a granel
	Se debe comercializar en sacos de material apropiado que permita el muestreo e inspección con sondas, sin que la perforación ocasione pérdidas del producto
<b>Presentación</b>	Se empacará en sacos entre 40 y 50 kg

Fuente [47, 48] (NTC 366:1999, CODEX STAN 153:1985)

En relación a la dureza del maíz en grano según la Norma Técnica Colombiana 366 posee la siguiente clasificación:

**Tipo duro:** Maíces cuyos granos tengan consistencia dura y apariencia translúcida o vítrea.

**Tipo semiduro:** Maíces cuyos granos tengan consistencia porosa y apariencia opaca.

**Tipo blando:** Maíces cuyos granos tengan consistencia blanda y apariencia opaca. [47]

En la elaboración de las arepas el grano de maíz es sometido al proceso de trilla, cuya finalidad es retirar el germen y el pericarpio. Normalmente el equipo para trilla no existe en las fábricas procesadoras de arepas, éstas parten de materias primas o maíces trillados.

**Tabla 8. Composición Química Grano de Maíz (Zea mays L)**

		<b>Descripción del Alimento código: A432</b>
País de Origen		Colombia
Genérico		Maíz
Género		Zea
Especie		<i>Mays L.</i>
Parte		Blanco entero
Cepa		Plana delgada
Género		Zea
Especie		<i>Mays L</i>
Nombre Corto		Maíz, Blanco
Agua(g)		15.2
Proteínas(g)		7.6
Grasas(g)		3.8
Cenizas (g)		1.3
Carbohidratos totales (g)		72.1
Energía (Kcal)		353
Hierro (mg)		2.00
Tiamina (mg)		0.32
Riboflavina (mg)		0.09
Niacina (mg)		2.3
Calcio (mg)		7
Fosforo(mg)		310
Vitamina C (mg)		1

Fuente: [49] (FAO 2014)

**Tabla 9. Nutrientes en el maíz**

<b>NUTRIENTE</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>
Carbohidratos (endospermo)	Almidón	72-73 %
	glucosa	1-3%
	sacarosa	
	fructosa	
Proteínas (endospermo)	Proteínas endospermo	8-11
	Albuminas	5%
	Globulinas	5%
	Prolaminas (zeína)	44%
	Glutelinas	28%
	Cantidad de Nitrógeno no proteico	17%
Aminoácidos	Leucina	alto
	Lisina y triptófano	bajo
Lípidos	Ácido linoleico	80%
	Acido palmítico	
	Acido araquidónico	
Minerales	Fosforo (P)	0.43%
	Potasio (K)	0.40%
	Magnesio (Mg)	0.16%
	Azufre	0.14%
Vitaminas	Vitamina A	4188.75 ppm
	Vitamina E	24.71 ppm
	Caroteno	4.85 ppm
	Tiamina	4.54 ppm
	Riboflavina	1.32 ppm
	Niacina	14.11 ppm
	Ácido pantoténico (B5)	7.41 ppm

Fuente: [31, 33] (Torres 2007; Grande 2013)

**4.5.2 Lavado.** Se realiza la inmersión o lavado con agua a temperatura ambiente, el grano seco por ser de naturaleza higroscópica se da inicio a la adsorción, generando un ligero hinchamiento lo que conduce a ganancia de peso.

**4.5.3 Cocción.** Se realiza en ollas o marmitas, en algunas empresas se controla tiempo, temperatura con instrumentos y cantidad de agua. Cuando el maíz se calienta en presencia de agua, se da la gelatinización, para conocer las reacciones que ocurren, es importante partir de los compuestos químicos mayoritarios presentes en el endospermo y en el maíz es el almidón.

Además tiende a ablandar y desintegrar fibras no digeribles, mientras que los gránulos quedan hidratados siendo más solubles y asimilables. [51, 52]

**4.5.4 Filtración.** Luego de transcurrir el tiempo de cocción del maíz, inmediatamente se realiza la filtración para evitar el incremento de actividad acuosa en la masa y que se produzcan las reacciones de gelación y retrogradación, donde el maíz gelatinizado aún caliente es conducido a la tolva del molino. [16] (Martínez, Arcila 2006)

**4.5.5 Molienda, amasado y moldeado.** El maíz gelatinizado aún caliente es conducido a un molino. Es importante el control de temperatura al finalizar la operación para facilitar el proceso de amasado manual. La masa luego es llevada a bandas transportadoras, donde un rodillo la aplana y otro da la forma de arepa, y luego estas preformas son depositadas en la banda transportadora del túnel de horneado.

**4.5.6 Horneado.** En esta etapa se somete la arepa a tratamiento térmico durante un tiempo establecido, para obtener un producto de menor contenido de humedad. En esta actividad se considera la longitud del túnel, tiempo de retención del producto, la temperatura del equipo y temperatura interna del producto, forma y tamaño. Esta etapa disminuye la actividad acuosa, disminuye los posibles microorganismos adquiridos en las etapas anteriores, de acuerdo a la composición química de la masa y al efecto de la temperatura se pueden presentar las reacciones de caramelización y reacciones de Maillard.

Las altas temperaturas aceleran considerablemente todos los cambios que le suceden a los polisacáridos (almidón) en condiciones tanto acidas, como alcalinas, pero a pH neutro catalizan las reacciones de caramelización y de oscurecimiento no enzimático. [52]

Luego del horneado, la arepa es conducida por banda transportadora a la zona de enfriamiento.

**4.5.7 Enfriamiento.** Esta etapa es de vital se debe disminuir la temperatura del producto para evitar el crecimiento de microorganismos como mohos y levaduras.

**4.5.8 Envase.** En la mayoría de las empresas se empaqueta las arepas en Polietileno de Baja densidad y en alguna de ellas utilizan empaque a vacío los cuales presentan alta barrera a la humedad y baja barrera a los gases, en empaque al vacío presenta barrera a la humedad y barrera gases. En este último no existe crecimiento de microorganismos aeróbicos y mesófilos previniendo rancidez, decoloración y deterioro. [53]

**Tabla 10. Principales materiales utilizados en el envasado de alimentos**

Película	Permeabilidad a los gases (cm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ·día·atm) películas de 25µ 25°C			Transmisión de vapor de agua (g/m <sup>2</sup> ·día) 38°C 90% HR	Resistencia a grasas y aceites
	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>		
Polietileno de baja densidad (LDPE)	7800	42000	2800	18	Pobre
Politereftalato de etilenglicol (PET) o poliéster, orientado	50-130	180-390	15-18	25-30	Excelente

Fuente: [54,70] (Robertson 2006, Ospina et al 2008)

**4.5.9 Almacenamiento y distribución.** La mayoría de empresas productoras de arepas artesanales almacenan y distribuyen la arepa a temperatura ambiente, en su gran mayoría las empresas industrializadas realizan esta actividad a temperatura de refrigeración.

## **4.6 MEDICIÓN DE LA TEXTURA SENSORIAL E INSTRUMENTAL**

La textura es una sensación provocada por el comportamiento mecánico y reológico del alimento durante el proceso de masticación y la deglución que realiza el individuo, igual es uno de los atributos primarios que, junto con el aspecto, sabor y olor, conforman la calidad sensorial de los alimentos. (Costell, 2002)

La textura es un atributo sensorial muy complejo que abarca las impresiones que ocurren cuando el alimento contacta con la superficie de los dedos, la lengua o los dientes. La palabra textura deriva del latín *textura* que significa tejido, y originalmente se tomó en referencia a la estructura, sensación y apariencia de los tejidos. No fue hasta la década de los 60 que se empezó a utilizar para describir la constitución, estructura o esencia de cualquier cosa en relación con sus constituyentes y/o elementos formativos. (Rosenthal, 1999; Ardila, 2011).

Según la Norma ISO 5492: 1992 y la Norma Técnica Colombiana NTC 4489:1998, la textura se define como “Todos los atributos mecánicos, geométricos y superficiales de un producto, perceptibles por medio de receptores mecánicos, táctiles y si es apropiado, visuales y auditivos” [55]. Más recientemente Szczesniak, 2002 define la textura como la manifestación sensorial y funcional de las propiedades estructurales, mecánicas y de superficie de los alimentos, detectada a través de los sentidos de la visión, oído, tacto y cinestésico. (Ardila, 2011; Gonzales, 2008).

La textura juega un papel importante en la apreciación de una amplia gama de alimentos. La textura es esencialmente una experiencia humana que surge de la interacción con el alimento al momento de manipular o comer. En tal sentido, dicha percepción a menudo constituye un criterio para controlar la calidad y frecuentemente es un factor importante de selección o rechazo de un alimento (Castro, 2007; Gonzales, 2008; Ardila, 2011).

#### 4.6.1 Medición Sensorial de la textura

La textura sensorial está definida por todos los atributos mecánicos, geométricos y superficiales de un producto, perceptibles por medio de receptores mecánicos, táctiles y en donde sea apropiado, visuales y auditivos. NTC 4489:1998 [55]

La textura es detectada por los sentidos de la Vista, Tacto y Oído. Se manifiesta cuando el alimento sufre una deformación [55] Los atributos mecánicos, geométricos y de composición, son percibidos por los receptores táctiles localizados en la piel, la boca y garganta.

La textura de los alimentos es claramente un atributo sensorial y para medirse totalmente son fundamentales los métodos sensoriales. Como ocurre con otros atributos, el desarrollo y mejora de los métodos sensoriales para medirla se debe basar en el conocimiento del proceso por el que el hombre la evalúa. Básicamente, este proceso incluye: a) la percepción fisiológica del estímulo, b) la elaboración de la sensación y c) la comunicación verbal de la sensación. (Costell, 2002)

##### 4.6.1.1 Perfil de Textura (NTC 4489:1998)

Este método permite la realización del análisis sensorial de textura. Contempla varios pasos en el proceso de establecimiento de una descripción completa de los atributos de textura de un producto.

Los atributos mecánicos son aquellos relacionados con el esfuerzo que se le imparte al alimento. Se dividen en cinco características primarias: dureza, cohesividad, viscosidad, elasticidad y adhesividad. Atributos mecánicos que se dividen en cinco parámetros primarios y cuatro secundarios según la Tabla 11. [55]

Atributos geométricos son los relacionados con el tamaño, la forma y disposición de las partículas en el alimento. Los atributos geométricos son

percibidos por receptores táctiles localizados en la piel (principalmente en la lengua), la boca y la garganta. Estos atributos también son discernibles por la apariencia de los productos, ya sean alimentos o no. Algunos ejemplos de diferentes atributos geométricos se describen en la tabla 12. Cuando se requiere una discriminación mayor, se pueden establecer escalas para una característica específica. Estas muestras pueden ser utilizadas en el entrenamiento de jueces para atributos geométricos.

Atributos superficiales son aquellos relacionados con las sensaciones producidas por la humedad y/o el contenido de grasa. En la boca, también se relacionan con la forma en que estos componentes son liberados. Otros atributos relacionados con humedad y contenido de grasa se refieren a cualidades que se perciben con la boca, asociados con la percepción de humedad y contenido de grasa de un producto, por los receptores táctiles de la cavidad bucal o en la piel, y también pueden estar relacionados con las propiedades lubricantes del producto.[55]

El concepto de elaboración de un perfil de textura se basa en los mismos elementos que para la elaboración de un perfil de sabor. Por lo tanto, puede incluir lo siguiente, dependiendo del tipo de producto:

- a. Los atributos texturales perceptibles: Es decir: mecánicos, geométricos y otros.
- b. La intensidad: Es el grado en el cual el atributo es perceptible.
- c. Orden de aparición de los atributos: Que se puede resumir así:
  - Antes de masticación o sin ella: Todos los atributos geométricos, de humedad y grasa percibidos visualmente o por el tacto (piel/mano, labios).
  - Primer bocado/sorbo: Los atributos mecánicos y geométricos, al igual que los atributos de grasa y humedad percibidos en la boca.
  - Fase masticatoria: Atributos percibidos por los receptores táctiles en la boca durante la masticación y/o absorción.
  - Fase residual: Cambios que ocurren durante la masticación y/o absorción, tales como la tasa y tipo de descomposición.

- Deglución: Facilidad de tragar y descripción de cualquier residuo que queda en la boca.

Cuando se establece una técnica estándar para evaluación, se considera la manera en la cual el producto es consumido normalmente, incluyendo:

- La forma en la que el alimento es introducido a la boca (por ejemplo: mordido por los dientes frontales, retirado de la cuchara con los labios, o colocado entero en la boca).
- La forma en la cual el alimento es quebrado (por ejemplo: masticado con los dientes solamente; manipulado entre la lengua y el paladar; o quebrado parcialmente por los dientes y luego manipulado con la lengua para completar la desintegración).
- La condición del alimento antes de tragarlo (por ejemplo, ¿el alimento se traga como líquido, semisólido o como partículas suspendidas en la saliva?) [55]

Es conveniente que la técnica adoptada duplique lo más cerca posible las condiciones de ingestión a las cuales el alimento es sometido normalmente.

Los procedimientos para la preparación de muestras deben ser normalizados. Entre los aspectos a normalizar están:

- La preparación de muestras, de manera que las texturas resultantes sean representativas de los productos que se van a ensayar y reproducibles de un día a otro y de lote a lote.
- El tamaño y forma de la muestra, de manera que el objeto que se va a masticar o manipular sea consistente al igual que representativo del producto, como éste se introduce normalmente en la boca.
- Definir y controlar, cuando sea apropiado, la temperatura de la muestra, el contenido de humedad, el tiempo transcurrido después de la preparación, entre otros. [55]

Existen escalas de productos de referencia para descriptores de atributos de textura para realizar el entrenamiento de los evaluadores (ver Tablas 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19). Uno de los aspectos que se debe tener en cuenta al utilizar las escalas hay algunos productos planteados por la norma no se consiguen fácilmente en Colombia por lo que se deben validar productos a nivel nacional (Ardila, 2011).

Para la elaboración de un perfil de textura se desarrollan los siguientes pasos, dependiendo el tipo de producto (alimenticio o no).

- a. Determinación de los atributos texturales perceptibles; es decir: mecánicos, geométricos y de composición.
- b. Orden de aparición de los atributos.
- c. La intensidad de los atributos.
- d. Residuales y/o persistentes.
- e. calidad general de la textura.

Finalmente la determinación de atributos texturales establecidos por un panel entrenado nos permite tener una información muy completa sobre la textura del producto dado el grado de entrenamiento, y considerando que la medición sensorial aporta mucha información que no es evidenciada en procesos de medición instrumental.

**Tabla 11. Definiciones y métodos de evaluación para atributos texturales mecánicos**

<b>Característica</b>	<b>Definición sensorial</b>	<b>Técnica</b>
<b>Parámetros primarios</b>		
Dureza	Atributo de textura mecánica relacionado con la fuerza requerida para obtener una deformación dada o penetración de un producto.  En la boca, se percibe comprimiendo el producto entre los dientes (sólidos) o entre la lengua y el paladar (semisólidos)	Se coloca la muestra entre los molares o entre la lengua y el paladar y se mastica uniformemente, evaluando la fuerza necesaria para comprimir la muestra.
Cohesividad	Atributo de textura mecánica que se relaciona con el grado en el cual una sustancia se puede deformar antes de romperse.	Se coloca la muestra entre los molares, se comprime y evalúa la cantidad de deformación antes de rotura.
Viscosidad	Atributo de textura mecánica relacionado con la resistencia a fluir. Corresponde a la fuerza requerida para tomar un líquido de una cuchara sobre la lengua, o para esparcirlo sobre un sustrato.	Se coloca una cuchara que contiene la muestra, directamente en frente de la boca y se suerbe el líquido sobre la lengua, evaluando la fuerza requerida para llevar el líquido sobre la lengua a una tasa constante.
Elasticidad	Atributo de textura mecánica que se relaciona con la rapidez de recuperación de una fuerza deformadora, y el grado en el cual un material deformado regresa a su condición de no deformación después de retirar la fuerza de deformación.	Se coloca la muestra, ya sea entre la lengua y el paladar (si es un semisólido) o los molares (si es un sólido) y se comprime parcialmente; se retira la fuerza y se evalúa el grado y rapidez de la recuperación.
Adhesividad	Atributo de textura mecánica relacionada con la fuerza requerida para retirar material que se adhiere a la boca o a un sustrato.	Se coloca la muestra en la lengua, se presiona ésta contra el paladar y se evalúa la fuerza necesaria para retirarla con la lengua.
<b>Parámetros secundarios</b>		
Fracturabilidad	Atributo de textura mecánica relacionado con la cohesividad y la fuerza necesaria para quebrar un producto en migajas o trozos	Se coloca la muestra entre los molares y se muerde homogéneamente hasta que se desmorona, agrieta o rompe en pedacitos, evaluando la fuerza con la cual el alimento se retira de los dientes.
Mascabilidad	Atributo textural mecánico relacionado con la cohesividad y el tiempo o el número de masticaciones requeridas para mascar un producto sólido hasta dejarlo listo para tragar.	Se coloca la muestra en la boca y se manipula a una mascada por segundo a una fuerza igual a la requerida para penetrar una pastilla de goma en ½ segundo, y evaluar la energía o el número de masticaciones requeridas para reducir la muestra a un estado listo para tragar.
Gomosidad	Atributo textural mecánico relacionado con la cohesividad de un producto tierno. En la boca, se relaciona con el esfuerzo requerido para desintegrar el producto hasta dejarlo listo para tragar.	Se coloca la muestra en la boca y se manipula con la lengua contra el paladar, evaluando la cantidad de manipulación necesaria antes de que el alimento se desintegre.

Fuente: NTC 4489. Metodología. Perfil de Textura. 1998.

**Tabla 12. Ejemplos de productos de referencia para atributos geométricos**

Atributos relativos a tamaño y forma de la partícula	Producto de referencia	Atributos relativos a la orientación	Producto de referencia
Pulverulento	Azúcar de repostería	escamoso	Bacalao hervido
Gredoso	Merengue seco, pasta dental	fibroso	Espárragos, pechuga de pollo, tallos de apio
Granuloso	Sémola	Pulposo	pulpa de durazno
Arenoso	Corazón de la pera, arena	Celular	naranja
Áspero	avena cocida	Aireado	pan para sandwich, batido de leche
Grumoso	requesón	Abultado	Arroz inflado, buñuelos de crema
En forma de cuenta	budín de tapioca, cabiar	Cristalino	Azúcar granulado

Fuente: [55] NTC 4489:1998. Metodología. Perfil de Textura.

**Tabla 13. Ejemplo de una escala de dureza estándar**

Término popular	Clasificación del panel	Producto de referencia <sup>1)</sup>	Tipo	Tamaño de la muestra	Temperatura
Blando	1	queso crema		cubo de 1,25 cm	7 °C a 13 °C
	2	clara de huevo	cocida, dura, 5 min	un trozo de 1,25 cm	ambiente
	3	salchichas Frankfurt	grande, sin cocer y sin piel	una tajada de 1,25 cm de espesor	10 °C a 18 °C
	4	queso	americano, amarillo, procesado	cubo de 1,25 cm	10 °C a 18 °C
	5	aceitunas verdes	tamaño gigante, deshuesadas	1 aceituna	10 °C a 18 °C
	6	maní	tipo cocktail, al vacío	1 maní entero	ambiente
	7	zanahorias	sin cocer	1 rodaja de 1,25 cm de espesor	ambiente
	8	turrón	parte acaramelada		ambiente
Duro	9	azúcar de candil			ambiente

<sup>1)</sup> Los productos son variables, ya sea por sus características comerciales o agrícolas. Las escalas dependen del producto seleccionado.

Fuente: [55] NTC 4489:1998. Metodología. Perfil de Textura

**Tabla 14. Ejemplo de una escala de cohesividad estándar**

Término popular	Valor en la escala	Producto de referencia	Tipo	Tamaño de la muestra	Temperatura
Cohesividad de baja intensidad	1,0	Panecillo de maíz americano <sup>1)</sup>	tradicional	un cubo de 1,25 cm	5 °C a 7 °C
	5,0	queso americano	amarillo, procesado	un cubo de 1,25 cm	ambiente
	-	pan blanco de sandwich	tajado	un cuadrado de 1,25 de espesor	ambiente
	8,0	galleta blanda		un trozo de 1,25 cm	ambiente
	10,0	frutas secas	uvas pasas sin semilla	una unidad	ambiente
	12,0	fruta masticable		una unidad	ambiente
	13,0	caramelo	casero, ligero	un cubo de 1,25 cm	ambiente
Cohesividad de alta intensidad	15,0	goma de mascar	después de 40 masticaciones	1 unidad	ambiente

<sup>1)</sup> Mascado a temperatura ambiente.

Fuente: [55] NTC 4489:1998. Metodología. Perfil de Textura.

**Tabla 15. Ejemplo de una escala de elasticidad estándar**

Término popular	Valor de escala	Producto de referencia	Tipo	Tamaño de la muestra	Temperatura
Elasticidad de baja intensidad	0	queso crema		cubo de 1,25 cm	5 °C a 7 °C
	5,0	salchichas Frankfurt <sup>1)</sup>	cocidas 5 min en agua hirviendo	tajada de 1,25 cm de espesor	ambiente
	9,0	masmelos	miniatura	1 trozo	ambiente
Elasticidad de alta intensidad	15,0	postre de gelatina	<sup>2)</sup>	cubo de 1,25 cm	5 °C a 7 °C

<sup>1)</sup> El área comprimida entre la lengua y el paladar es paralela al corte.  
<sup>2)</sup> Se disuelve un paquete de postre de gelatina\* y un paquete de gelatina en 375 ml de agua caliente. Se tapa y refrigera (5 °C a 7 °C) durante 24 h.

Fuente: [55] NTC 4489:1998. Metodología. Perfil de Textura

**Tabla 16. Ejemplo de una escala de adhesividad estándar**

Término popular	Clasificación del panel	Producto de referencia	Tamaño de la muestra	Temperatura °C
Baja adhesividad	1	aceite vegetal hidrogenado	2,5 ml	7 a 13
	2	masa de bizcocho	¼ de bizcocho	7 a 13
	3	queso crema	2,5 ml	7 a 13
	4	cubierta de masmelo	2,5 ml	7 a 13
Alta adhesividad	5	mantequilla de maní	2,5 ml	7 a 13

Fuente: [55] NTC 4489:1998. Metodología. Perfil de Textura.

**Tabla 17. Ejemplo de una escala de Fracturabilidad estándar**

Término popular	Clasificación del panel	Producto de referencia	Tipo	Tamaño de la muestra	Temperatura
Desmoronadizo	1	panecillos de maíz americano		cuadro de 1,25 cm	Ambiente
	2	buñuelos de ángel	Dietético, calentado 5 min a 82°C	1 buñuelo	Ambiente
	3	galletas Graham		½ galleta	Ambiente
	4	tostada Melba	Pieza interior	cuadrado de 1,25 cm	Ambiente
	5	galletas de avellana		cuadrado de 1,25 cm	Ambiente
	6	galletas de jengibre		cuadrado de 1,25 cm	Ambiente
Quebradizo	7	turrón	Parte acaramelada	cuadrado de 1,25 cm	Ambiente

Fuente: [55] NTC 4489:1998. Metodología. Perfil de Textura.

**Tabla 18. Ejemplo de una escala de masticabilidad**

Término popular	Clasificación del panel	Número de masticaciones 1)	Producto de referencia	Tipo	Tamaño de la muestra	Temperatura
masticabilidad de baja intensidad	1	10,3	pan de centeno	fresco, corte central	cucho de 1,25 cm	ambiente
	2	17,1	salchichas Frankfurt	grande, sin cocer, sin piel	tajada de 1,25 cm de espesor	10°C a 21°C
	3	25,0	pastilla de chicle		un trozo	ambiente
	4	31,8	bistec	redondo, asado (a la parrilla) 10 min a cada lado	un cucho de 1,25 cm	60°C a 85°C
	5	33,6	pastillas de chicle con base de almidón		un trozo	ambiente
	6	37,3	maní		un trozo	ambiente
masticabilidad de alta intensidad	7	56,7	melcocha con base de azúcar, con textura seca		un trozo	ambiente

1) Número promedio de masticaciones

Fuente: [55] NTC 4489:1998. Metodología. Perfil de Textura.

**Tabla 19. Ejemplo de una escala de gomosidad**

Término popular	Clasificación del panel	producto de referencia	tamaño de la muestra	Temperatura
Gomosidad de baja intensidad	1	pasta de harina 40 %	1 cucharada	ambiente
	2	pasta de harina 45 %		
	3	pasta de harina 50 %		
	4	pasta de harina 55 %		
Gomosidad de alta intensidad	5	pasta de harina 60 %		

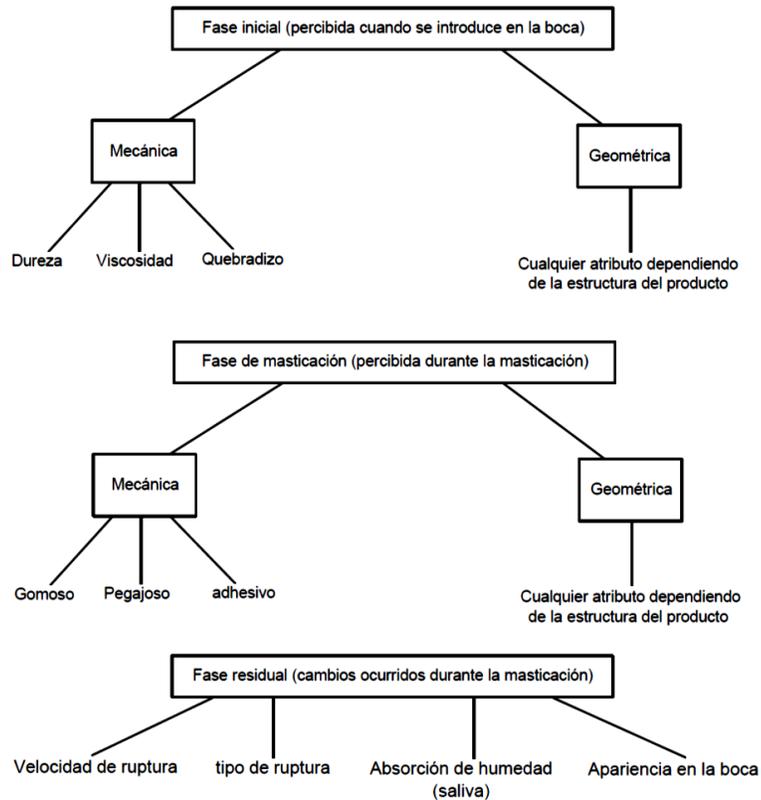
Fuente: [55] NTC 4489:1998. Metodología. Perfil de Textura

Mediante el uso de escalas se procede al entrenamiento de los evaluadores para poder realizar pruebas sensoriales de textura donde se realizan perfiles de textura bajo atributos mecánicos, geométricos y de composición encontrados en la muestra y que son calificados en escala de intensidad de 1-5 (Icontec NTC 4489, 1998).

Para los exámenes individuales se usan cabinas sensoriales. El procedimiento de evaluación de la textura se desarrolla según la Figura 3. El líder del panel suma los resultados individuales y conduce la discusión, para resolver desacuerdos o malos entendidos. Esto conduce a consenso al final de la discusión, o a una interpretación de los datos obtenidos por medio de escalas.

Para los análisis de datos no es posible definir con precisión un método particular, ya que la realización del perfil depende del método y del diseño experimental escogido. Se pueden analizar evaluaciones independientes usando el análisis de datos apropiado al tipo de datos recogidos. (por ejemplo: ANOVA, métodos no paramétricos entre otros análisis) (Icontec NTC 4489, 1998; Ardila 2011)

**Figura 3. Procedimiento de evaluación de textura sensorial según NTC 4489**



Fuente: [55] NTC 4489:1998.

### Metodología

Perfil de Textura Para la realización de la prueba sensorial de perfil de textura se hace necesario conocer los descriptores más importantes contemplados en la clasificación de atributos sensoriales, que son:

- A. **Atributos mecánicos:** Están relacionados con la reacción del producto al esfuerzo. Los atributos mecánicos para productos alimenticios sólidos y semisólidos se pueden dividir en cinco parámetros primarios y cuatro secundarios:

### a) Parámetros primarios

**Dureza:** Relacionado con la fuerza requerida para obtener una deformación dada o penetración de un producto. Los principales adjetivos son: suave, firme, duro y blando.

**Cohesividad:** Relacionado con el grado en el cual una sustancia se puede deformar antes de romperse. Los principales adjetivos fracturabilidad, masticabilidad y gomosidad.

**Elasticidad:** Relacionado con la rapidez de recuperación de una fuerza deformadora, y el grado en el cual un material deformado regresa a su condición de no deformación después de retirar la fuerza. Los principales adjetivos son: plástico, maleable, elástico, flexible.

**Adhesividad:** Relacionada con la fuerza requerida para retirar material que se adhiere a la boca o a un sustrato. Los principales adjetivos son: viscoso, gomoso.

### b) Parámetros secundarios.

**Fracturabilidad:** Relacionado con la cohesividad y la fuerza necesaria para quebrar un producto en migajas o trozos. Intervienen los parámetros primarios de dureza y cohesión. Se presenta en productos quebradizos, la cohesión es baja y la dureza puede variar. Adjetivos: Quebradizo, desmoronable, crocante y crujiente.

**Masticabilidad:** Relacionado con la cohesividad y el número de masticaciones requeridas para desintegrar un producto sólido hasta dejarlo listo para deglutir. Relacionados con dureza, cohesividad y elasticidad.

**B. Atributos Geométricos:** Relacionados con el tamaño, la forma y disposición de las partículas dentro del producto.

**Granularidad:** Relacionado con la percepción del tamaño y forma de las partículas. (Arenoso, granuloso, áspero, pulverulento, grumoso).

**Conformación:** Relacionado con la percepción de la forma y la orientación de las partículas. (Fibroso, celular, esponjoso, aireado, cristalino)

**C. Atributos Superficiales o de composición:** Relacionados con las sensaciones producidas por la humedad y/o el contenido de grasa. En la boca también se relaciona como estos componentes son liberados y se divide:

**Húmedo:** Describe la percepción de agua absorbida o liberada por el producto. Los términos populares: Seco, aguado, húmedo, jugoso.

**Contenido de grasa:** Relacionada con la cantidad o calidad de grasa en un producto. Los parámetros secundarios es decir aceitoso, grasoso y seboso, se han establecido para distinguir entre estos atributos.

#### **4.6.2 Medición Instrumental de la textura**

Existe un gran número de equipos desarrollados para "medir" instrumentalmente la textura, la mayoría de ellos muy populares y de amplio uso en la industria alimentaria. Esta situación responde a que, en muchas ocasiones, para controlar industrialmente la textura de un producto, se considera suficiente evaluar un atributo, sobre todo cuando éste predomina sobre el resto en la sensación final de textura (dureza en los guisantes, crujibilidad en las galletas o viscosidad en los alimentos líquidos). En muchos casos, y para un gran número de alimentos, el atributo de textura predominante está bien definido y su control instrumental se resuelve seleccionando la variable mecánica responsable de la sensación; en otros, el predominio de un atributo no está tan claro y antes de seleccionar el método instrumental hay que determinar qué atributo o atributos influyen más en su textura (Costell, 2002)

Además de su utilidad práctica, es necesario tener en cuenta las posibilidades y limitaciones de los métodos instrumentales en la evaluación y control de la textura. La primera limitación se produce porque, durante el proceso de masticación, los alimentos se rompen en pequeños trozos y este proceso de reducción de tamaño no es reológico. Tampoco tienen este carácter el tamaño, la forma o la rugosidad de las partículas resultantes, ni su capacidad para humedecerse con la saliva.

Menos directa es incluso la conexión de la reología con las percepciones ligadas a los receptores visuales y auditivos. En función de la naturaleza del alimento, la percepción de diferentes atributos por distintos sentidos puede tener mayor o menor importancia en la sensación integrada percibida por ser humano. Por tanto, aún disponiendo de un método de medida reológico que proporcionase una información completa sobre los atributos mecánicos de la textura de un alimento, no se conseguiría la medida total de la misma. (Costell, 2002)

Aunque el hombre es el único capaz de percibir la textura íntegramente y describir las sensaciones relacionadas con la misma, las mediciones instrumentales son necesarias para describir las propiedades texturales en términos numéricos, de forma tal que tanto los aspectos fundamentales como los aplicados, puedan definirse y estudiarse cuantitativamente [56]. El texturómetro simula la masticación de una muestra de alimento por medio de un analizador de textura.

Una muestra de alimento del tamaño de un mordisco es comprimido usando un dispositivo de doble acción ajustable al alimento para imitar la acción de un diente. [57]

En Ardila, 2011, González, 2008; Scott Blair (1958) y Rosenthal *et al*, 2001 clasificó los métodos instrumentales para medir la textura de los alimentos en tres grupos:

- **Métodos Fundamentales:** Se utilizan para medir propiedades reológicas fundamentales de los alimentos como viscosidad o la relación de Poisson. Dentro de este grupo, los ensayos más habituales son los de relajación y los de compresión – descompresión.
- **Métodos Empíricos:** Miden parámetros normalmente poco definidos desde un punto de vista reológico. Dentro de este grupo, los ensayos más habituales son los de penetrometría, punción, compresión y corte. Estos métodos miden propiedades de los productos a menudo no bien definidas y que no pueden expresarse fácilmente. Los resultados obtenidos son normalmente característicos para ese producto particular, bajo las condiciones experimentales utilizadas.
- **Métodos Imitativos:** Intentan imitar las condiciones en que se encuentran los alimentos en la boca. Dentro de este grupo el análisis de Perfiles de Textura (TPA), es el método que en los últimos años ha sido más utilizado para evaluar todo tipo de alimentos. (González, 2008).

A continuación se definen algunos descriptores de los atributos de textura más relevantes para ser analizados en alimentos, cuya definición instrumental es:

**Dureza:** Es la fuerza máxima obtenida durante la primera compresión del ensayo (imitando el primer mordisco). Es identificada como dureza 1 para el primer pico durante la primera compresión y dureza 2 para el pico obtenido durante la segunda compresión, podría también ser usado para definir la fuerza requerida para deformar una muestra por una mordaza específica.

**Elasticidad:** La altura a la cual la muestra retrocede (o se relaja) entre el final de la primera compresión (primer mordisco) y el comienzo de la segunda compresión (segundo mordisco). La Elasticidad es ahora comúnmente referida como el porcentaje de relajación representada como índice de elasticidad. Un simulador de dos mordiscos mide la altura de la muestra en el primer mordisco y otra vez en el segundo mordisco, de estas dos medidas se puede obtener relación de elasticidad. La fuerza de arranque debe ser la misma para ambas compresiones para que el ensayo se considere válido.

**Gomosidad:** Densidad que persiste a lo largo de la masticación. Relacionado con el esfuerzo requerido para desintegrar el producto hasta dejarlo listo para deglutir.

**Masticabilidad:** Es el producto de la gomosidad por la elasticidad (por ejemplo dureza por cohesividad por elasticidad). Este resultado solo se puede usar para comparar muestras de la misma altura. La Masticabilidad se mide por la elasticidad. Un alimento con una alta elasticidad tiene una textura gomosa mientras que un producto de baja elasticidad es un producto fracturable.

**Adhesividad:** Está muy ligada a la fuerza adhesiva, si la fuerza adhesiva es la máxima fuerza medida. La adhesividad es el trabajo (energía) requerida para quitar la muestra completamente. Ésta es generalmente definida cuando el nivel de fuerza cae a cero o a una fuerza predefinida. Es esencialmente un ensayo de tracción y se calcula por el área bajo una curva.

**Cohesividad:** Es la relación de trabajo hecho durante la segunda compresión dividido por el trabajo hecho durante la primera compresión. El resultado obtenido es un indicador de la viscoelasticidad del alimento. Un valor próximo a 1 indica total elasticidad y un valor próximo a cero indica que la muestra no se recuperó en absoluto.

**Fracturabilidad:** Es el pico inicial de fuerza durante la primera compresión. Es la fuerza con la cual una muestra de alimento se desmiga, fractura o se hace en pedazos muy pequeños. Los alimentos que son dados a la Fracturabilidad, tienden a tener una baja cohesividad y un cierto grado de dureza. [55, 56, 57]

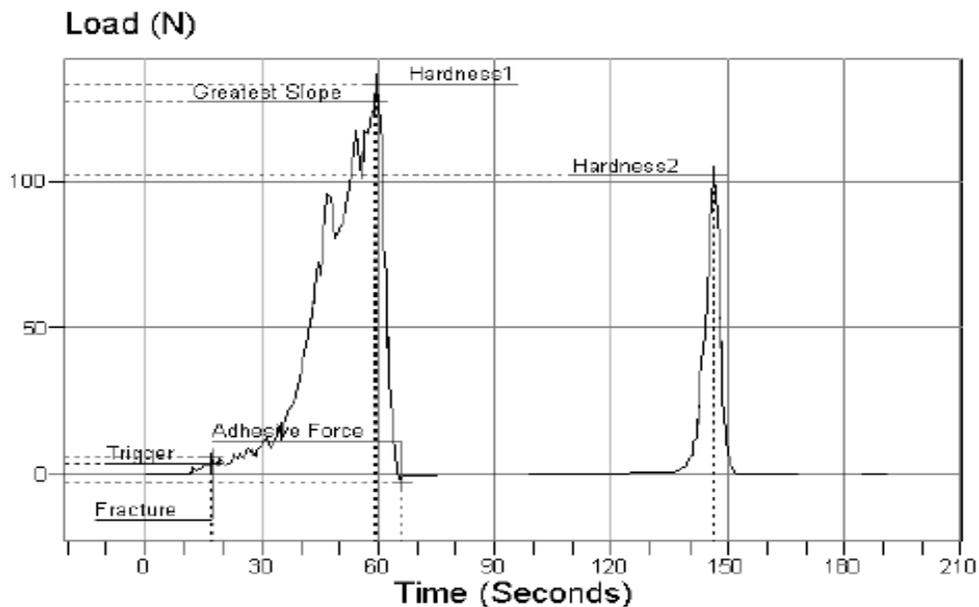
#### **4.6.2.1. Medición instrumental de la textura por TPA**

El análisis de la textura de los alimentos, es el llamado Análisis del Perfil de Textura (TPA). Desarrollado por un grupo de investigadores de General Foods Corporation en los años 60, mediante el uso de un texturómetro de la misma firma para obtener varios parámetros de textura, ha demostrado la elevada correlación que existe entre las mediciones por esta técnica y la evaluación

sensorial (Friedman y col, 1963; Szczesniak, 1963). Bourne (1968) fue el pionero en adaptar una máquina Instron para desarrollar el análisis del perfil de textura. Una curva generalizada se muestra en la figura 4 donde se aprecian algunos de los principales parámetros que se evalúan. (Castro *et al* 2007)

Una de las pruebas más utilizadas para evaluar las características físicas es el perfil de textura (TPA). Esta prueba se basa en imitar la acción de las mandíbulas por medio de un Texturómetro Demonte (1995). Bourne en 1983 adoptó, y extendió la técnica a la máquina Universal de Pruebas Instron donde la muestra de un alimento (aproximadamente el tamaño del alimento tomado en un mordisco, 1 cm<sup>3</sup>) es comprimido dos veces, aproximadamente al 80 % de su altura original, esta acción suministra una curva de esfuerzo/tiempo. Dado que esta prueba intenta reflejar la percepción humana de la textura, la primera y la segunda compresión se refieren al primer y segundo mordisco respectivamente (Valencia, 2007- 2008). (ver figura 4). El equipo TPA simula la masticación de una muestra de alimento por medio de un analizador de textura.

**Figura 4. Medición instrumental de textura (TPA)**



Fuente: 57

#### 4.6.3 Relación de Parámetros de textura instrumental y sensorial

Los parámetros texturales en un enfoque comparativo, se determinan a nivel instrumental y sensorial. Estos parámetros contemplando los 2 tipos de medición cuya definición está relacionada en la Tabla 20.

**Tabla 20. Definiciones de textura instrumental y sensorial con TPA asociado**

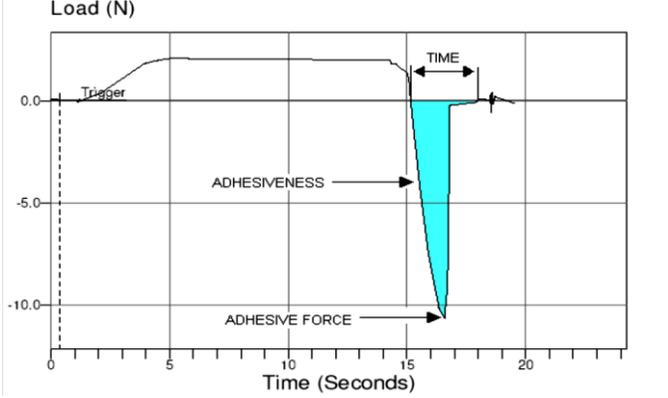
Definición Instrumental	Definición Sensorial	Imagen Instrumental
<p><b>Adhesividad Física:</b></p> <p>La adhesividad está muy ligada a la fuerza adhesiva, si la fuerza adhesiva es la máxima fuerza medida. La adhesividad es el trabajo (energía) requerida para quitar la muestra completamente. Ésta es generalmente definida cuando el nivel de fuerza cae a cero o a una fuerza predefinida (Ver figura 3). Es esencialmente un ensayo de tracción y se calcula por el área bajo una curva (Nollet y Toldrá, 2011METROTEC).</p>	<p><b>Adhesividad sensorial:</b></p> <p>La adhesividad simula la fuerza requerida para retirar con la lengua el alimento que se queda adherido a la boca (por ejemplo: paladar, dientes o labios) bajo condiciones normales de comida. Es un atributo de textura mecánica relacionada con la fuerza requerida para retirar material que se adhiere a la boca o a un sustrato (METROTEC, Icontec NTC 4489, 1998).</p>	 <p>El gráfico muestra la carga en Newtons (N) en el eje vertical (ranging from 0.0 to -10.0) y el tiempo en segundos en el eje horizontal (ranging from 0 to 20). La curva comienza en 0.0, se eleva hasta un punto etiquetado como 'Trigger' a aproximadamente 5 segundos, se mantiene constante hasta unos 15 segundos, y luego cae bruscamente a -10.0 N. El área bajo esta curva descendente está sombreada en azul y etiquetada como 'ADHESIVE FORCE'. Una línea horizontal a -5.0 N indica el nivel de 'ADHESIVENESS'. El tiempo que la fuerza permanece por debajo de este nivel se indica como 'TIME'.</p>

Figura 3. Adhesividad Instrumental.

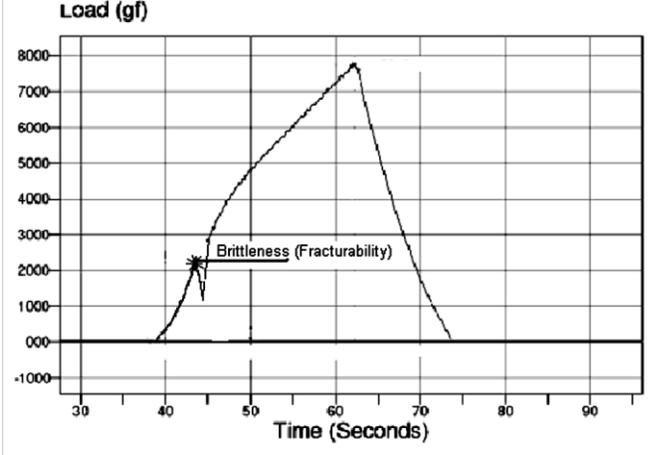
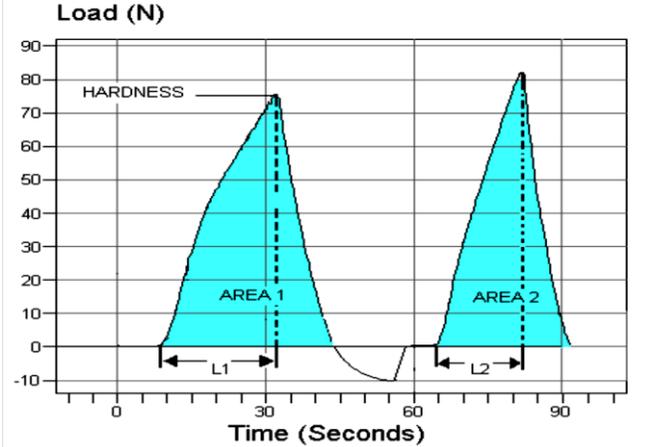
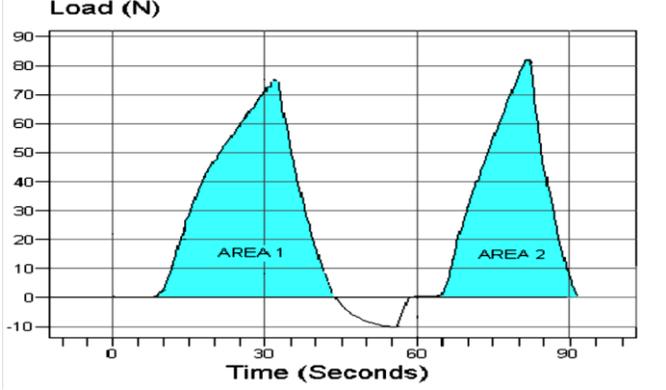
Definición Instrumental	Definición Sensorial	Imagen Instrumental
<p><b>Fracturabilidad:</b> Se considera que la fracturabilidad es la fuerza correspondiente al primer pico que aparece en la curva de la primera compresión. (ver Figura 4) (Nollet y Toldrá, 2011; METROTEC).</p>	<p><b>Fracturabilidad Sensorial:</b> La Fracturabilidad del alimento es evaluado por métodos sensoriales colocando una muestra de alimento entre los dientes molares y mordiéndolo hasta que se fracture, se desmigue o se deshaga en piezas muy pequeñas. La fuerza y lo repentino con el cual el producto se rompe en pedazos mucho más pequeños es su Fracturabilidad (METROTEC). Según NTC 4489 la fracturabilidad es un atributo de textura mecánica relacionado con la cohesividad y la fuerza necesaria para quebrar un producto en migajas o trozos.</p>	 <p>El gráfico muestra la carga en gramos (gf) en el eje vertical (rango de -1000 a 8000) frente al tiempo en segundos en el eje horizontal (rango de 30 a 90). La curva comienza a subir a los 40 segundos, alcanza un primer pico de aproximadamente 2000 gf a los 45 segundos, marcado con una estrella y etiquetado como 'Brittleness (Fracturability)'. Después de una breve caída, la curva continúa subiendo hasta un segundo pico más alto de aproximadamente 7500 gf a los 65 segundos, antes de descender a cero a los 75 segundos.</p>

Figura 4. Fracturabilidad Instrumental.

Definición Instrumental	Definición Sensorial	Imagen Instrumental
<p><b>Masticabilidad =</b></p> <p>Dureza x cohesividad x elasticidad = dureza x (Area2/Area1) x (L2/L1) (ver Figura 5).</p> <p>Si la gomosidad se multiplica por elasticidad se define la masticabilidad del alimento (Ardila, 2011, Nollet y Toldrá, 2011).</p>	<p><b>Masticabilidad sensorial:</b></p> <p>La Masticabilidad simula el periodo de tiempo requerido para masticar una muestra de alimento a una velocidad constante para reducir su consistencia y así pueda ser tragado.</p>	 <p>Figura 5. Masticabilidad Instrumental.</p>
<p><b>Cohesividad instrumental:</b></p> <p>El punto A que es en donde comienza la primera compresión y el punto B en donde comienza la segunda compresión. El radio de las áreas de fuerzas positivas bajo la primera y la segunda compresión (A2/A1) es definido como la cohesividad. (ver Figura 6). (Ardila, 2011;Nollet y Toldrá,</p>	<p><b>Cohesividad sensorial:</b></p> <p>Grado al cual la muestra se deforma antes de romperse. Atributo relacionado con la fuerza necesaria para romper un producto en migajas o piezas, incluye la propiedad de fracturabilidad, masticabilidad y</p>	 <p>Figura 6. Cohesividad Instrumental.</p>

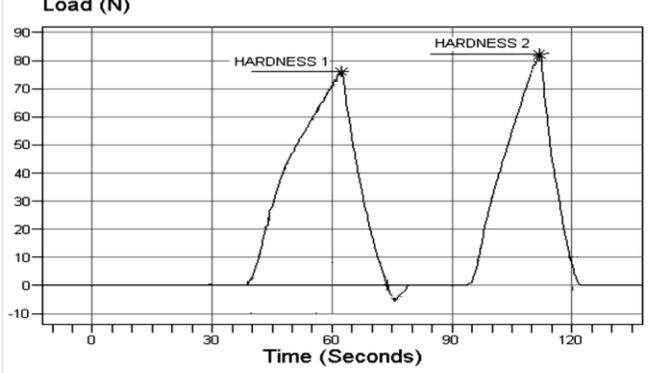
Definición Instrumental	Definición Sensorial	Imagen Instrumental
2011).	gomosidad (Espinosa, 2007).	
<p><b>Dureza:</b></p> <p>La fuerza máxima obtenida durante la primera parte de compresión del ensayo (imitando el primer mordisco). Es identificada como dureza 1 para el primer pico durante la primera compresión y dureza 2 para el pico obtenido durante la segunda compresión. (Ver figura 7) (Nollet y Toldrá, 2011).</p>	<p><b>Dureza sensorial:</b></p> <p>Fuerza requerida para lograr una deformación o penetración de un producto, simula la fuerza requerida para comprimir un alimento sólido entre los dientes molares o un producto semi-sólido entre la lengua y el paladar (Espinosa 2007)</p>	 <p>The graph plots Load (N) on the y-axis (ranging from -10 to 90) against Time (Seconds) on the x-axis (ranging from 0 to 150). Two distinct peaks are shown. The first peak, labeled 'HARDNESS 1', occurs at approximately 60 seconds and reaches a maximum load of about 75 N. The second peak, labeled 'HARDNESS 2', occurs at approximately 110 seconds and reaches a maximum load of about 80 N. Both peaks are marked with an asterisk.</p>

Figura 7. Dureza Instrumental.

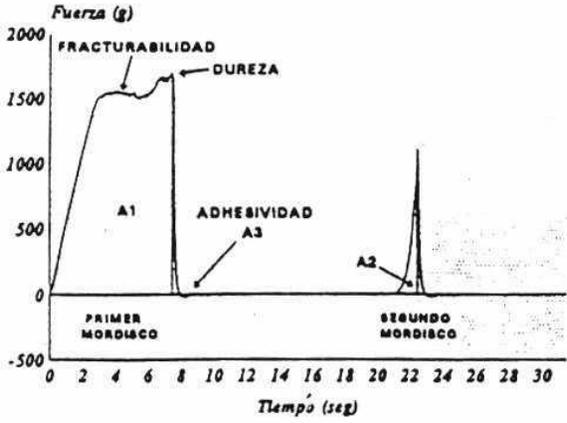
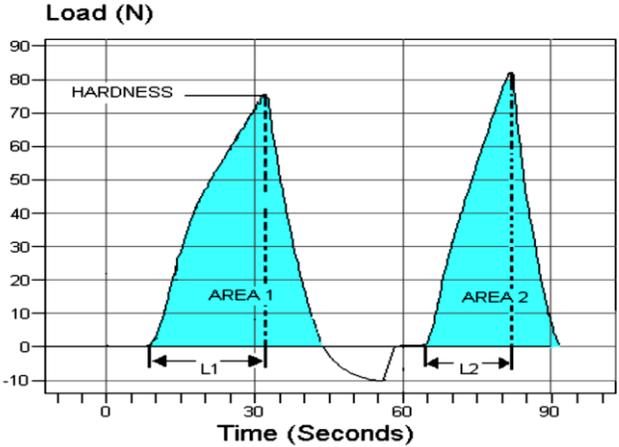
Definición Instrumental	Definición Sensorial	Imagen Instrumental
<p><b>Elasticidad:</b></p> <p>Un alimento con alta elasticidad tiene una textura gomosa mientras que un producto con baja elasticidad es un producto quebradizo.</p> <p>La distancia que el alimento recobre es la altura durante el tiempo que pasa entre el final de la primera mordida y el de la segunda mordida es definido como la elasticidad, ver figura 8 (Nollet y Toldrá, 2011).</p>	<p><b>Elasticidad sensorial:</b></p> <p>Atributo de textura mecánica que se relaciona con la rapidez de recuperación de una fuerza deformadora, y el grado en el cual un material deformado regresa a su condición de no deformación después de retirar la fuerza de deformación (NTC 4489, 1998).</p>	 <p>El gráfico muestra la fuerza en gramos (eje Y, de -500 a 2000) frente al tiempo en segundos (eje X, de 0 a 30). Se distinguen dos eventos de mordida: el 'PRIMER MORDISCO' entre 0 y 8 segundos, y el 'SEGUNDO MORDISCO' entre 20 y 24 segundos. Durante el primer mordisco, la fuerza aumenta hasta un punto etiquetado como 'FRACTURABILIDAD' (alrededor de 1500g), luego se estabiliza y cae, con un punto etiquetado como 'DUREZA'. Entre las mordidas, se observa un período de recuperación de fuerza etiquetado como 'ADHESIVIDAD' y 'A3'. El segundo mordisco muestra un pico etiquetado como 'A2'.</p>

Figura 8. Elasticidad Instrumental

Definición Instrumental	Definición Sensorial	Imagen Instrumental
<p><b>Gomosidad:</b></p> <p>Está definida como la dureza multiplicada por la cohesividad, ver figura 9. Nolle y Toldrá, 2011, METROTEC).</p>	<p><b>Gomosidad sensorial:</b></p> <p>Atributo textural mecánico relacionado con la cohesividad de un producto tierno. En la boca, se relaciona con el esfuerzo requerido para desintegrar el producto hasta dejarlo listo para tragar (NTC 4489, 1998).</p>	 <p><b>Figura 9. Gomosidad Instrumental</b></p>
<p><b>Crujencia:</b></p> <p>se obtiene vía análisis fractal la determinación del espectrum fuerza y trasformadas de Fourier. La textura de un producto como aperitivos o ciertos cereales para desayunos ocurre como un resultado de tanto la fractura progresiva o la fractura simple de un producto debido a la masticación (Nolle y Toldrá,</p>	<p><b>Crujencia sensorial:</b></p> <p>La Crujencia es el nivel de sonido que un producto hace cuando se fractura entre los dientes molares (METROTEC).</p>	

<b>Definición Instrumental</b>	<b>Definición Sensorial</b>	<b>Imagen Instrumental</b>
2011, METROTEC).		

Fuente: Ardila, 2011; (Nollet y Toldrá, 2011, METROTEC).

## 5. HIPOTESIS

Las etapas relacionados con el proceso tecnológico de la arepa de maíz blanco (*Zea mays L*) inciden en las características sensoriales e instrumentales de textura.

## 6. METODOLOGIA

Esta investigación se realizó, partiendo de la elección intencional de una planta productora de arepas de maíz blanco (*Zea mays L*) ubicada en el Departamento de Antioquia, en el área metropolitana de Medellín, con sistema de gestión de calidad, procesos estandarizados, con alto volumen de producción de producto empacado al vacío y en polietileno de baja densidad y cumplimiento de la calidad sanitaria. La razón que fundamentó la selección de esta empresa fue, el sistema de gestión de calidad implementado en sus procesos, con el fin de obtener muestras de arepas homogéneas con lotes similares y aceptación de la propuesta de investigación por parte de ésta empresa, bajo acuerdo de confidencialidad de la información, además que se tuvo la dificultad para contar con empresas con procesos estandarizados, que tuvieran la voluntad de cofinanciar el proyecto en especie.

Se recibió el producto terminado y empacado, bajo condiciones de proceso estandarizadas por la empresa.

### Elaboración de las arepas

Las muestras se realizaron a partir de maíz nacional, conservantes, agua y sal. La recepción del maíz nacional cuyas variables de control para este fueron: humedad < 14%, libre de olores extraños, infestación e impurezas, posterior se realizó lavado del maíz, con agua potable temperatura ambiente por periodo de 10-15 minutos, luego se llevó a cocción a temperatura de 94 – 96 °C x 3h, luego se realizó un escurrido del maíz, y se pasó a molienda a una temperatura de 40 - 45°C, posterior se realizó un amasado a T 38 – 45 °C, se moldeó a T<sup>o</sup>= 38 - 40 °C, posterior se realizó un asado entre 90 - 96°C, luego se realizó enfriamiento entre 18 - 20°C, y se empacaron a temperatura de 15 - 20°C. Luego fueron almacenadas a temperatura de 15 - 20°C.

### 6.1 TOMA DE MUESTRAS

**6.1.1 Prueba para análisis exploratorio del producto en diferentes temperaturas.** Se tomó una muestra de 60 paquetes de arepa tipo tela por 5 unidades (90g. aprox. Cada unidad) empacadas en polietileno de baja densidad de los cuales 20 paquetes se almacenaron a 10°C ( $\pm 1^\circ\text{C}$ ) con humedad relativa

del 65% ( $\pm 5\%$ ), temperatura seleccionada por ser una temperatura promedio en refrigeradores de supermercados, otros 20 paquetes se almacenaron a 20°C ( $\pm 1^\circ\text{C}$ ) con humedad relativa del 65% ( $\pm 5\%$ ), y los 20 paquetes restantes se almacenaron a temperatura ambiente, estas dos temperaturas son seleccionadas por ser temperaturas promedio encontradas en tiendas del área metropolitana y concertadas con la empresa de acuerdo al conocimiento del almacenamiento del producto en anaquel.

**6.1.1 Prueba para análisis del producto.** Posterior a la prueba para análisis exploratorio se realizó el montaje aleatorizado de los paquetes de muestras empacadas al vacío y en polietileno de baja densidad almacenadas a temperatura de 7 y 10°C con humedad relativa 65%. Se almacenan las muestras en cámara climática marca Memmert HPP 110. Se aleatoriza el orden en el cual se toman las muestras de paquetes de arepa, tomando paquetes de producto en 7 momentos diferentes, establecidos teniendo en cuenta lo recomendado por la Norma ASTM E2454, 2009 “Guía estándar para métodos de evaluación sensorial determinar la vida en el estante de los productos al consumidor” (véase tabla 21). El montaje de se realizó en el Laboratorio de Análisis sensorial de la Universidad de Antioquia.

**Tabla 21. Momentos establecidos para la toma de muestras de paquetes de arepas empacadas empaque de polietileno y al vacío para el estudio**

<b>Tiempo (días)</b> <b>Temperatura</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>
7° C y HR 65%+/- 5% <b>PE</b>	1	2	5	8	11	15	19
7° C y HR 65%+/- 5% <b>VACÍO</b>	1	7	14	23	34	45	56
10° C y HR 65%+/- 5% <b>PE</b>	1	4	7	11	15	19	23
10° C y HR 65%+/- 5% <b>VACÍO</b>	1	7	14	23	34	45	56

La medición de parámetros sensoriales se realizó con panel entrenado. Para el estudio con panel entrenado se utilizó el ensayo definido por Norma Técnica Colombiana NTC 4489 “Prueba perfil de Textura”; se utilizó un diseño por bloques por cada temperatura de almacenamiento donde el factor a analizar fue el tiempo de almacenamiento con 7 niveles:

**Figura 5.** Montaje muestras de arepas cámara climática



Registro Fotográfico Almacenamiento de arepas en empaque convencional.  
Universidad de Antioquia

## **6.2 PREPARACIÓN DE LA MUESTRA PARA ANALISIS DE TEXTURA**

Cada unidad de arepa (90 g. aprox) se fracciona en cuatro porciones y se lleva a una plancha asadora marca Black & Decker a temperatura de 120°C x 3 minutos por cada lado. Se controlan condiciones ambientales de temperatura entre 25±2°C y humedad relativa entre 45 y 75%.

## **6.3 ANÁLISIS DE TEXTURA SENSORIAL. METODOLOGÍA DE ENSAYO CON PANEL ENTRENADO**

Los ensayos se realizaron en las instalaciones del Laboratorio de Análisis Sensorial de Alimentos de la Universidad de Antioquia el cual cumple con diseño bajo GTC 226, se utilizaron cubículos individuales y se controlaron condiciones ambientales de iluminación, ventilación, temperatura (25° C +/- 2° C) y humedad relativa en rango de 50-75% y se verificó que estuviera libre de ruidos y olores que afectaran la concentración del evaluador. Se analizaron las muestras con 3 jueces entrenados. Los jueces fueron entrenados bajo las Guías Técnicas Colombianas GTC 245 y 246

### 6.3.1 Ensayo de Perfil de Textura (NTC 4489)

Inicialmente en sesiones previas al análisis de muestras objeto de estudio, el juez se entrenó analizando maíz, masa y arepa, de origen nacional e importado, se realizó la caracterización de los descriptores y discusión de los mismos (ver imagen).



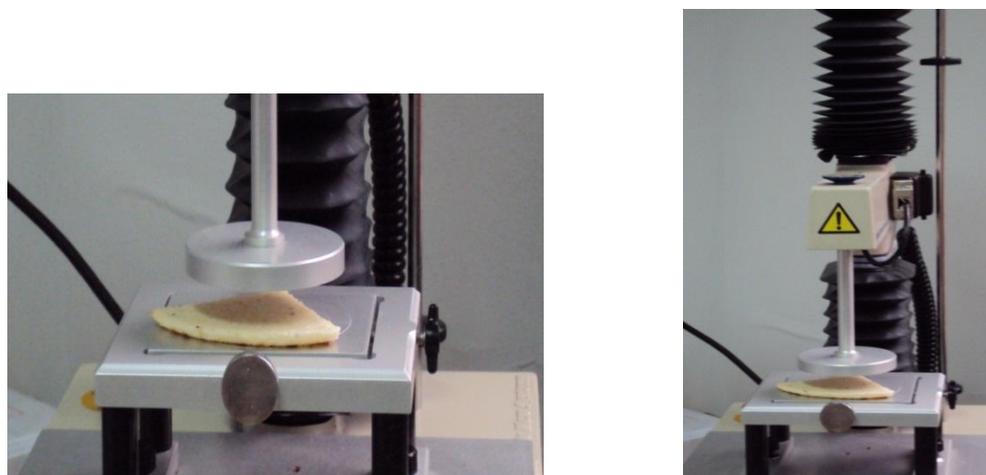
Registro Fotográfico jueces Laboratorio Análisis Sensorial. Universidad de Antioquia.

Para el desarrollo de cada ensayo, las muestras fueron entregadas al evaluador y se realizó consenso previo de los descriptores presentes, los cuales se listan en formato prediseñado, siendo evaluados por los jueces en escala de intensidad de 0-5, se realizaron 3 repeticiones en cada ensayo utilizando como barredor agua a temperatura ambiente. Inicialmente se realizó el perfil de textura para el tiempo 1 bajo NTC 4489 (control estadístico), donde se calificaron los descriptores establecidos en consenso. El evaluador calificó las muestras en cubículos individuales. Las muestras fueron presentadas al juez en servilleta blanca con codificación aleatoria de tres dígitos.

### 6.4 ANÁLISIS TEXTURA INSTRUMENTAL.

Se realizaron análisis de textura en los parámetros mecánicos con el texturómetro TA-XT2i. Como aparece en la imagen.

**Figura 6.** Análisis de Textura Instrumental TPA



Registro Fotográfico Texturómetro TA-XT2i. C+I&D Industria de Alimentos Zenú

Equipo facilitado por el Centro de Innovación y Desarrollo de la Industria de Alimentos Zenú, bajo condiciones de temperatura y humedad relativa controladas. Los protocolos de análisis se describen a continuación:

**Tabla 22. Protocolo Análisis de Textura TPA**

Antes de realizar el estudio ambos protocolos se estandarizaron y se realizaron análisis previos alcanzando un coeficiente de variación inferior a 20, antes de realizar el estudio en la arepa almacenada a condiciones ambientales de temperatura y humedad relativa.

PROTOCOLO TPA	
Sonda plato	SMSP/75
Velocidad antes del ensayo	1.0 mm/seg
Velocidad del ensayo	1.0 mm/seg
Velocidad después del ensayo	5.0 mm/seg
Compresión definitiva	30%
Tiempo de retención	3 Seg
Distancia	1 cm

**Tabla 23. Protocolo Análisis de Textura Punción**

PROTOCOLO PUNCIÓN	
Sonda	SMP/6
Velocidad antes del ensayo	1.0 mm/seg
Velocidad del ensayo	1.0 mm/seg
Velocidad después del ensayo	10.0 mm/seg
Tiempo de retención	3 Seg
Distancia	1 cm

## 6.5 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

La empresa productora de arepas suministro los análisis microbiológicos completos según la NTC 5372:2007 para las muestras de arepa en los tiempos 1 y el tiempo 7, desarrollados en el Laboratorio Tecnimicro cuyos métodos se describen a continuación.

**Tabla 24. Requisitos microbiológicos arepa de maíz refrigerada NTC 5372:2007**

PARAMETRO	MÉTODO
Recuento microorganismos mesófilos aerobios UFC/g	AOAC OFICIAL METHODS 988 18 EDICION 18
Recuento mohos y levaduras UFC/g	ISO 7954 Equivalente NTC 4132
Detección de <i>Escherichia coli</i> /g	AOAC 2005 03
Detección de <i>Salmonella</i> /25g	AOAC 996 05
Recuento <i>Bacillus cereus</i> UFC/g	AOAC 980 31
Recuento <i>Staphylococcus</i>	AOAC 975 56

PARAMETRO	MÉTODO
coagulasa positiva UFC/g	

## 6.6 ANÁLISIS FISICOQUÍMICO

Se realizaron los análisis fisicoquímicos según la NTC 5372:2007 para cada lote evaluado, cuyos métodos se describen a continuación:

**Tabla 25. Requisitos fisicoquímicos arepa de maíz refrigerada NTC 5372:2007**

PARÁMETRO	MÉTODO
Humedad (Perdida por secado)	GTC 1.14 Agua (Humedad) Determinación
Cenizas o minerales totales	AOAC 923.03 Determinación de cenizas
Grasa Total	GTC 6.1 Grasa Bruta (Extracto etéreo) Determinación
Nitrógeno Total	AOAC 954.01 (Coeficiente 6.25) Método Microkjeldhal
Proteína Total (N x 6.25)	AOAC 954.01 (Coeficiente 6.25) Método Microkjeldhal
pH	pHmetro equipo OAKTON ION 2700
Carbohidratos totales	Calculo a partir de componentes
Calorías Totales	Calculo a partir de componentes

**6.6.1 Análisis de pH.** Se realiza determinación de pH en el equipo OAKTON ION 2700, en cada tiempo se realiza seguimiento a cada temperatura y tipo de envase.

## 6.7 TAMAÑO MUESTRA

Para obtener resultados representativos en el estudio, se procedió a aplicar fórmula que permitiera calcular el tamaño de la muestra para cada temperatura obteniendo 84 paquetes para los análisis sensoriales y un total de 120 para la ejecución de la investigación. Con un nivel de confianza del 96% y un margen de error de 11.2%, aplicando la siguiente fórmula:

Se estima  $p$ : "Proporción" (características de textura) la cual no se conoce

$$\eta = \frac{z_{1-\frac{\alpha}{2}}^2 p(1-p)}{\varepsilon^2}$$

Como  $p$  no se conoce la máxima varianza se logra cuando  $p = \frac{1}{2}$

Entonces sería:

$$\eta = \frac{z_{1-\frac{\alpha}{2}}^2 \frac{1}{2} \times \frac{1}{2}}{\varepsilon^2}$$

Donde:

$\eta$  = Tamaño de muestra

$\varepsilon$  = Margen de error

$\alpha$  = Nivel de confianza

Para una confianza de  $1-\alpha = 96\%$

$\varepsilon = 0.112$

$\eta = 84$  paquetes

### 6.7.1 DISEÑO ESTADÍSTICO

#### Modelo

$$Y = mx + b$$

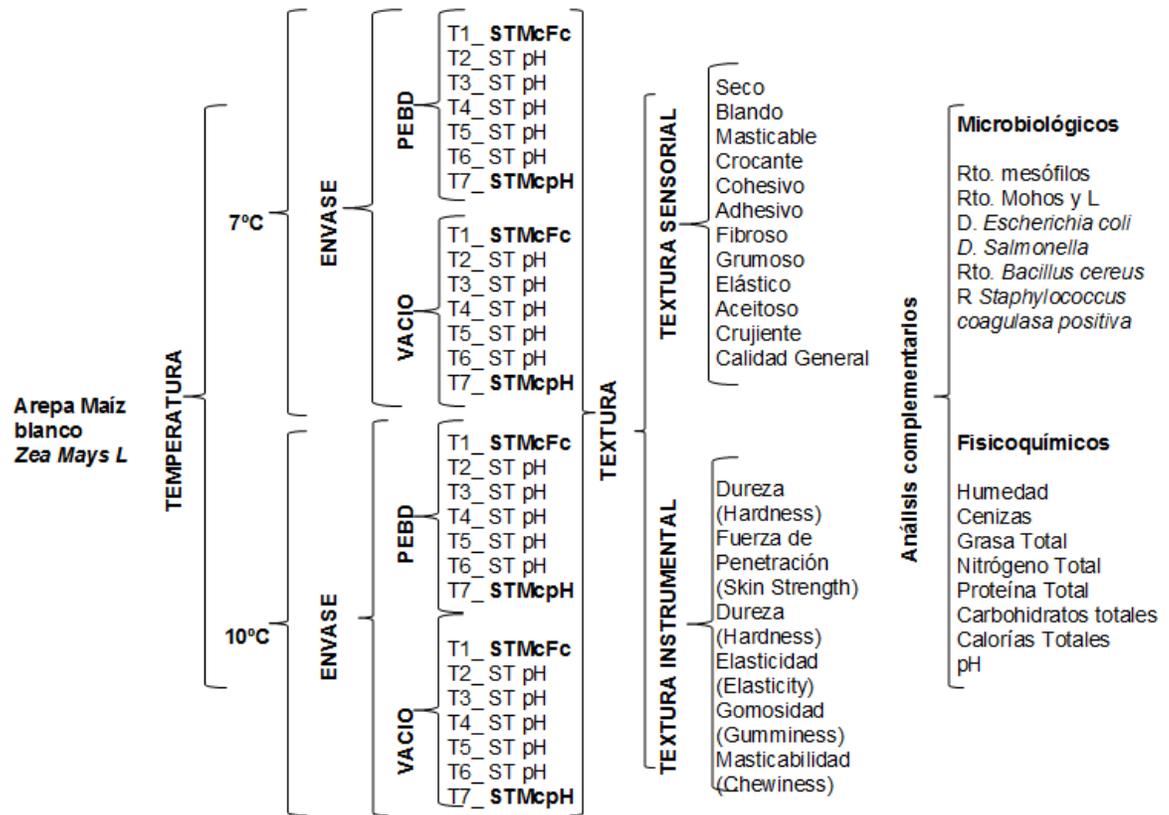
El análisis de las variables de textura sensorial e instrumental se realizó en paquete estadístico R.

Para la búsqueda de correlación entre las variables sensoriales e instrumentales se realizó en paquete estadístico R.

**6.7.2 Análisis de los datos.** Se realizó en paquete estadístico

Para el análisis de la relación entre variables se tuvo en cuenta la figura 6.

Figura 7. Relación de variables

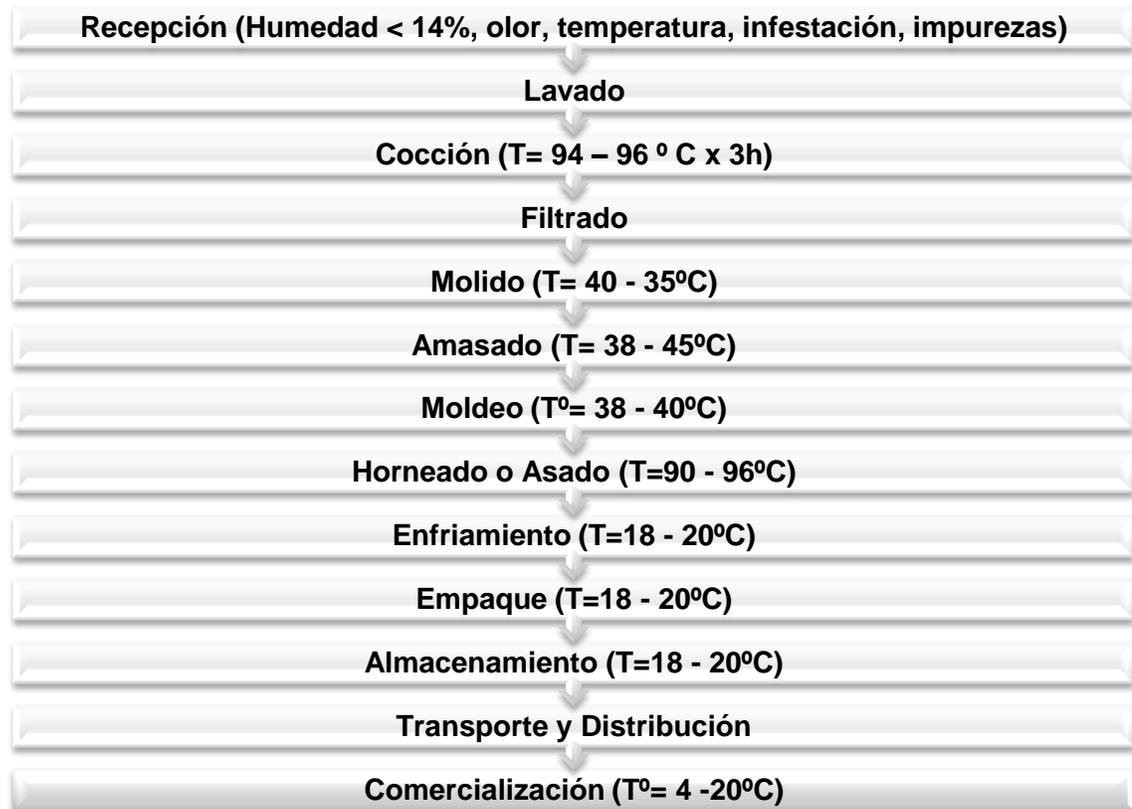


## 7. RESULTADOS Y ANALISIS DE RESULTADOS

### 7.1 DESCRIPCION DEL PROCESO TECNOLOGICO DE LA EMPRESA SELECCIONADA.

El proceso tecnológico en la empresa seleccionada se diferencia de las demás porque incluye en el proceso la trilla y clasificación del grano por tamaño para controles posteriores de tiempo de cocción y continua con el proceso básico de elaboración como se describe a continuación: almacenamiento de materia prima, limpieza y lavado del maíz, cocción, filtración, molienda, amasado, extendido, moldeo, horneado y/o asado, enfriado, empaque, almacenamiento y distribución. (Figura 1).

**Figura 8. Flujograma del proceso de elaboración de la arepa de maíz blanco (*Zea mays L*)**



**7.1.1 Recepción:** Se reciben alrededor de 30 a 40 Toneladas de maíz las cuales son previamente pesadas.

Al maíz se le realizaron los controles porcentaje de humedad, temperatura, peso hectolítrico, sensoriales: color, olor, forma del grano. Además grano defectuoso, grado de infestación, grado de impureza y se llevó a un silo con capacidad máxima de 200 toneladas.

Los controles en la recepción son importantes porque posiblemente ocasionarán cambios texturales en la arepa:

En el maíz, con humedad superior al 14%, temperatura de almacenamiento entre 18 – 35°C e infestación del grano de maíz o grano dañado, favorece el crecimiento de microorganismos y especialmente los mohos aflatoxigénicos, que aparte de producir micotoxinas y afectar la inocuidad del alimento, incrementan la temperatura, ablandan el maíz y lo apelmazan, como se evidencia en las investigaciones de Martínez, Arcila 2006 y León 2013. [16, 60]

**7.1.2 Trilla:** Del silo de almacenamiento, el maíz pasó al limpiador para eliminación de las tuzas (olote), luego pasó a la trilladora donde se realizó la separación del endospermo de la parte externa y luego se realizó una selección del maíz por tamaño, obteniendo una clasificación: grande, mediano y pequeño, para el proceso de la arepa solo se utilizaron los granos de tamaño grande y mediano, de acuerdo a la eficiencia de equipo y al control en esta etapa contribuyó a la obtención de un producto final con atributo textural fibroso.

Al ser retirado casi por completo el germen del endospermo, la textura grasa en la arepa no fue significativa.

El grano clasificado se empacó en sacos con capacidad entre 40 - 50 Kg y fue almacenado en bodega transitoria durante 3 días a temperatura ambiente promedio de 30°C.

**7.1.3 Lavado:** Se depositaron los sacos de maíz en una tolva, pasando por una banda transportadora donde se realizó detección de metales, la banda conducía al tanque de lavado, al grano se le adicionó agua y se realizó lavado de forma manual a temperatura ambiente.

En esta etapa el material extraño presente (restos de olote o tusas y estilos o pelos de mazorca) floculó y fue retirado manualmente con cedazo, antes de pasar a la siguiente etapa el maíz lavado fue pesado.

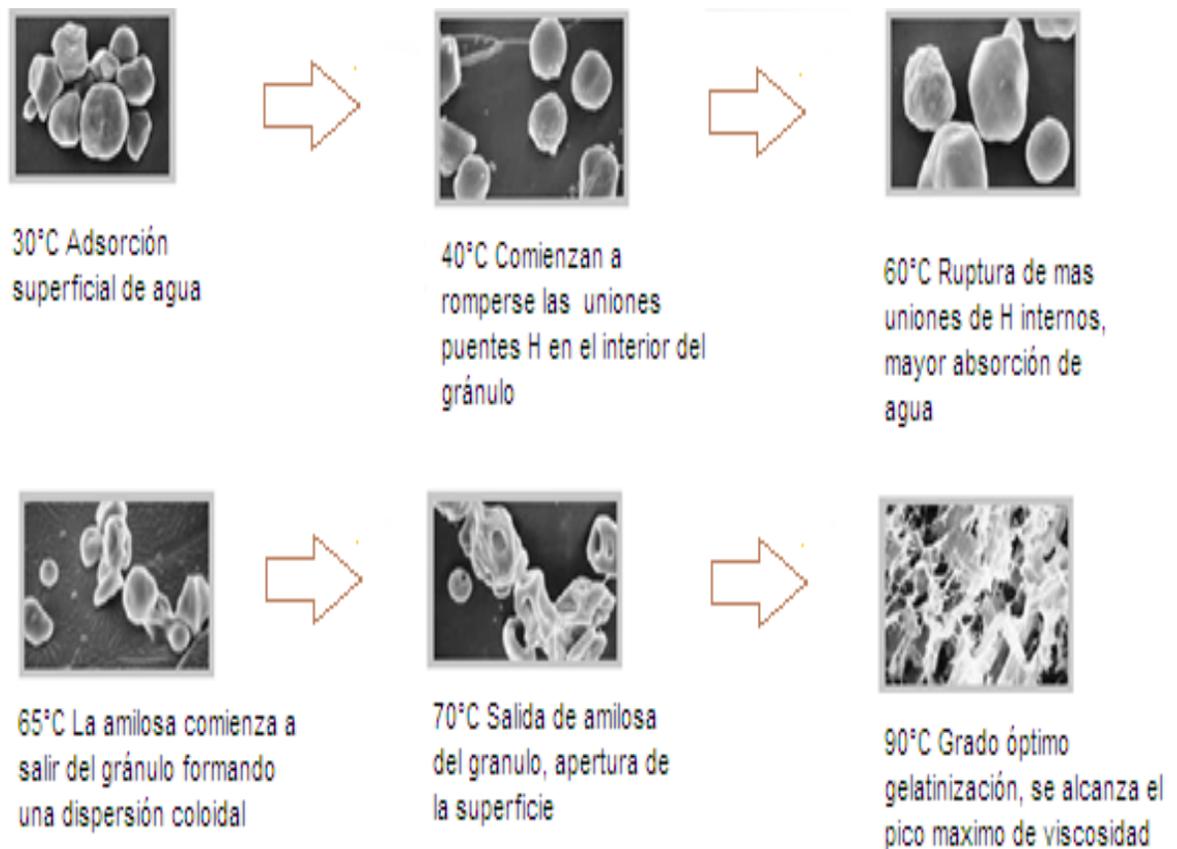
Durante el proceso se observa que el maíz fue conducido por una banda transportadora al tanque, para ser lavado. En el grano, el almidón con sus hidroxilos libres, retienen agua por medio de los puentes de hidrogeno según Badui, 2006 [52] al estar en contacto directo con el agua se da inicio al proceso de hidratación del maíz. [71]. Probablemente esta etapa no incide directamente sobre las características de textura de la arepa, dado a que se realizó en un tiempo inferior a 15 minutos y a la temperatura en que se realizó la etapa no favorece esta reacción. [31]

**7.1.4 Cocción:** Posterior al pesaje se vertió el maíz en una marmita, se adicionó agua y se llevó a cocción por espacio de 3,5 horas, en el agua de cocción se depositó una fracción de los conservantes y la sal.

Durante la cocción del maíz destinado a la elaboración de la arepa, el almidón (constituyente mayoritario de este cereal) ocurrió la gelatinización, que es el colapso del orden molecular dentro del gránulo por combinación de humedad, calor y presión, alcanzando la temperatura de gelatinización la cual se da entre 62 y 80°C [52], ocasionando la ruptura de los enlaces de hidrógeno intermoleculares, permitiendo la penetración de agua, estas reacciones iniciaron en las áreas menos densas y posteriormente en las regiones más cristalinas de la molécula de almidón, a medida que el calentamiento continuó, los gránulos de almidón captaron más agua, hinchándose antes los gránulos más grandes, hasta romperse [51, 52], provocando la difusión de la amilosa hacia el agua y la amilopectina quedó dentro del granulo hasta perder su estructura. El proceso de cocción duró 3,5 horas entre 94 y 96° C, en la cual se favorecen las condiciones para que ocurran las reacciones anteriormente descritas, en este proceso también se aumentó la humedad del grano. La humedad del grano es un parámetro importante ya que las características de la arepa así como en las tortillas, dependen en alto grado de la humedad que logra el grano, como describe

Arambula et al.2001 [72]. Las reacciones que ocurrieron en esta etapa del proceso se observan en la figura 8.

**Figura 9.** Evolución de los gránulos de almidón de maíz a lo largo del proceso de gelatinización (5% almidón- 95% agua)



**Fuente:** (Torres, 2007)

Durante la gelatinización se dan cambios irreversibles del granulo de almidón, fusión de las zonas cristalinas del granulo, pérdida de birrefringencia y solubilización de las moléculas que conforman al almidón y el hinchamiento del granulo [31]. Lo que probablemente sucedió durante las horas de cocción del maíz blanco en marmitas, así también se dio el cambio en la morfología, tamaño y distribución de los gránulos de almidón los cuales pudieron variar de 1  $\mu\text{m}$  a 100

$\mu\text{m}$ , correlacionándose con algunas de sus propiedades como es la característica de la pasta ó masa. [62],

La etapa de gelatinización en el maíz es una variable de control, debido a que cuando el granulo de almidón es gelatinizado, se hidrata, se ablanda y otorga características texturales a la arepa como son: humedad, blando y grumosidad esta última conferida por el hinchamiento desigual de los gránulos de almidón de forma individual [52, 62]. Etapas posteriores a la Gelatinización como la gelación y retrogradación son indeseables en el proceso, debido a que se incorpora mayor cantidad de agua generando una masa de menor consistencia y más adhesiva a las superficies. En las temperaturas entre 94 y 96°C utilizadas en el proceso de elaboración de la arepa, se dio la inactivación de las enzimas, almidón sintasa solubles (SSS), enzimas ramificantes del almidón (SBE) y el almidón sintasa unida al gránulo (GBSS). [62] las cuales sin inactivar confieren a la arepa ablandamiento, adherencia a los equipos y disminución en el rendimiento del producto.

**7.1.5 Filtración:** Luego de la cocción se escurrió el maíz por un tiempo entre cinco y diez minutos, de acuerdo al tiempo de duración de esta etapa confirió características texturales al producto final húmedo y blando.

Después de la cocción del maiz, el agua de cocción es retirada, con el fin de evitar que se de la gelación; donde las moléculas de amilosa y la amilopectina liberadas durante la gelatinización del almidón, se orientan paralelamente, reaccionan entre sí re asociándose por puentes de hidrogeno a través de sus múltiples hidroxilos, incrementando la rigidez entre y dentro de los gránulos hinchados formando una especie de red, la amilosa usualmente gelifica fuera del granulo inmediatamente después de la gelatinización. La amilopectina permanece en el granulo hinchado, donde lentamente recrystaliza.

La gelación de amilosa se realiza en pocas horas, debido a su naturaleza lineal, esta macromolécula es la responsable de la gelación del almidón, mientras que el proceso de reorganización en la amilopectina lleva mucho más tiempo, [31]. Si la etapa de filtración no se realiza de forma rápida, disminuye la consistencia de la masa debido al incremento de la humedad, por ende aumenta la adhesividad de la masa lo que dificulta el proceso de amasado y moldeo.

**7.1.6 Enfriamiento en inmersión de agua:** El maíz gelificado se enfrió en un tanque, por inmersión en agua fría, luego fue mezclado en tolva con maíz que fue dispuesto en la marmita y fue removido por bombeo hasta la tolva del molino.

**7.1.7 Molienda, amasado y moldeo:** El maíz gelatinizado aún caliente fue conducido por una bomba hasta el molino, con tornillo sin fin y disco de 2 mm, para obtener una masa homogénea, [63], donde se disminuyó el tamaño de partícula de los granos gelificados, confiriendo menor grumosisidad y masticabilidad, con la molienda se dio la cohesión entre las partículas para facilitar el moldeo de la arepa.

En la molienda, probablemente ocurre la mayor gelatinización debido a la fricción, durante la cual se dispersan parcialmente los gránulos hinchados dentro de la matriz, actuando como un pegamento que mantiene unidas las partículas de masa (cohesividad). [64]

En esta etapa se adicionaron los conservantes. Es importante el control de temperatura al finalizar la operación para facilitar el proceso de amasado manual el cual osciló entre 38 - 45°C.

El amasado debió realizarse en el menor tiempo posible, a fin de evitar la retrogradación del almidón, dado que este fenómeno es dependiente del tiempo y de la temperatura el cual involucra cristalización parcial de los componentes del almidón [64] con el enfriamiento se forma un gel rígido, firme y viscoelástico [58].

En el caso de la arepa en estudio y por sus características hacen que se relacione este producto con un comportamiento viscoelástico, ya que posee características intermedias de fluidos y de sólidos. [58]

La masa fue transportada en carros de capacidad aproximada de 100 Kg, llevándose esta manualmente a las bandas transportadoras, donde un rodillo la aplanó y otro le dio la forma de arepa, y luego estas preformas fueron depositadas en la banda transportadora del túnel de horneado.

**7.1.8 Horneado o asado:** Con el tratamiento térmico de la arepa recién formada durante el asado entre 90 y 96°C, en túnel durante 8 minutos aproximadamente, se disminuyó la actividad acuosa, la humedad, se inactivaron enzimas [50] y se solidificó la masa, de allí la importancia en el control de la temperatura y tiempo a fin de obtener textura blanda, húmeda y crujiente en el producto final, lo cual se evidenció en la investigación al realizar la caracterización sensorial del producto.

**7.1.9 Enfriamiento:** A través de la banda transportadora, la arepa pasa a una sala de enfriamiento hasta llegar a la zona de empaque.

Esta etapa es fundamental en la elaboración de la arepa, en la cual se identificaron temperaturas entre 19 y 23°C, con ella se buscó disminuir la temperatura en el producto, para evitar la condensación de agua en el envase, la cual probablemente ocasiona el reblandecimiento, aumenta la humedad y cambia la textura superficial de la arepa, generando adhesión a la plancha asadora, haciéndola desmoronable y de difícil manipulación, según lo observado en la investigación.

El enfriamiento también disminuye la proliferación de mohos y levaduras en el producto, que propician el deterioro del alimento y confieren características de alteración en olor, sabor y reblandecimiento del producto. [60]

**7.1.10 Envasado:** La planta productora de arepas realizó el envasado a temperatura entre 15°C y 20°C. El producto se almacenó para su comercialización y para el estudio en dos materiales, polietileno de baja densidad (PEBD) y al vacío (lamina PET). El PEBD es permeable al oxígeno, gas carbónico y Nitrógeno, lo que probablemente disminuyó el tiempo de duración de la arepa, respecto al empaque al vacío- PET, el cual presenta buena barrera a la humedad, oxígeno y CO<sub>2</sub>, probablemente este envase, aumentó el tiempo de duración del producto. La empresa que facilitó las arepas envasadas, utilizó métodos combinados con almacenamiento en refrigeración. [52, 53]

En el trabajo de investigación se observó que el tiempo de duración de la arepa empacada en PEBD a 7°C obtuvo calidad general sensorial alta hasta el día 25 y la arepa empacada al vacío hasta el día 51. A 10 °C la arepa empacada en PEBD obtuvo calificación general alta hasta el día 15 y en empaque al vacío hasta el día 23. Lo que se corrobora con las condiciones de envase y métodos combinados de temperatura mencionados anteriormente. [52, 53, 70]

**7.1.11 Almacenamiento y distribución:** La arepa se almacenó en canastillas por 50 unidades. La arepa empacada al vacío se llevó a cava de refrigeración para producto terminado. La arepa en empaque convencional se llevó al área de almacenamiento para la comercialización.

Antes de la toma de muestra estas fueron almacenadas entre 18 y 20°C, para luego llevarlas a las cámaras climáticas acondicionadas a 7 y 10° C ± 1°C.

El almacenamiento se realizó a temperaturas bajas, ya que por su alto contenido de humedad y actividad acuosa, debió refrigerarse con el fin de incrementar su vida útil o tiempo de duración. Debido a que al disminuir el calor del producto se procura controlar el deterioro metabólico y la tasa de crecimiento de los microorganismos, para conservar la calidad sensorial y nutricional del alimento. (Sarrocá, et al 2010) [67]

Como se evidenció en los resultados obtenidos en el estudio previo las arepas almacenadas en PEBD a 10°C obtuvieron tiempo de duración de 15 días y para el caso de la arepa en este mismo empaque a una temperatura de 25°C el tiempo de duración se redujo a 4 días.

## **7.2 RESULTADOS PRUEBA PILOTO**

Se realizó montaje de arepas de maíz blanco bajo condiciones ambientales controladas de temperatura y humedad relativa, donde se estimó tiempo de duración como aparece a continuación:

**Tabla 26. Tiempo estimado de duración de la arepa según temperatura**

MUESTRA	EMPAQUE	TEMPERATURA	HUMEDAD RELATIVA	TIEMPO DE DURACIÓN
Arepa de maíz blanco nacional lote 128112	Poliuretano baja densidad	10 °C	65%	15 Días
		20 °C	65%	5 Días
		25 °C	65%	4 Días

**7.3 RESULTADOS OBTENIDOS DEL ALMACENAMIENTO DE LAS MUESTRAS EN CAMARA CLIMATICA A TEMPERATURA 7-10°C Y HUMEDAD RELATIVA DEL 65%**

A continuación se presentan los resultados obtenidos durante el almacenamiento de las muestras en condiciones controladas de humedad y temperatura:

**Tabla 27. Descripción de los lotes de arepas almacenadas con control de temperatura y humedad relativa.**

DESCRIPCION DE LA MUESTRA AREPA		
TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO	7°C	10°C
ORIGEN MAÍZ	Agua Chica, Cesar	Tolima.
LOTE	107814	114314
EMPAQUE	Muestras de arepas de maíz blanco de origen nacional empacadas en empaque al vacío y en polietileno	Muestras de arepas de maíz blanco de origen nacional empacadas en empaque al vacío y en polietileno
CONDICIONES CAMARA CLIMATICA	se almacenan muestras en cámara climática a 7°C y humedad relativa del 65	se almacenan muestras en cámara climática a 10°C y humedad relativa del 65 %
HUMEDAD DE LA MASA	54.99%	62.3%.
pH	5.2	5.6

**Tabla 28. Resultados Análisis Microbiológicos arepa 7°C y 10°C**

PARAMETRO	LIMITE	7°C INICIAL	7°C		10°C INICIAL	10°C	
			FINAL			PE	VACÍO
			PE	VACÍO			
Recuento microorganismos mesófilos aerobios UFC/g	10000 máx.	<10	-	-	<10	-	-
Recuento Mohos y Levaduras UFC/g	1000 máx.	<10	<10	<10	<10	<10	450 Tipo Moho
Detección de <i>Escherichia coli</i> /g	Negativo	Negativo	-	-	Negativo	-	-
Detección de <i>Salmonella</i> /25g	Negativo	Negativo	-	-	Negativo	-	-
Recuento <i>Bacillus cereus</i> UFC/g	1000 máx.	<100	-	-	<100	-	-
Recuento <i>Staphylococcus coagulasa positiva</i> UFC/g	1000 máx.	<100	-	-	<100	-	-

**Tabla 29. Resultados Análisis Fisicoquímico arepa 7°C y 10°C**

PARAMETRO	ESPECIFICACION	7°C	10°C
Humedad (perdida por secado)	64,10 (%m/m)	54,57	60,7
Cenizas o minerales totales	0,10 (%m/m)	0,43	0,31
Grasa Total	0,30 (%m/m)	0,46	0,41
Nitrógeno Total	3,4 (%m/m)	0,60	0,56
Proteína Total (N x 6.25)	- (%m/m)	3,76	3,49
Carbohidratos totales	32,10 (%m/m)	40,78	35,10
Calorías Totales	145,00 Kcal/100g	182,30	145,00

**Tabla 30. Resultados pH arepa empaque polietileno baja densidad 7 y 10°C**

TIEMPO	pH 7°C		pH 10°C	
T1	5.54	5.55	5.61	5.62
T2	-	-	5.72	5.78
T3	5.56	5.57	5.84	5.86
T4	5.58	5.59	5.88	5.85
T5	5.60	5.59	5.86	5.80
T6	5.61	5.62	5.83	5.90
T7	5.63	5.64	5.83	5.89
T8	5.60	5.58	-	-
T9	5.50	5.40	-	-

**Tabla 31. Resultados pH arepa empaque vacío 7 y 10°C**

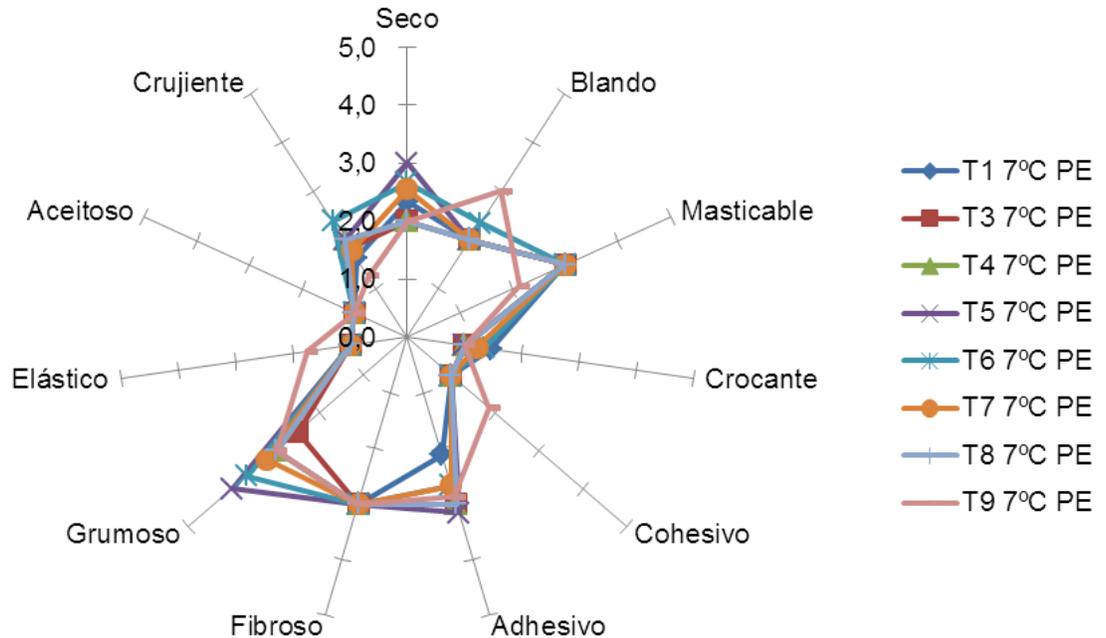
<b>TIEMPO</b>	<b>pH 7°C</b>		<b>pH 10°C</b>	
T1	5.62	5.63	5.61	5.62
T2	5.62	5.65	5.89	5.86
T3	5.57	5.61	5.84	5.74
T4	5.62	5.64	5.83	5.93
T5	5.50	5.48	7.43	7.46
T6	5.25	5.28	-	-
T7	5.65	5.68	-	-

**7.4 RESULTADOS OBTENIDOS DE LA PRUEBA PERFIL DE TEXTURA SEGÚN NTC 4489**

**Tabla 32 Resultados perfil textura sensorial arepa empaque PEBD 7°C y humedad relativa 65%**

<b>TEXTURA</b>	<b>T1 7°C</b>	<b>T3 7°C</b>	<b>T4 7°C</b>	<b>T5 7°C</b>	<b>T6 7°C</b>	<b>T7 7°C</b>	<b>T8 7°C</b>	<b>T9 7°C</b>
Seco	2.3	2.0	2.0	3.0	2.7	2.6	2.0	2.0
Blanda	2.0	2.0	2.0	2.0	2.3	2.0	2.0	3.0
Masticable	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.1
Crocante	1.4	1.0	1.0	1.0	1.3	1.2	1.0	1.0
Cohesivo	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.9
Adhesivo	2.1	3.0	3.0	3.2	2.7	2.7	3.0	2.9
Fibroso	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Grumoso	3.0	2.5	3.0	4.0	3.7	3.2	3.0	3.0
Elástico	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.8
Aceitoso	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Crujiente	1.6	1.8	2.0	2.0	2.4	1.8	2.0	1.3
Calidad General	3.0	3.0	3.0	2.2	3.0	2.6	3.0	1.6

**Gráfico 1. Resultados perfil textura sensorial arepa empaque PEBD 7°C y humedad relativa 65%**



**De acuerdo a los resultados obtenidos en la Tabla 32:**

**Textura seca:** La calificación para este descriptor está entre dos (2.0) y máximo tres (3.0) entre los tiempos T1 y T9. Se observa una disminución en T8 y T9 esta situación se presenta posiblemente por la barrera que presenta el Polietileno a la humedad; según García et al 2006 es mayor la barrera del PEBD con respecto a la lámina PET.

**Textura blanda:** La calificación para este descriptor está entre dos (2.0) durante todos los tiempos, excepto para el último tiempo donde se obtiene una calificación de tres (3.0).

**Textura masticable:** La calificación para este descriptor está en tres (3.0) durante todos los tiempos, excepto para el último tiempo donde se obtiene una calificación de dos con uno (2.1). Este resultado es concordante con la última calificación del atributo blando, al aumentar la intensidad en este atributo, disminuye la masticabilidad.

**Textura crocante:** La calificación para este descriptor está entre uno con cuatro (1,4) y uno (1.0) durante todos los tiempos.

**Textura cohesiva:** La calificación para este descriptor está en uno (1.0) durante todos los tiempos, excepto para el último tiempo donde se obtiene una calificación de dos con uno (1.9). Este resultado es concordante con la última calificación del atributo blando, al aumentar la intensidad en este atributo, aumenta la cohesión de la arepa.

**Textura adhesiva:** La calificación para este descriptor está entre dos con uno (2.1) y máximo tres con dos (3.2) entre los tiempos T1 y T9.

**Textura grumosa:** La calificación para este descriptor está entre dos con cinco (2.5) y máximo cuatro (4.0) entre los tiempos T1 y T9. Este atributo geométrico de textura está dado por el tamaño irregular de los gránulos de almidón y por el hinchamiento desigual de los gránulos de almidón de forma individual [49, 60, 66].

**Textura elástica y aceitosa:** Atributos que obtienen una calificación de uno (1.0) durante todos los tiempos.

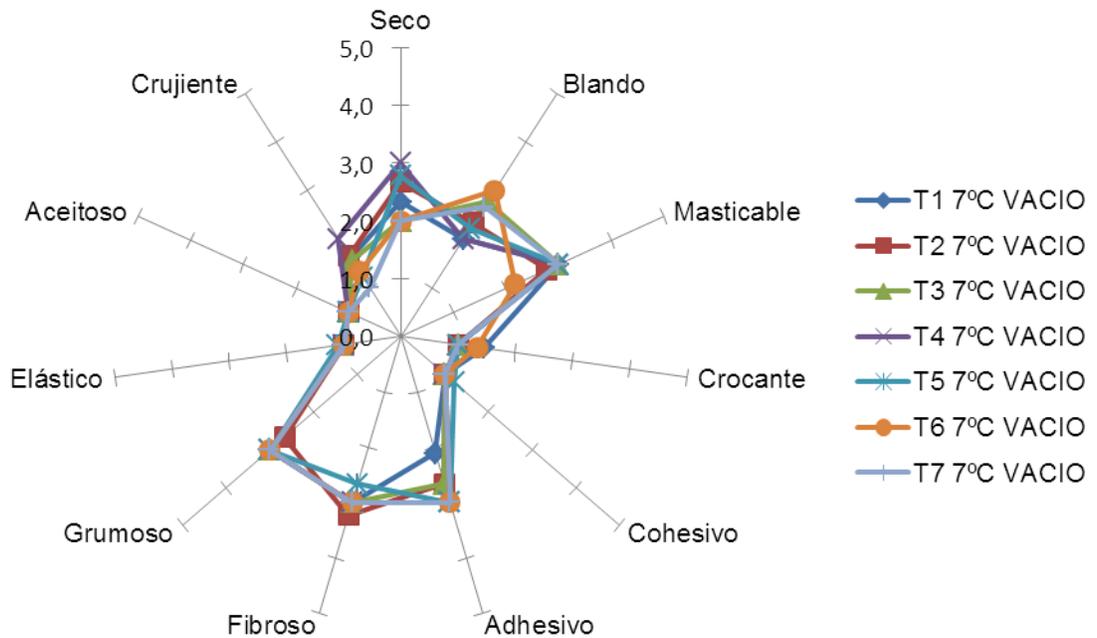
**Textura crujiente:** La calificación para este descriptor está entre uno con tres (1.3) y máximo dos con cuatro (2.4)

**Calidad general:** La calificación para este descriptor permanece entre media y alta durante el estudio, disminuye en el último tiempo conferido por el deterioro global del producto y por el tipo de empaque utilizado.

**Tabla 33. Resultados perfil textura sensorial empaque vacío 7°C y humedad relativa 65%**

<b>TEXTURA</b>	<b>T1 7°C</b>	<b>T2 7°C</b>	<b>T3 7°C</b>	<b>T4 7°C</b>	<b>T5 7°C</b>	<b>T6 7°C</b>	<b>T7 7°C</b>
Seco	2.3	2.7	2.0	3.0	2.8	2.0	2.0
Blando	2.0	2.3	2.8	2.0	2.2	3.0	2.7
Masticable	3.0	2.8	3.0	3.0	3.0	2.2	3.0
Crocante	1.4	1.0	1.0	1.0	1.0	1.3	1.0
Cohesivo	1.0	1.0	1.0	1.0	1.2	1.0	1.0
Adhesivo	2.1	2.7	2.7	3.0	3.0	3.0	3.0
Fibroso	3.0	3.2	3.0	3.0	2.7	3.0	3.0
Grumoso	3.0	2.7	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Elástico	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.0	1.0
Aceitoso	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Crujiente	1.6	1.7	1.6	2.0	1.2	1.3	1.0
Calidad General	3.0	3.0	3.0	3.0	1.4	1.4	1.0

**Gráfica 2. Resultados perfil textura sensorial empaque vacío 7°C y humedad relativa 65%**



**De acuerdo a los resultados obtenidos en la Tabla 33**

**Textura seca:** La calificación para este descriptor está entre dos (2.0) y máximo tres (3.0) entre los tiempos T1 y T9.

**Textura blanda:** La calificación para este descriptor está entre dos (2.0) y máximo tres (3.0) en todos los tiempos.

**Textura masticable:** La calificación para este descriptor está entre dos con dos (2.2) y máximo tres (3.0).

**Textura crocante:** La calificación para este descriptor está entre uno (1,0) y máxima de uno con cuatro (1.0) durante todos los tiempos.

**Textura cohesiva:** La calificación para este descriptor está entre uno (1,0) y máxima de uno con dos (1.2) durante todos los tiempos.

Posiblemente no se presenta variación en los descriptores seco, blando, masticable y crocante, por la alta barrera que presenta el empaque al vacío a la humedad y a los gases, según ficha técnica suministrada por la empresa fabricante del producto, cuya transmisión de vapor de agua es menor a 10 g/ (m<sup>2</sup>\*24h\*atm) y al oxígeno <2 cc/ (m<sup>2</sup>\*24h\*atm)

**Textura adhesiva:** La calificación para este descriptor está entre dos con uno (2.1) y máximo tres con dos (3.0) entre los tiempos T1 y T7.

**Textura fibrosa:** La calificación permanece muy similar durante todo el estudio obteniendo calificación entre dos con siete (2.7) y tres dos (3.2)

**Textura grumosa:** La calificación para este descriptor está entre dos con cinco (2.7) y máximo cuatro (3.0) durante el análisis.

**Textura elástica y aceitosa:** Atributos que obtienen una calificación de uno (1.0) durante todos los tiempos.

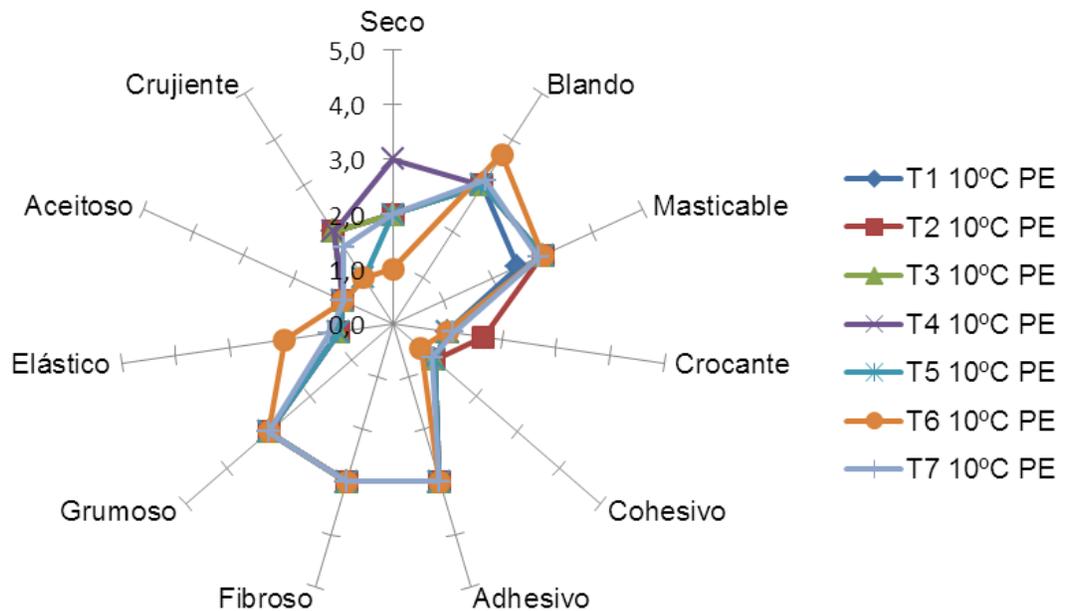
**Textura crujiente:** La calificación para este descriptor está entre uno (1.0) y máximo dos (2.0)

**Calidad General:** La calificación para este descriptor permanece alta durante el estudio, disminuye en el T5 conferido por el deterioro global del producto.

**Tabla 34. Resultados perfil textura sensorial arepa empaque PEBD 10°C y humedad relativa 65%**

<b>TEXTURA</b>	<b>T1 10°C</b>	<b>T2 10°C</b>	<b>T3 10°C</b>	<b>T4 10°C</b>	<b>T5 10°C</b>	<b>T6 10°C</b>	<b>T7 10°C</b>
Seco	2,0	2,0	2,0	3,0	2,0	1,0	2,0
Blando	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,7	3,0
Masticable	2,5	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Crocante	1,0	1,7	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Cohesivo	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,7	1,0
Adhesivo	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Fibroso	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Grumoso	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Elástico	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	2,0	1,0
Aceitoso	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Crujiente	2,0	2,0	2,0	2,0	1,0	1,0	2,0
Calidad General	2,8	3,0	3,0	2,3	2,8	2,0	1,0

**Gráfica 3. Resultados perfil textura sensorial arepa empaque PEBD 10°C y humedad relativa 65 %**



**De acordo a los resultados obtenidos en Tabla 34**

**Textura seca:** La calificación para este descriptor está entre uno (1.0) y máximo tres (3.0) entre los tiempos T1 y T7. Se observa una disminución en T6 y T7 esta situación se presenta posiblemente por la baja barrera que presenta el Polietileno a la humedad; según García et al 2006 es mayor la barrera del PEBD con respecto a la lámina PET.

**Textura blanda:** La calificación para este descriptor está entre tres (3.0) y máximo tres con siete (3.7). Posiblemente se percibe el producto más blando con respecto a la arepa de 7°C, debido a que la humedad de la arepa almacenada a 10°C es mayor según los reportes de los análisis fisicoquímicos.

**Textura masticable:** La calificación para este descriptor está entre dos cinco (2.5) y tres (3.0) durante todos los tiempos.

**Textura crocante:** La calificación para este descriptor está entre uno con siete (1,7) y uno (1.0) durante todos los tiempos.

**Textura cohesiva:** La calificación para este descriptor está en uno (1.0) durante todos los tiempos. Este resultado es concordante con la última calificación del atributo blando, al aumentar la intensidad en este atributo, aumenta la cohesión de la arepa.

**Textura adhesiva:** La calificación para este descriptor está en tres en todos los tiempos.

**Textura grumosa:** La calificación para este descriptor está en tres (3.0) en todos los tiempos. Este atributo geométrico de textura está dado por el tamaño irregular de los gránulos de almidón y por el hinchamiento desigual de los gránulos de almidón de forma individual. [52,62, 66]

|

**Textura elástica y aceitosa:** Atributos que obtienen una calificación de uno (1.0) durante todos los tiempos.

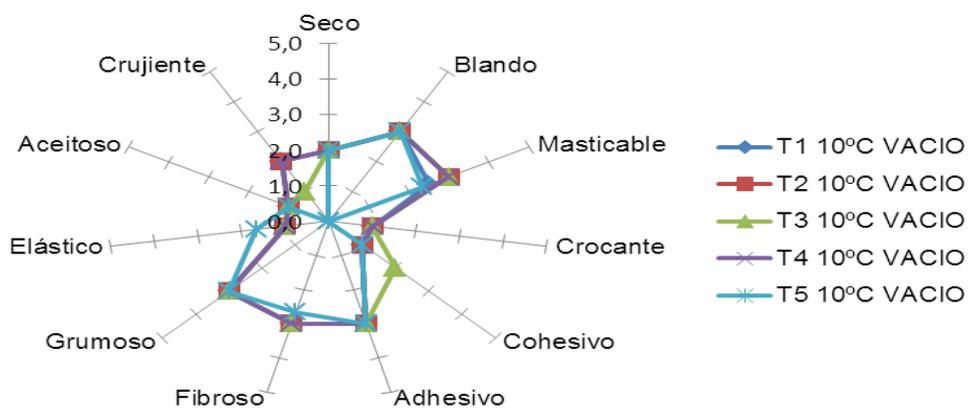
**Textura crujiente:** La calificación para este descriptor está entre uno y máximo dos.

**Calidad general:** La calificación para este descriptor permanece en alta hasta el T3, entre media y baja al finalizar el estudio esta situación se presenta posiblemente, por la temperatura de almacenamiento de la arepa que favorece el crecimiento de algunos microorganismos psicrófilos que producen deterioro del producto.

**Tabla 35. Resultados perfil textura sensorial arepa en empaque vacío 10°C y humedad relativa 65 %**

TEXTURA	T1 10°C	T2 10°C	T3 10°C	T4 10°C	T5 10°C
Seco	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Blando	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Masticable	2.5	3.0	3.0	3.0	2.3
Crocante	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0
Cohesivo	1.0	1.0	2.0	1.0	1.0
Adhesivo	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Fibroso	3.0	3.0	3.0	3.0	2.7
Grumoso	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Elástico	1.0	1.0	1.0	1.0	1.7
Aceitoso	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Crujiente	2.0	2.0	1.0	2.0	0.0
Calidad General	2.8	3.0	3.0	3.0	1.0

**Gráfica 4. Resultados perfil textura sensorial arepa en empaque vacío 10°C y humedad relativa 65 %**



### **De acuerdo a los resultados obtenidos en Tabla 35**

**Textura seca:** La calificación para este descriptor está en dos (2.0) en todos los tiempos.

**Textura blanda:** La calificación para este descriptor está entre dos (3.0) en todos los tiempos.

**Textura masticable:** La calificación para este descriptor está entre dos con dos (2.2) y máximo tres (3.0).

**Textura crocante:** La calificación para este descriptor está en uno durante todos los tiempos, excepto para el último tiempo que tiene una calificación de cero.

**Textura cohesiva:** La calificación para este descriptor está entre uno (1,0) y máxima de dos (2.0) durante todos los tiempos

Posiblemente no se presenta variación en los descriptores: seco, blando, masticable y crocante, por la alta barrera que presenta el empaque al vacío a la humedad y a los gases como se expuso en el análisis de la Tabla 22.

**Textura adhesiva:** La calificación para este descriptor está en (3.0) en todos los tiempos T1 y T5.

**Textura fibrosa:** La calificación permanece similar durante todo el estudio obteniendo calificación entre dos con siete (2.7) y tres (3.0)

**Textura grumosa:** La calificación para este descriptor está en tres (3.0) durante el análisis.

**Textura elástica y aceitosa:** Atributos que obtienen una calificación de uno (1.0) durante todos los tiempos.

**Textura crujiente:** La calificación para este descriptor está en uno (1.0) durante el estudio, excepto para el último tiempo donde se obtienen una calificación de cero (0.0)

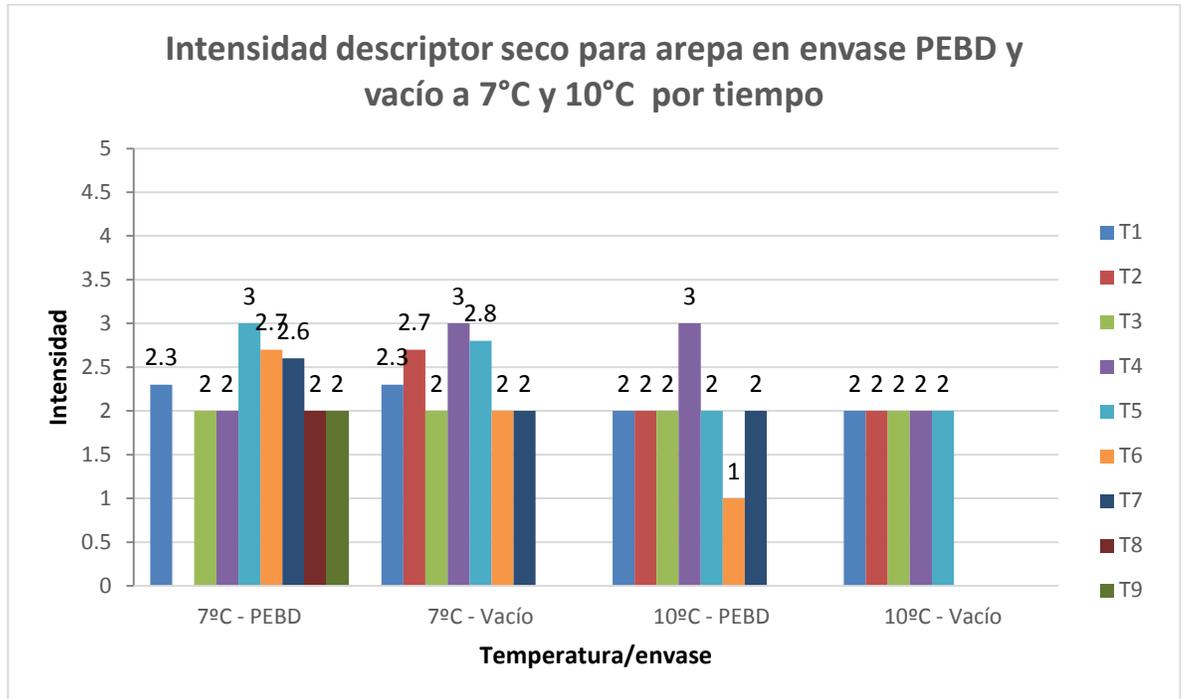
**Calidad general:** La calificación para este descriptor permanece en alta durante el estudio, disminuye en el T5 conferido por el deterioro del producto el cual se evidencia en la contaminación tipo moho.

## 7.5 RESULTADOS CONSOLIDADOS DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS TEXTURA SENSORIAL

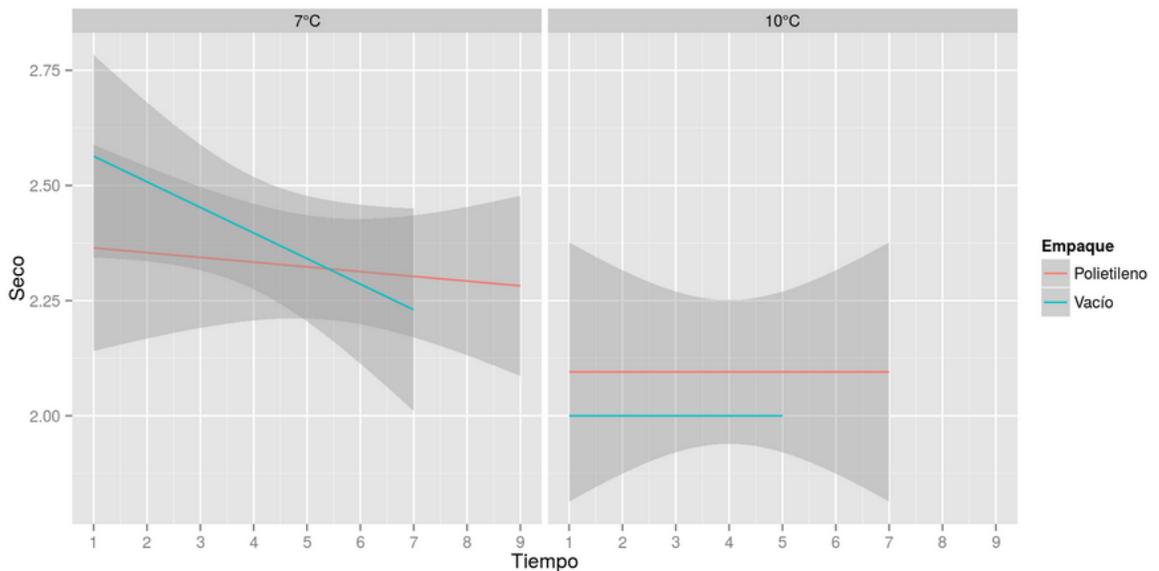
**Tabla 36. Resultados intensidad descriptor seco para arepa en envase PEBD y vacío almacenadas a 7°C y 10°C**

Temperatura- envase	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
<b>7°C - PEBD</b>	2.3	-	2.0	2.0	3.0	2.7	2.6	2.0	2.0
<b>7°C - Vacío</b>	2.3	2.7	2.0	3.0	2.8	2.0	2.0	-	-
<b>10°C - PEBD</b>	2,0	2,0	2,0	3,0	2,0	1,0	2,0	-	-
<b>10°C - Vacío</b>	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	-	-	-	-

**Gráfico 5. Resultados intensidad descriptor seco para arepa en envase PEBD y vacío almacenadas a 7°C y 10°C**



**Gráfico 6. Intensidad del descriptor seco por tiempo, temperatura y tipo de envase**



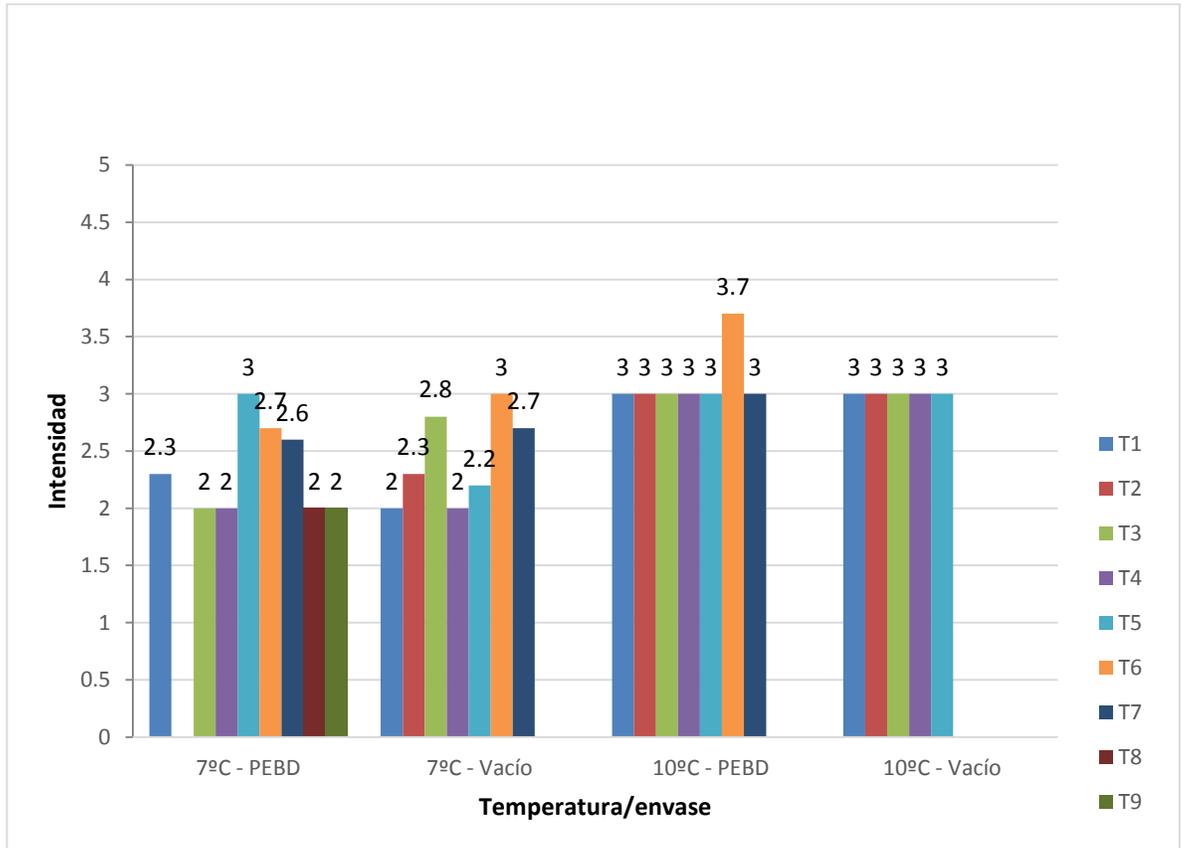
### **Análisis y discusión:**

Para el descriptor seco no existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en el nivel de intensidad entre 7°C y 10°C para los envases de polietileno y vacío en función del tiempo siendo más marcada la diferencia en las intensidades, en el envase de polietileno que al vacío. La arepa es más seca a 7°C, este comportamiento puede explicarse posiblemente debido a que el PEBD presenta baja transmisión de vapor de agua con respecto al vacío [70]. Este efecto se debe probablemente a que en el proceso de elaboración no se realiza reposo después de la cocción, a diferencia de la tortilla, por lo que el agua tiene una menor penetración en el grano y menor interacción con el resto de los componentes y por ende se presenta un menor ligamiento del agua permitiendo que esta sea eliminada fácilmente durante el calentamiento o temperaturas más altas como en este caso a 10°C.

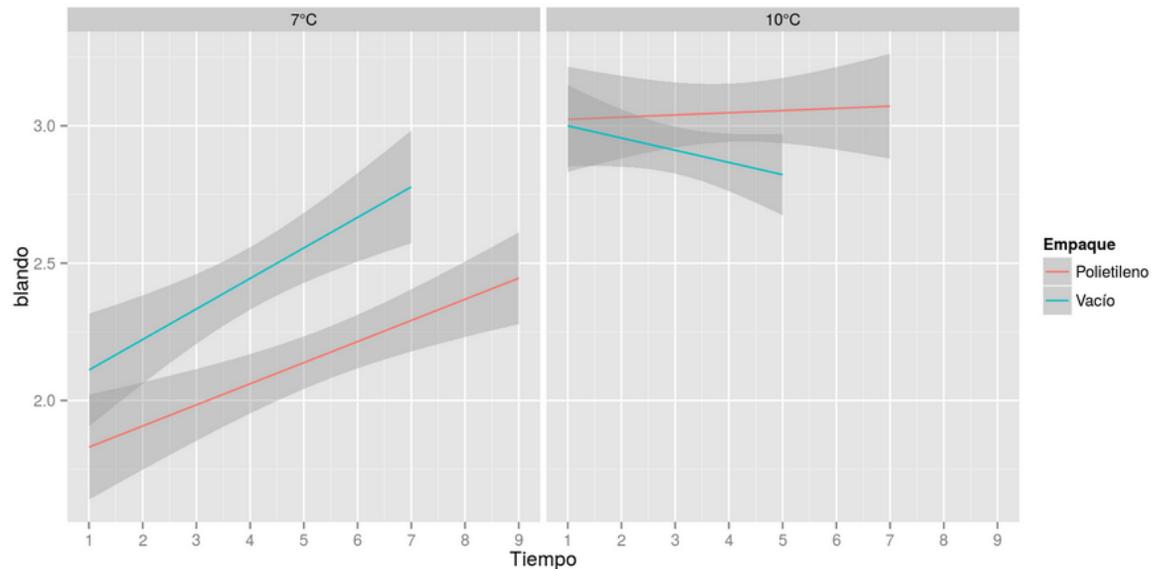
**Tabla 37. Resultados intensidad descriptor blando para arepa en envase PEBD y vacío a 7°C y 10°C**

<b>Temperatura- envase</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>	<b>T9</b>
<b>7°C - PEBD</b>	2.3	-	2.0	2.0	3.0	2.7	2.6	2.0	2.0
<b>7°C - Vacío</b>	2.0	2.3	2.8	2.0	2.2	3.0	2.7	-	-
<b>10°C - PEBD</b>	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,7	3,0	-	-
<b>10°C - Vacío</b>	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	-	-	-	-

**Gráfico 7. Intensidad del descriptor blando para arepa en envase PEBD y vacío almacenada a temperatura de 7° y 10°C por tiempo**



**Gráfico 8. Intensidad del descriptor blando por tiempo, temperatura y tipo de envase**



### **Análisis y discusión:**

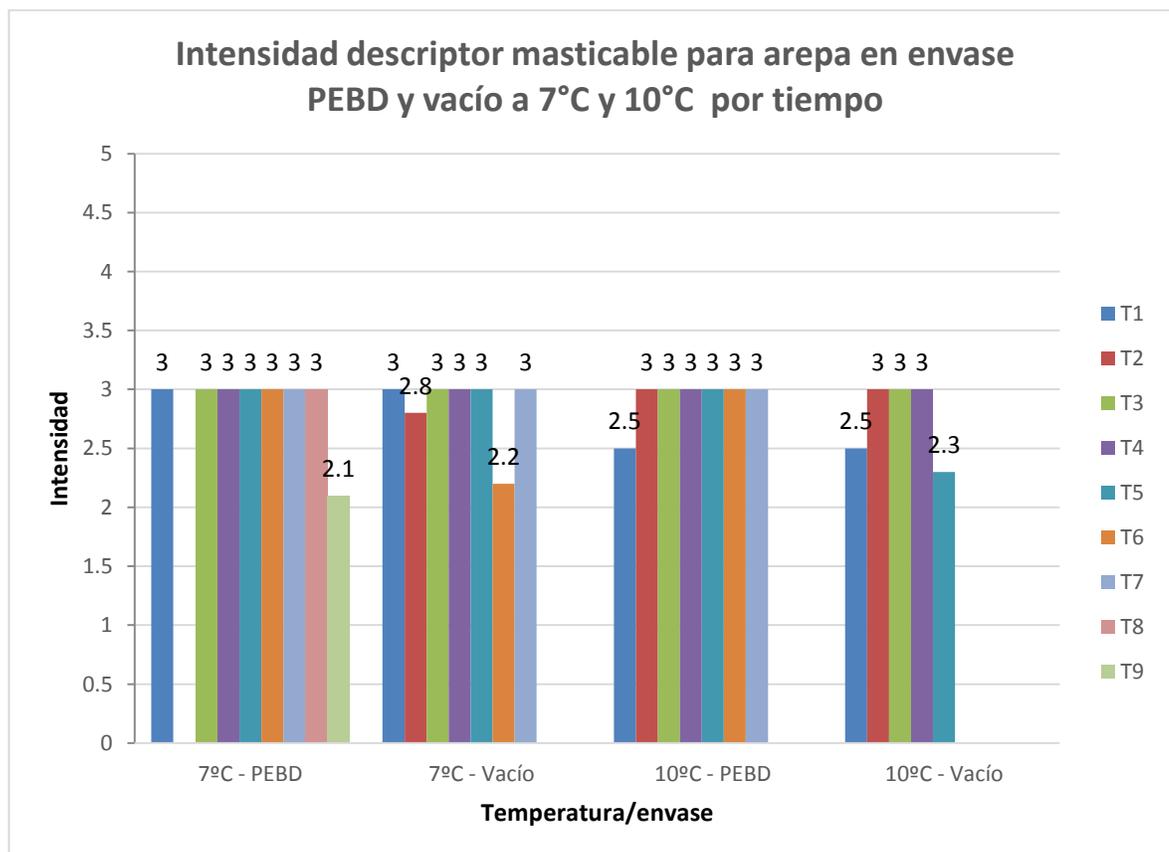
Para el descriptor blando existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en el nivel de intensidad a 7°C entre el envase de polietileno y vacío a partir del T3, siendo más blanda la arepa almacenada en vacío, mientras que a 10°C no existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) de acuerdo al tipo de envase. Este comportamiento puede explicarse posiblemente debido a que el PEBD presenta baja transmisión de vapor de agua con respecto al vacío. [70]

En cuanto a las temperaturas de almacenamiento al comparar el producto a 7°C y a 10°C, se observa que existen diferencias en la intensidad del descriptor, siendo mayor la intensidad en la temperatura de 10°C que a 7°C, para los dos tipos de envases. Este comportamiento puede ser debido al efecto de la temperatura en el almacenamiento del producto dado que a menor temperatura, la estructura se torna más rígida por efecto de la cristalización entre los gránulos gelatinizados (Fennema, 2000) [62, 72]

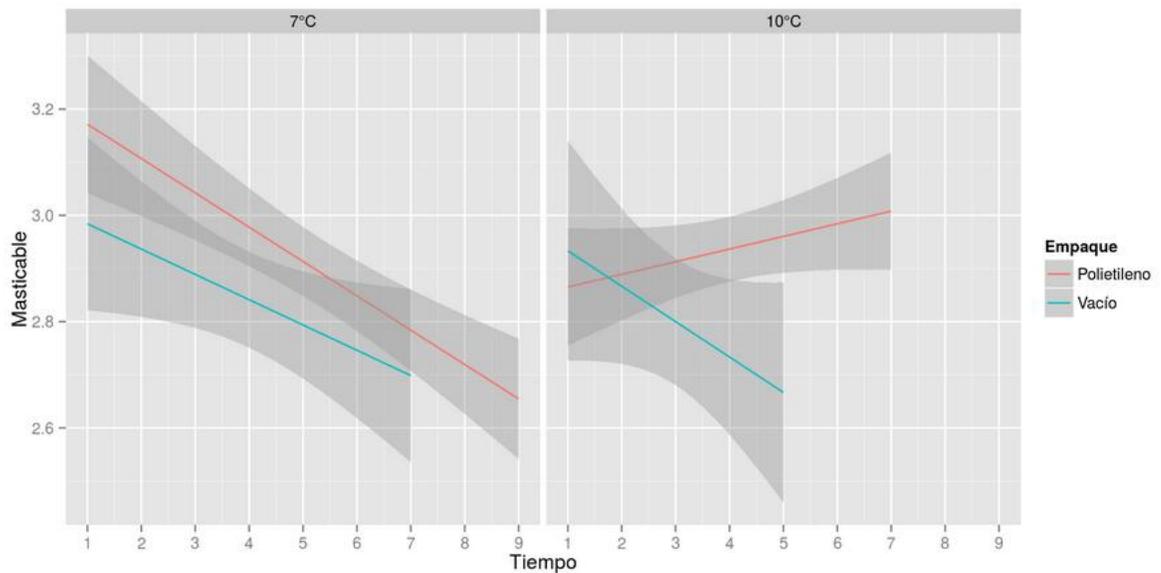
**Tabla 38. Resultados intensidad descriptor Masticable para arepa en envase PEBD y vacío a 7°C y 10°C**

Temperatura- envase	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
<b>7°C - PEBD</b>	3,0	-	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	2,1
<b>7°C - Vacío</b>	3,0	2,8	3,0	3,0	3,0	2,2	3,0	-	-
<b>10°C - PEBD</b>	2,5	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	-	-
<b>10°C - Vacío</b>	2,5	3,0	3,0	3,0	2,3	-	-	-	-

**Gráfico 9. Intensidad del descriptor Masticable para arepa en envase PEBD y vacío almacenada a temperatura de 7° y 10°C por tiempo**



**Gráfico 10. Intensidad del descriptor Masticable por tiempo, temperatura y tipo de envase**



### **Análisis y discusión:**

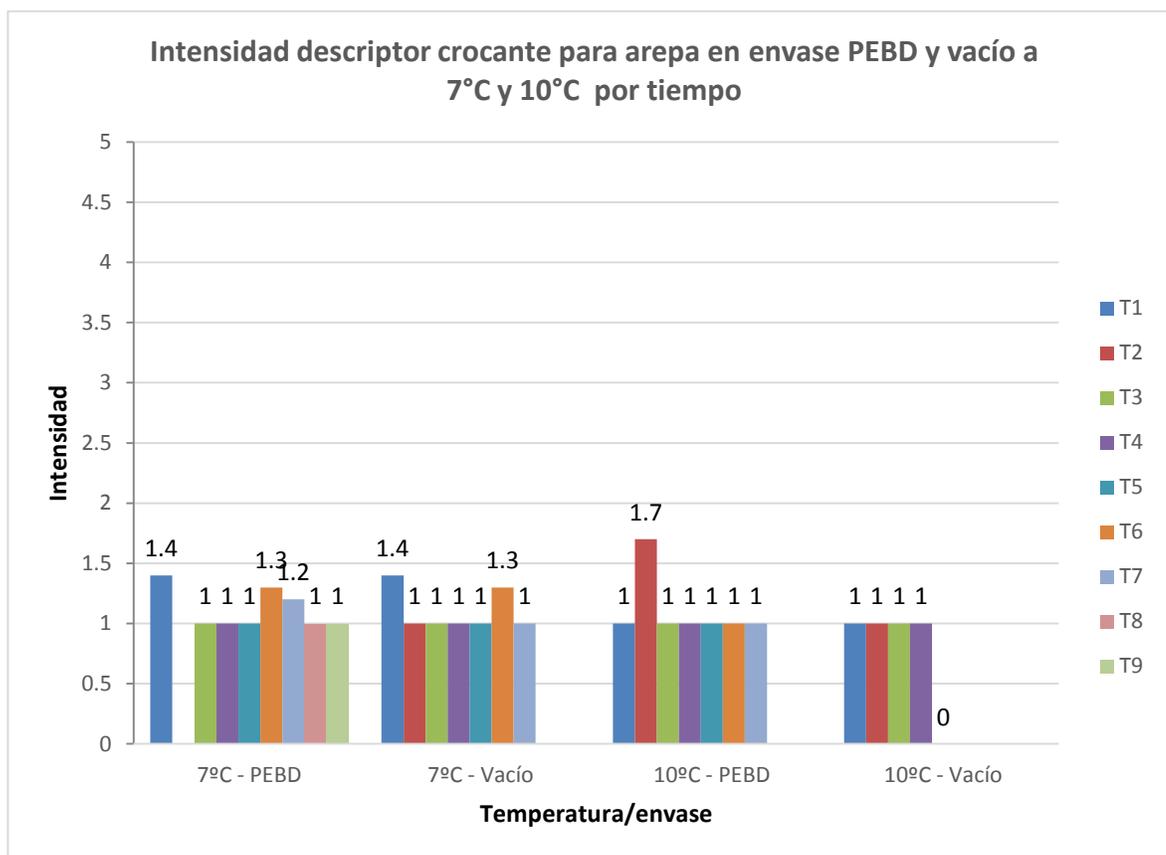
Para el descriptor masticable no existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) a temperatura 7°C y a 10°C en el nivel de intensidad, para los envases de polietileno y vacío.

Al comparar el envase al vacío a 7° y a 10°C no se detectan diferencias significativas en la intensidad en función del tiempo, este comportamiento puede explicarse dado que la masticabilidad está asociada a la elasticidad, cohesividad y dureza, en donde a nivel sensorial no hay una incidencia significativa ni por temperatura, ni por tipo de envase.

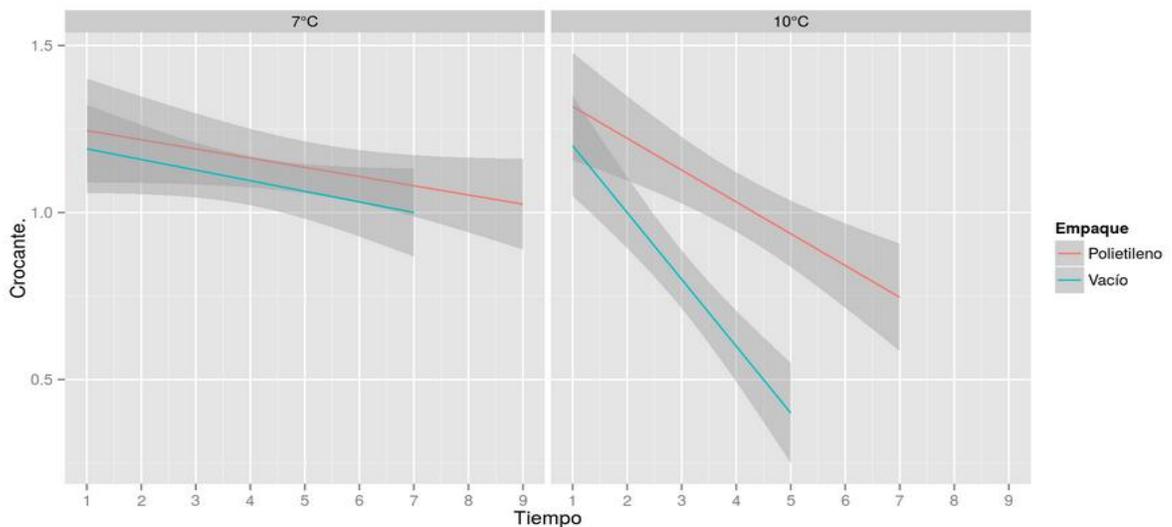
**Tabla 39. Resultados intensidad descriptor crocante para arepa en envase PEBD y vacío a 7°C y 10°C**

Temperatura- envase	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
<b>7°C - PEBD</b>	1.4		1.0	1.0	1.0	1.3	1.2	1.0	1.0
<b>7°C - Vacío</b>	1.4	1.0	1.0	1.0	1.0	1.3	1.0	-	-
<b>10°C - PEBD</b>	1,0	1,7	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	-	-
<b>10°C - Vacío</b>	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	-	-	-	-

**Gráfico 11. Intensidad del descriptor crocante para arepa en envase PEBD y vacío almacenada a temperatura de 7° y 10°C por tiempo**



**Gráfico 12. Intensidad del descriptor crocante por tiempo, temperatura y tipo de envase**



### **Análisis y discusión:**

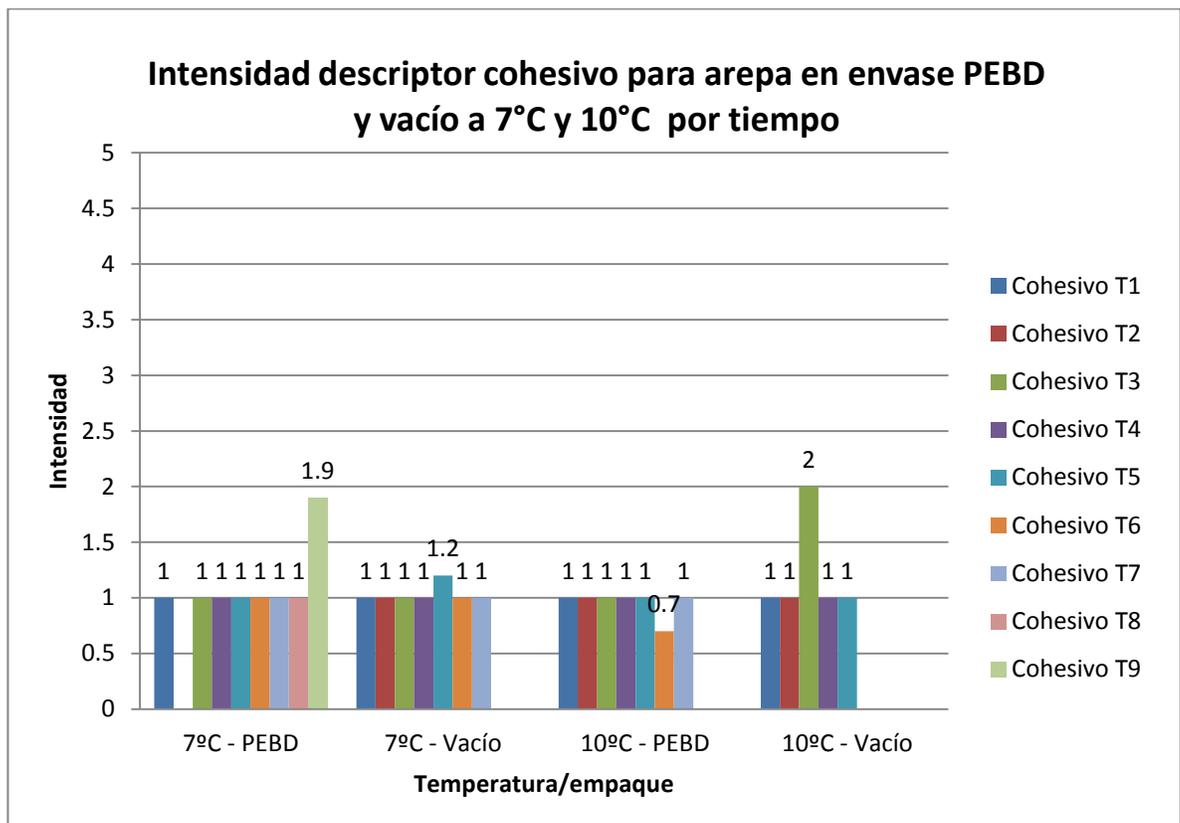
Para el descriptor crocante no existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en el nivel de intensidad a 7°C entre el envase de polietileno y vacío, mientras que a 10°C existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en los dos tipos de envase, percibiéndose ligeramente más crocante la arepa almacenada en polietileno a 10°C. Al comparar el atributo crocante a 7°C y 10°C no se detectan diferencias significativas en la intensidad en función del tiempo. Este comportamiento puede explicarse posiblemente porque a 10°C se tiene mayor facilidad de que sea liberada el agua ligada al momento del calentamiento de la muestra, teniendo en cuenta los periodos de almacenamiento a las temperaturas de 7°C y 10°C. Otro factor que puede favorecer el incremento en la intensidad de la crocancia, puede ser la presencia de fibra en el producto que al realizarse el calentamiento para el servicio se vuelve más perceptible este descriptor.

Este comportamiento puede deberse al crecimiento de microorganismos dado que en el T5, la arepa en envase al vacío presenta recuento de 450 UFC/g tipo moho, lo que posiblemente genera ablandamiento del producto [60] y disminuyendo la crocancia del producto.

**Tabla 40. Resultados intensidad descriptor cohesivo para arepa en envase PEBD y vacío a 7°C y 10°C**

Temperatura/envase	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
7°C - PEBD	1		1	1	1	1	1	1	1,9
7°C - Vacío	1	1	1	1	1,2	1	1	-	-
10°C - PEBD	1	1	1	1	1	0,7	1	-	-
10°C - Vacío	1	1	2	1	1	-	-	-	-

**Gráfico 13. Intensidad del descriptor cohesivo para arepa en envase PEBD y vacío almacenada a temperatura de 7° y 10°C por tiempo**



### **Análisis y discusión:**

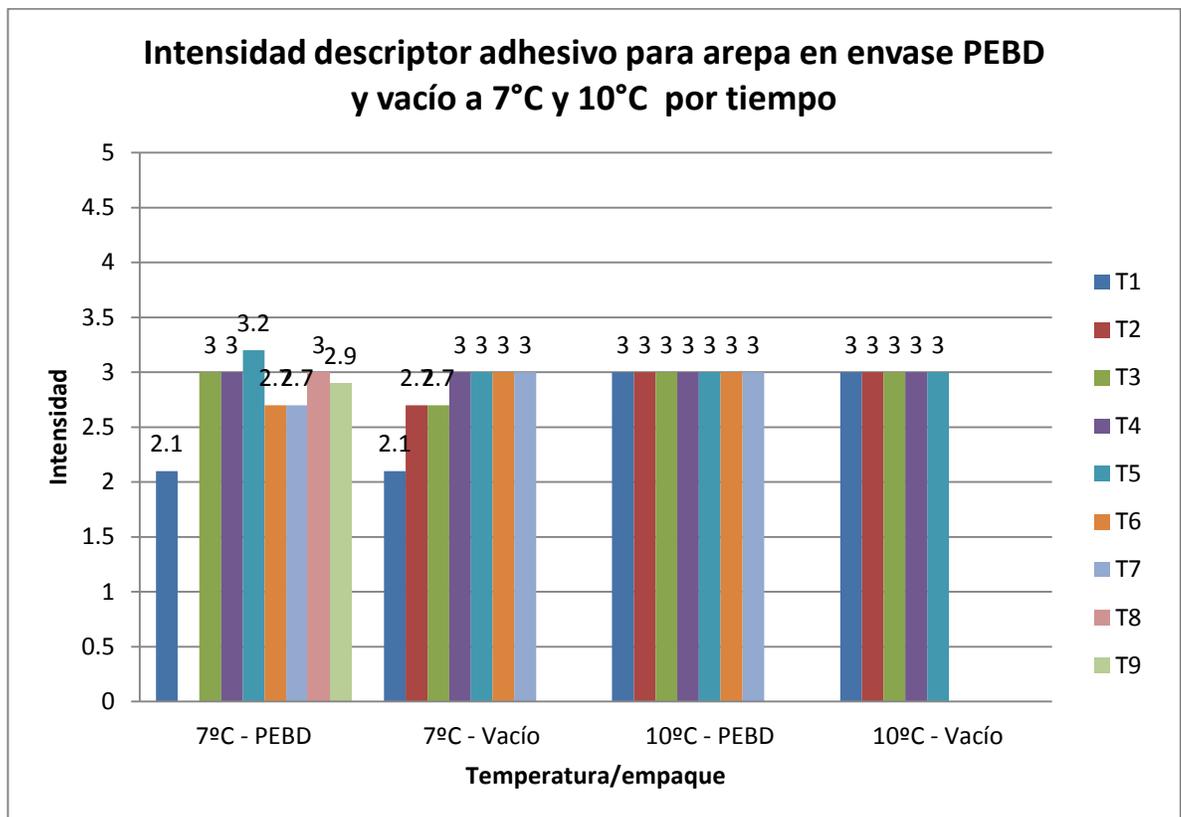
Para el descriptor cohesivo no existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) a temperatura 7°C y a 10°C en el nivel de intensidad para los envases de polietileno y vacío.

Al comparar el envase al vacío a 7° y a 10°C no se detectan diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en la intensidad en función del tiempo, este comportamiento puede explicarse dado que la cohesividad está asociada al grado hasta el cual se comprime el producto antes de romperse y el efecto tanto del tiempo de almacenamiento como la temperatura no influyen en esta característica a nivel sensorial.

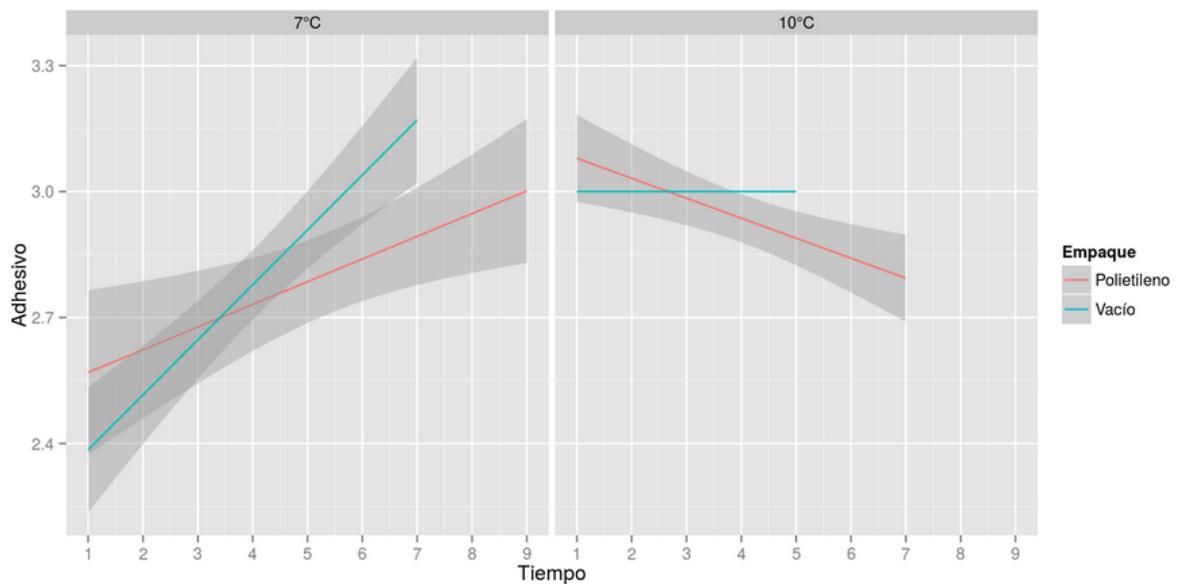
**Tabla 41. Resultados intensidad descriptor adhesivo para arepa en envase PEBD y vacío a 7°C y 10°C**

<b>Temperatura/envase</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>	<b>T9</b>
<b>7°C - PEBD</b>	2,1	-	3	3	3,2	2,7	2,7	3	2,9
<b>7°C - Vacío</b>	2,1	2,7	2,7	3	3	3	3	-	-
<b>10°C - PEBD</b>	3	3	3	3	3	3	3	-	-
<b>10°C - Vacío</b>	3	3	3	3	3	-	-	-	-

**Gráfico 14. Intensidad del descriptor adhesivo para arepa en envase PEBD y vacío almacenada a temperatura de 7° y 10°C por tiempo**



**Gráfico 15. Intensidad del descriptor adhesivo por tiempo, temperatura y tipo de envase**



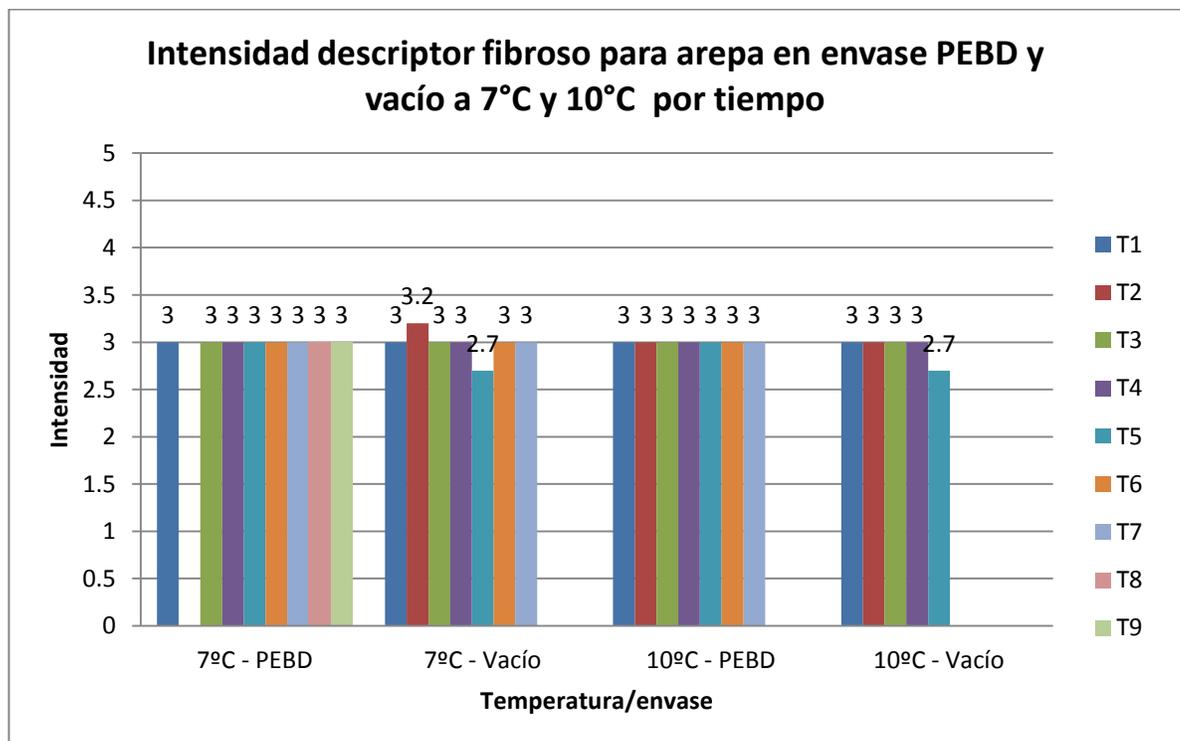
### **Análisis y discusión:**

Para el descriptor adhesivo no existen diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en el nivel de intensidad a 7°C y a 10°C entre el envase de polietileno y vacío. Al comparar el envase al vacío a 7°C y a 10°C no se detectan diferencias significativas en la intensidad en función del tiempo. La intensidad promedio del atributo adhesivo permanece con poca variación en el tiempo del estudio, este comportamiento puede deberse a que sensorialmente no varía mucho la intensidad de adhesividad de la muestra que está dada por la capacidad de absorción de agua de la fibra y las proteínas del endospermo, lo que permite formar una masa adherente la cual al ser convertida en arepa no tiene una incidencia significativa a los tiempos y temperaturas de almacenamiento.

**Tabla 42. Resultados intensidad descriptor Fibroso para arepa en envase PEBD y vacío a 7°C y 10°C**

Temperatura/envase	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
<b>7°C - PEBD</b>	3		3	3	3	3	3	3	3
<b>7°C - Vacío</b>	3	3,2	3	3	2,7	3	3	-	-
<b>10°C - PEBD</b>	3	3	3	3	3	3	3	-	-
<b>10°C - Vacío</b>	3	3	3	3	2,7	-	-	-	-

**Gráfico 16. Intensidad del descriptor fibroso para arepa en envase PEBD y vacío almacenada a temperatura de 7° y 10°C por tiempo**



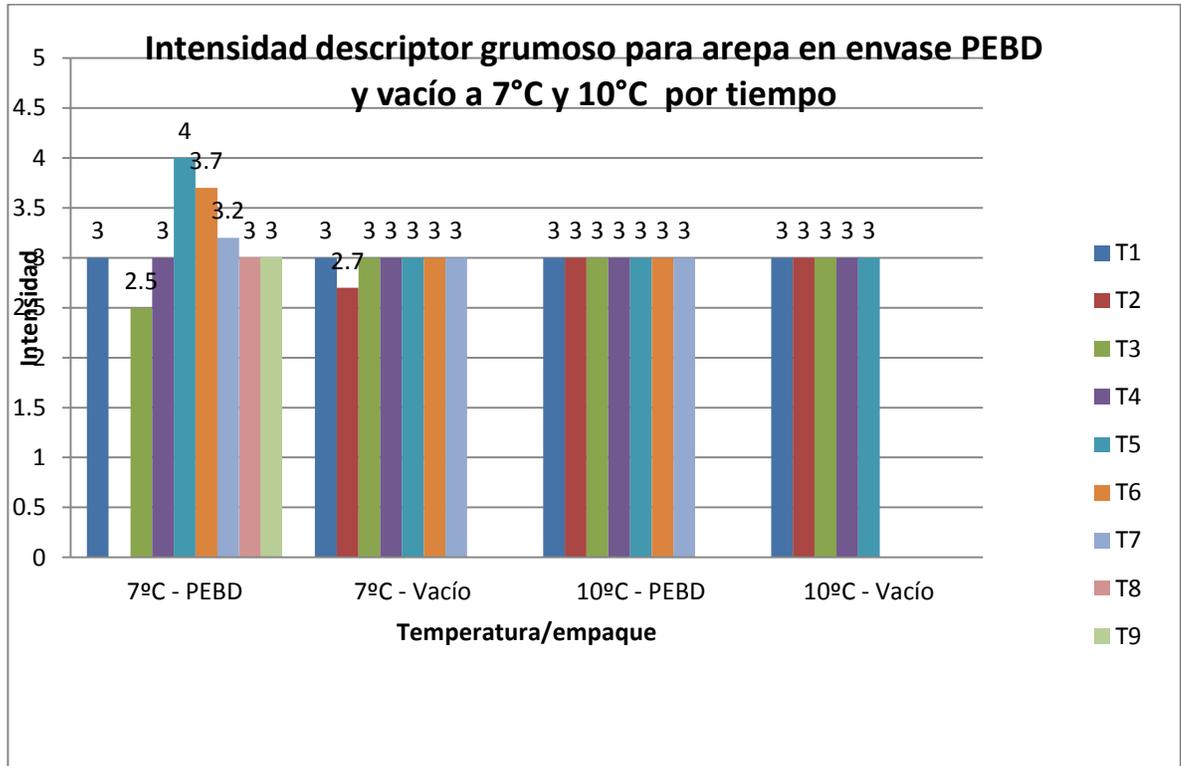
### **Análisis y discusión:**

Para el descriptor fibroso no existen diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en el nivel de intensidad a 7°C y a 10°C entre el envase de polietileno y vacío. Al comparar el envase al vacío a 7°C y a 10°C no se detectan diferencias significativas en la intensidad en función del tiempo. La intensidad del atributo fibroso permanece estable en el tiempo durante los análisis, por lo cual no es percibida la diferencia. Esta condición puede estar dada debido a que las condiciones iniciales de proceso son estandarizadas y por tanto la proporción de fibra proveniente de la piloriza y la cascara principalmente tienen un porcentaje de remoción y la cantidad que queda, se mantiene durante las etapas de proceso, por tanto el atributo fibroso no se ve afectado ni por el tiempo de almacenamiento, ni por la temperatura (7°C y 10°C) ni tampoco por el tipo de empaque.

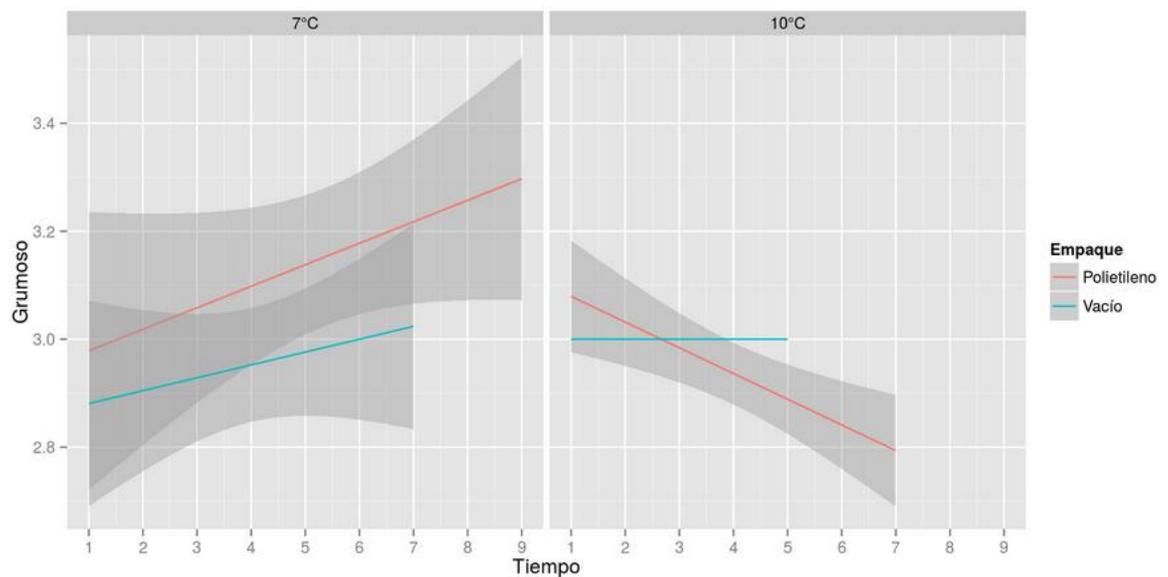
**Tabla 43. Resultados intensidad descriptor grumoso para arepa en envase PEBD y vacío a 7°C y 10°C**

<b>Temperatura/envase</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>	<b>T9</b>
<b>7°C - PEBD</b>	3		2,5	3	4	3,7	3,2	3	3
<b>7°C - Vacío</b>	3	2,7	3	3	3	3	3	-	-
<b>10°C - PEBD</b>	3	3	3	3	3	3	3	-	-
<b>10°C - Vacío</b>	3	3	3	3	3	-	-	-	-

**Gráfico 17. Intensidad del descriptor grumoso para arepa en envase PEBD y vacío almacenada a temperatura de 7° y 10°C por tiempo**



**Gráfico 18. Intensidad del descriptor grumoso por tiempo, temperatura y tipo de envase**



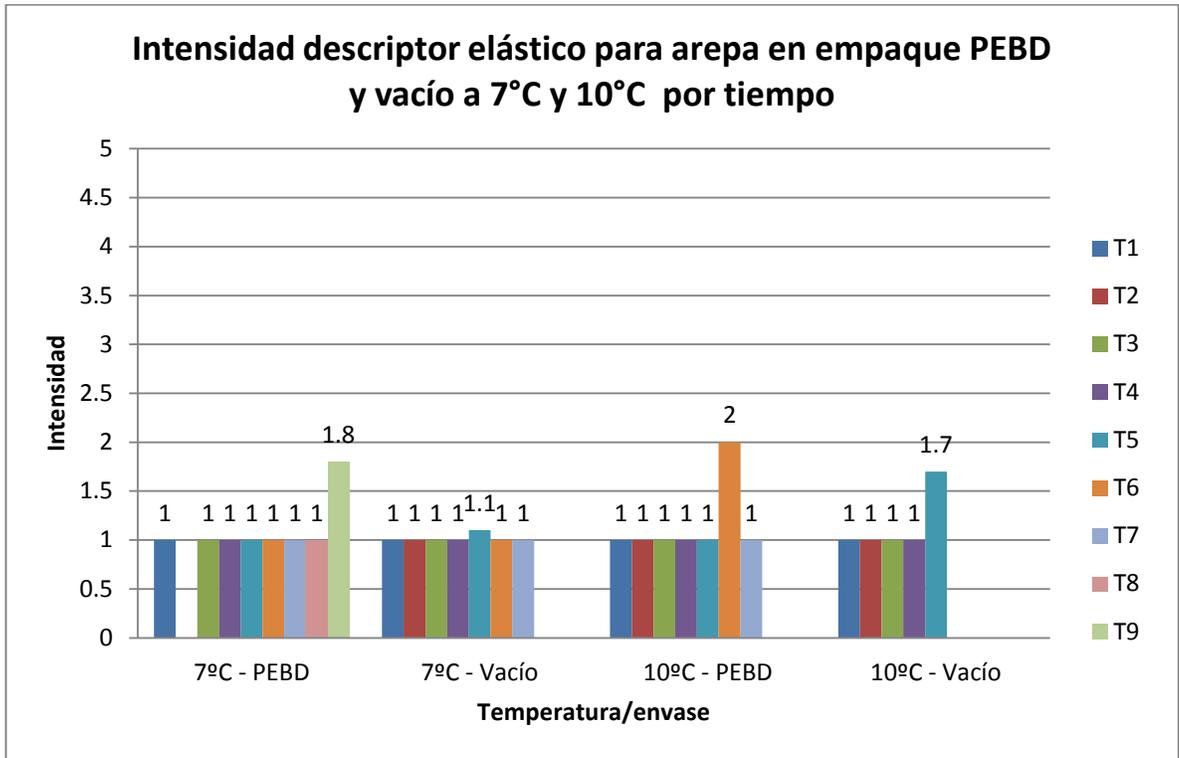
### **Análisis y discusión:**

Para el descriptor grumoso no existen diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en el nivel de intensidad a 7°C y a 10°C entre el envase de polietileno y vacío. Al comparar el envase al vacío a 7°C y a 10°C no se detectan diferencias significativas en la intensidad en función del tiempo. La intensidad del atributo grumoso permanece estable en el tiempo durante los análisis, lo cual está asociado posiblemente al tamaño de los gránulos de amilosa y de amilopectina y su proporción en arepa. Este descriptor sensorial no se ve afectado ni por el tiempo de envase (PEBD y vacío) ni por la temperatura (7°C y a 10°C) para el producto analizado.

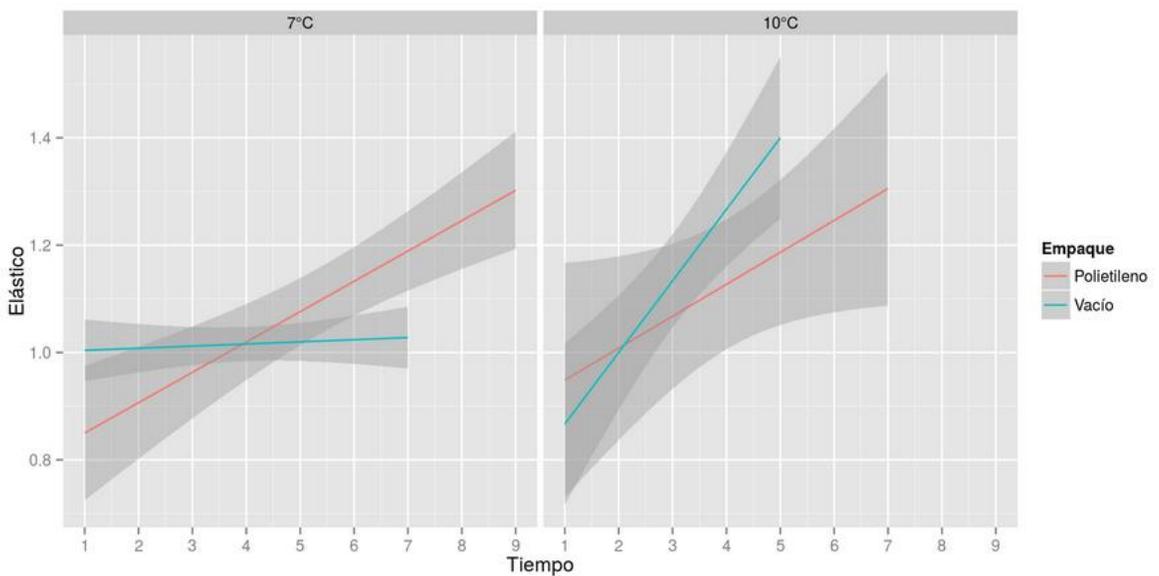
**Tabla 44. Resultados intensidad descriptor elástico para arepa en envase PEBD y vacío a 7°C y 10°C**

<b>Temperatura/envase</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>	<b>T9</b>
<b>7°C - PEBD</b>	1		1	1	1	1	1	1	1,8
<b>7°C - Vacío</b>	1	1	1	1	1,1	1	1	-	-
<b>10°C - PEBD</b>	1	1	1	1	1	2	1	-	-
<b>10°C - Vacío</b>	1	1	1	1	1,7		-	-	-

**Gráfico 19. Intensidad del descriptor elástico para arepa en envase PEBD y vacío almacenada a temperatura de 7° y 10°C por tiempo**



**Gráfico 20. Intensidad del descriptor elástico por tiempo, temperatura y tipo de envase**



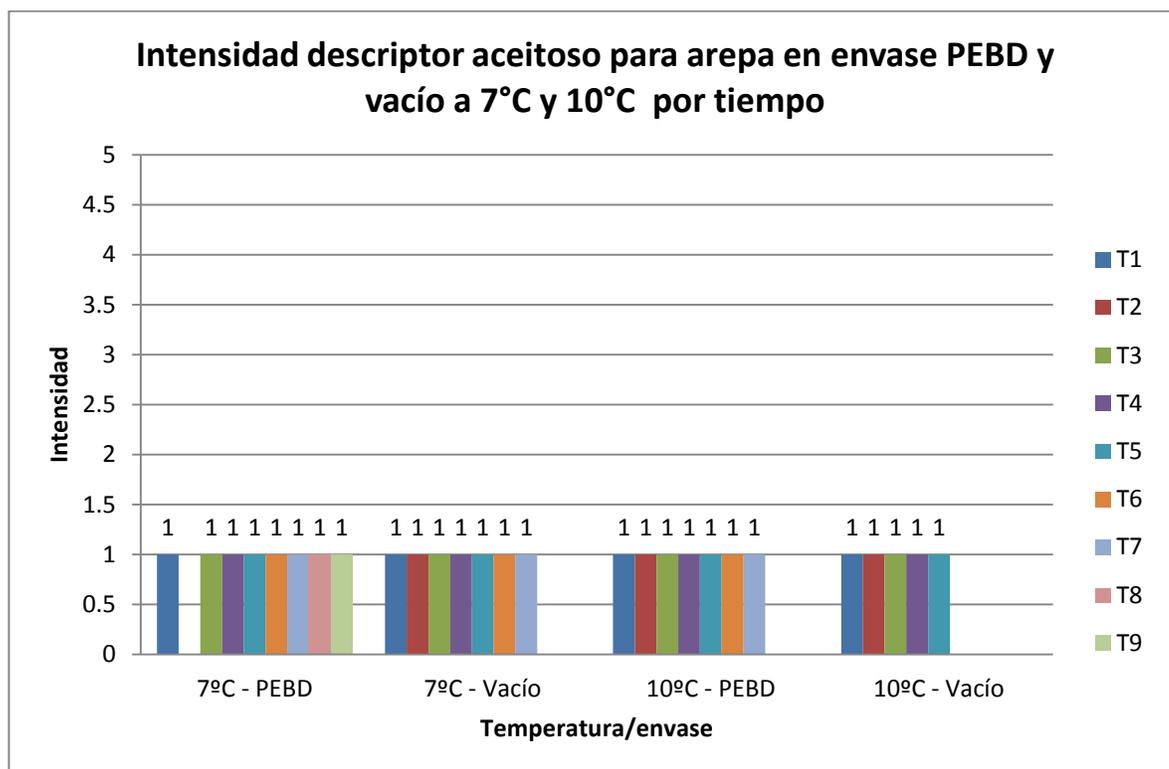
### **Análisis y discusión:**

Para el descriptor elástico no existen diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en el nivel de intensidad a 7°C y a 10°C entre el envase de polietileno y vacío. Al comparar el envase al vacío a 7°C y a 10°C no se detectan diferencias significativas en la intensidad en función del tiempo. La intensidad del atributo elástico permanece estable en el tiempo durante los análisis, por lo cual no es percibida la diferencia a nivel sensorial, esto puede deberse a que por las temperaturas de almacenamiento, los cristales de amilopectina se recrystalizan, [52] por lo que la elasticidad para el producto es muy baja por lo que tiende a romperse antes que dejar estirarse y a pesar de estar a dos temperaturas diferentes durante el almacenamiento, esta temperatura no pasa a ser tan significativa como para poder detectar una variación a nivel sensorial.

**Tabla 45. Resultados intensidad descriptor aceitoso para arepa en envase PEBD y vacío a 7°C y 10°C**

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
<b>7°C - PEBD</b>	1		1	1	1	1	1	1	1
<b>7°C - Vacío</b>	1	1	1	1	1	1	1	-	-
<b>10°C - PEBD</b>	1	1	1	1	1	1	1	-	-
<b>10°C - Vacío</b>	1	1	1	1	1	-	-	-	-

**Gráfico 21. Intensidad del descriptor aceitoso para arepa en envase PEBD y vacío almacenada a temperatura de 7° y 10°C por tiempo**



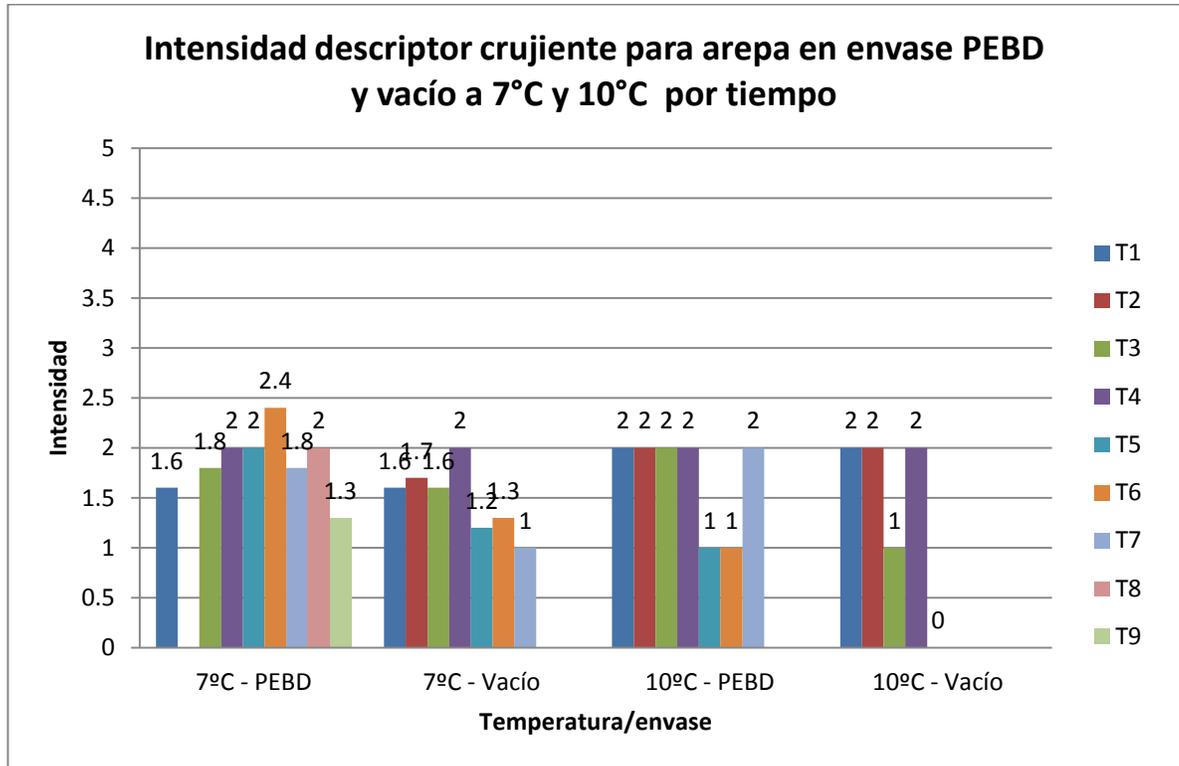
### **Análisis y discusión:**

Para el descriptor aceitoso no existen diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en el nivel de intensidad a 7°C y a 10°C entre el envase de polietileno y vacío. Al comparar el envase al vacío a 7°C y a 10°C no se detectan diferencias significativas en la intensidad en función del tiempo. La intensidad del atributo aceitoso permanece estable en el tiempo durante los análisis, por lo cual no es percibida la diferencia. Esto puede deberse a los bajos niveles de aceite presentes en el grano, adicionalmente la concentración de aceites en el producto no es muy intensa ya que este solo se utiliza en la etapa de moldeo, aplicado al rodillo para evitar que la masa se pegue, por tanto el descriptor aceitoso no se ve afectado ni por el tipo de envase ni por la temperatura de almacenamiento.

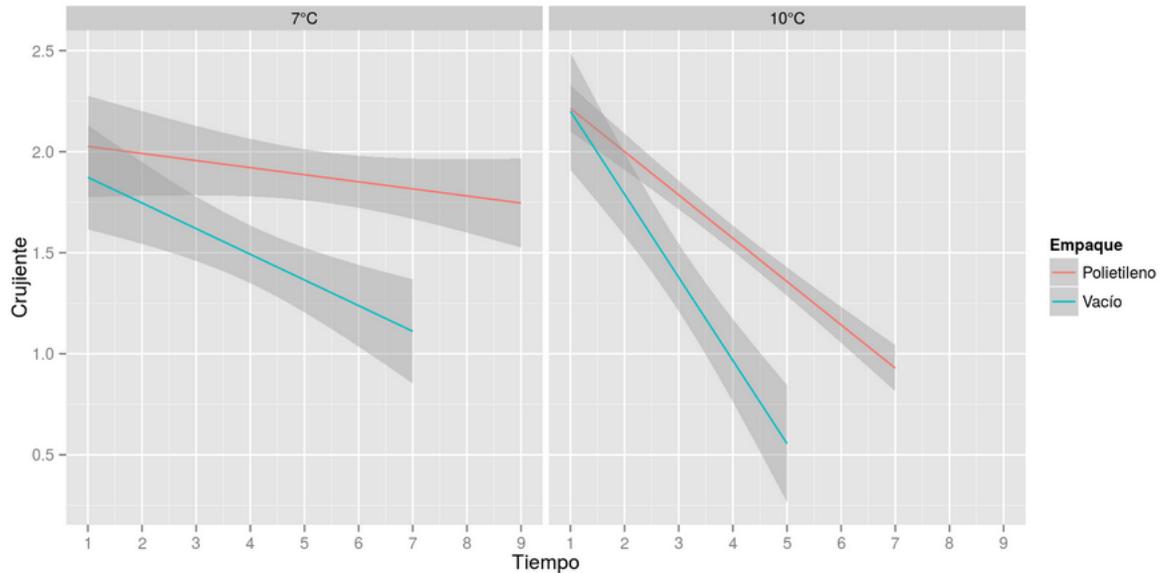
**Tabla 46. Resultados intensidad descriptor crujiente para arepa en envase PEBD y vacío a 7°C y 10°C**

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
<b>7°C - PEBD</b>	1,6		1,8	2	2	2,4	1,8	2	1,3
<b>7°C - Vacío</b>	1,6	1,7	1,6	2	1,2	1,3	1	-	-
<b>10°C - PEBD</b>	2	2	2	2	1	1	2	-	-
<b>10°C - Vacío</b>	2	2	1	2	0	-	-	-	-

**Gráfico 22. Intensidad del descriptor crujiente para arepa en envase PEBD y vacío almacenada a temperatura de 7° y 10°C por tiempo**



**Gráfico 23. Intensidad del descriptor crujiente por tiempo, temperatura y tipo de envase**



### **Análisis y discusión:**

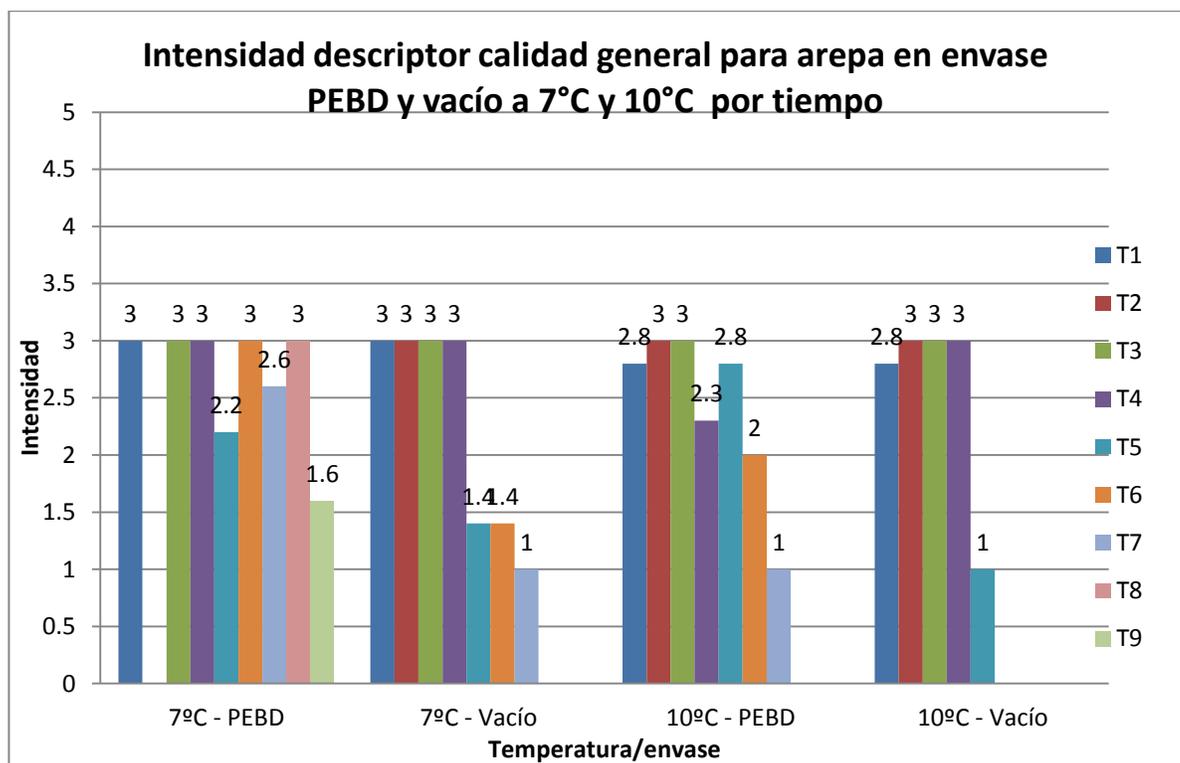
Para el descriptor crujiente existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en el nivel de intensidad a 7°C entre el envase de polietileno y vacío, de igual manera sucede a 10°C existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en los dos tipos de envase. Al comparar el envase al vacío a 7°C y a 10°C respectivamente, se detectan diferencias significativas en la intensidad en función del tiempo; siendo la arepa almacenada en PEBD más crujiente y presentando un descenso leve a través del tiempo. Este comportamiento puede explicarse posiblemente debido a que durante el almacenamiento los gránulos gelatinizados sufren la cristalización, que a más baja temperatura, se tornan más rígidos (Fennema 2000) [62]. Esto puede presentarse también, dada la permeabilidad que presenta el empaque de polietileno con respecto al vacío, ya que las muestras en empaque de polietileno presentaron una mayor crujencia posiblemente porque tiene una menor barrera y esto se ve reflejado en un incremento de la crujencia que está asociada al sonido producido al morder la arepa originado por la presencia de fibra específicamente cascarilla y piloriza. En González, 2012 se establece que el ablandamiento de un producto está relacionado con la pérdida de frescura; este fenómeno ha sido descrito por Toivonen et al. (2008) y Howard et al. (1994) como un proceso en el que las paredes celulares de las células pierden su fuerza y por lo tanto adhesión entre ellas, disminuyendo su firmeza y perdiendo la capacidad de fracturabilidad.

Al comparar el envase al vacío y polietileno a 7°C y a 10°C no se establecen diferencias ( $p>0.05$ ) significativas en la intensidad en función del tiempo. [73]

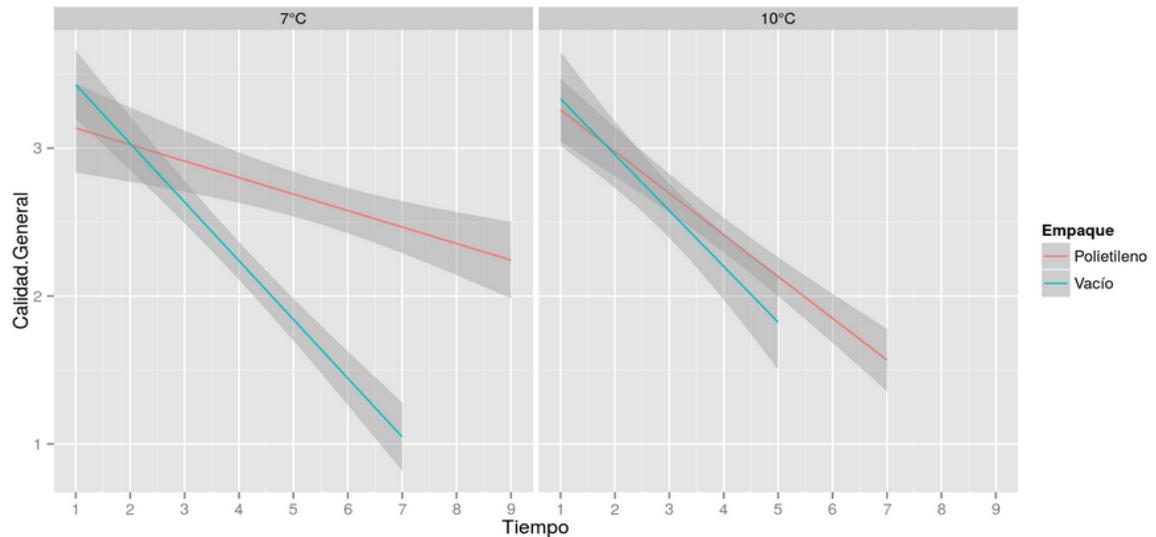
**Tabla 47. Resultados intensidad descriptor calidad general para arepa en envase PEBD y vacío a 7°C y 10°C**

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
<b>7°C - PEBD</b>	3	-	3	3	2,2	3	2,6	3	1,6
<b>7°C - Vacío</b>	3	3	3	3	1,4	1,4	1	-	-
<b>10°C - PEBD</b>	2,8	3	3	2,3	2,8	2	1	-	-
<b>10°C - Vacío</b>	2,8	3	3	3	1	-	-	-	-

**Gráfico 24. Intensidad del descriptor calidad general para arepa en envase PEBD y vacío almacenada a temperatura de 7° y 10°C por tiempo**



**Gráfico 25. Intensidad del descriptor calidad general por tiempo, temperatura y tipo de envase**



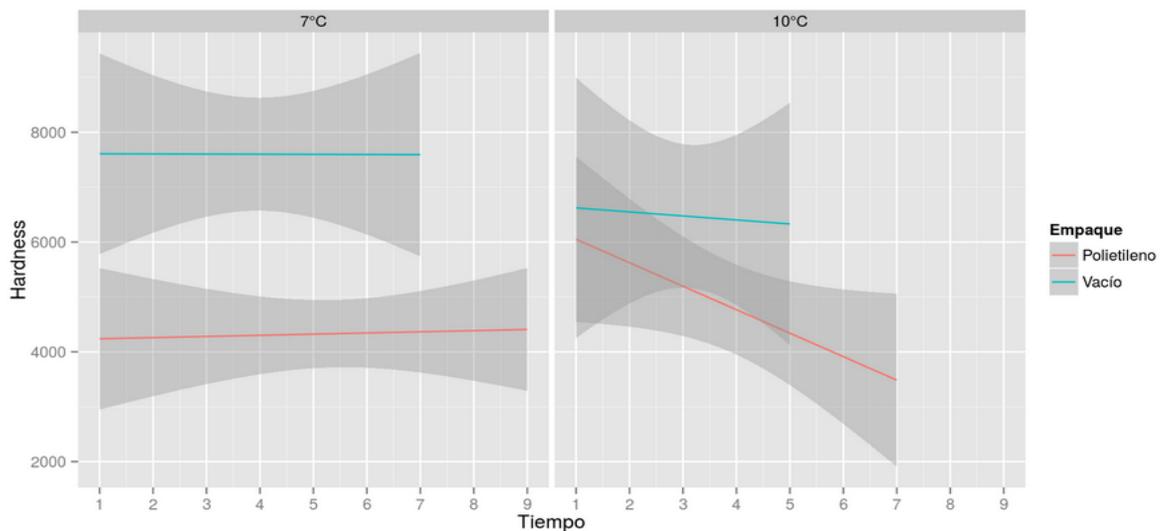
#### **Análisis y discusión:**

Para el descriptor calidad general existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en el nivel de intensidad a 7°C entre el envase de polietileno y vacío, contrario a lo que sucede a 10°C donde no existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en los dos tipos de envase. Al comparar el envase al vacío a 7°C y a 10°C respectivamente, no se detectan diferencias significativas en la intensidad en función del tiempo; siendo la arepa almacenada en PEBD de mayor calidad general y presentando un descenso leve a través del tiempo para ambos envases. Este comportamiento puede explicarse posiblemente debido a que durante el almacenamiento el producto va perdiendo frescura (González, 2012) [73]. Este comportamiento puede explicarse posiblemente debido a que al disminuir el calor del producto se procura controlar el deterioro metabólico y la tasa de crecimiento de los microorganismos, para conservar la calidad sensorial y nutricional del alimento. (Sarroca, et al 2010) [67]

De igual forma es mayor la calidad general en empaque de polietileno debido a que el producto en vacío se mantiene comprimido lo que a su vez origina una película similar al plástico por efecto de la presión ejercida al realizar el vacío, lo que hace que el producto presente textura más dura y apariencia menos similar al producto convencional. Al comparar el envase al vacío y polietileno a 7°C y a 10°C no se establecen diferencias ( $p > 0.05$ ) significativas en la intensidad en función del tiempo.

## 7.6 RESULTADOS DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS TEXTURA INSTRUMENTAL TIEMPO TEMPERATURA Y ENVASE

Gráfico 26. Intensidad del descriptor Hardness (Dureza) por tiempo, temperatura y tipo de envase

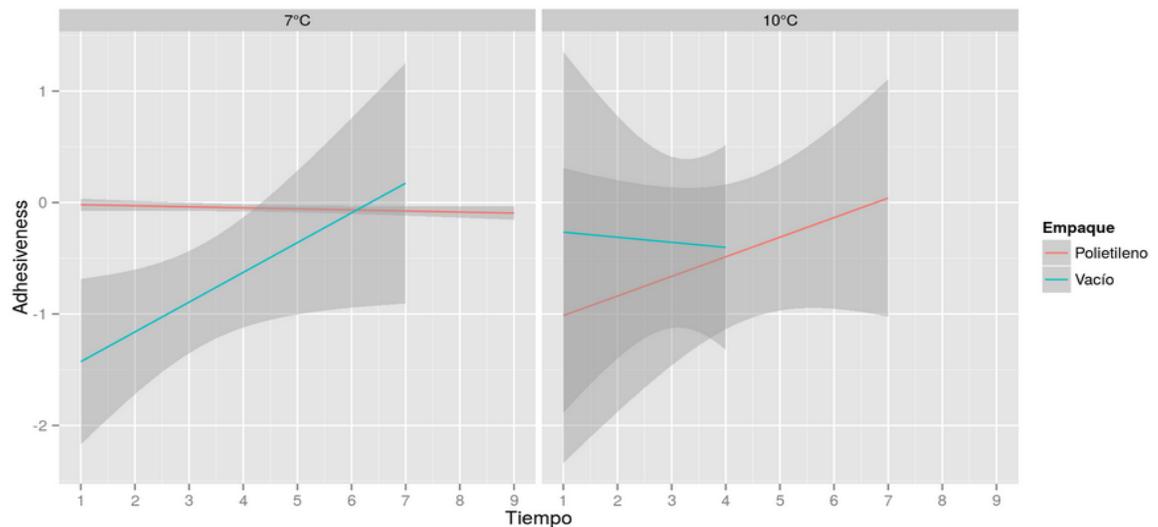


### Análisis y discusión:

Para el descriptor Hardness (dureza) existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en los resultados reportados  $7^{\circ} \text{C}$  entre el envase de polietileno y vacío, siendo más blanda la arepa almacenada en PEBD, mientras que a  $10^{\circ} \text{C}$  no existen diferencias ( $p < 0.05$ ) significativas de acuerdo al tipo de envase. Este comportamiento puede explicarse posiblemente debido a que el PEBD presenta baja transmisión de vapor de agua con respecto al vacío (Ospina, Cartagena 2008) [70]

Al comparar el almacenamiento del producto a 7° y a 10° C, se determina que la arepa en función del tiempo los valores permanecen similares.

**Gráfico 27. Intensidad del descriptor Adhesiveness (Adhesividad) por tiempo, temperatura y tipo de envase**



Para el descriptor adhesiveness (adhesividad) existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en los resultados reportados a 7° C entre el envase de polietileno y vacío, mientras que a 10° C no existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) de acuerdo al tipo de envase utilizado.

Al comparar el almacenamiento del producto a 7° y a 10° C, se determina que la arepa en envase al vacío a 7°C es adhesiva para los tiempos T1, T2, T3 y T4. Este comportamiento puede explicarse posiblemente debido a que diversos factores como temperatura, humedad, compresión pueden afectar los fenómenos de adherencia y compactación, como son el agua y la temperatura, (Montoya 2008) [74] en el envase al vacío.

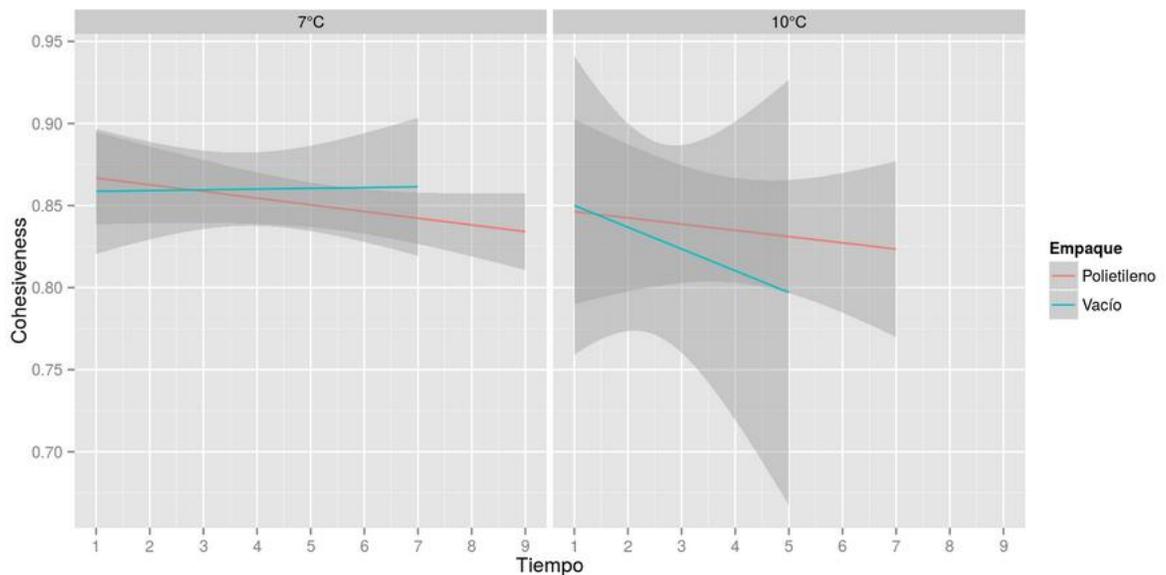
## Parámetro Elasticidad (Springiness)

Para el descriptor springiness (elasticidad) no existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en los resultados reportados a 7° C y a 10°C entre el envase de polietileno y vacío. La elasticidad en función del tiempo, permanece constante.

Al comparar el almacenamiento del producto a 7° y a 10° C, se observa que la arepa a 10°C es más elástica.

La masa, durante su obtención, manejo y utilización para la elaboración de la arepa es sometida a diferentes tipos de fuerzas con niveles de compresión (envase al vacío) y cambios en la temperatura de acuerdo a esto cambian de manera importante la elasticidad. (Gasca-Mancera; Casas-Alencáster 2007) [75]

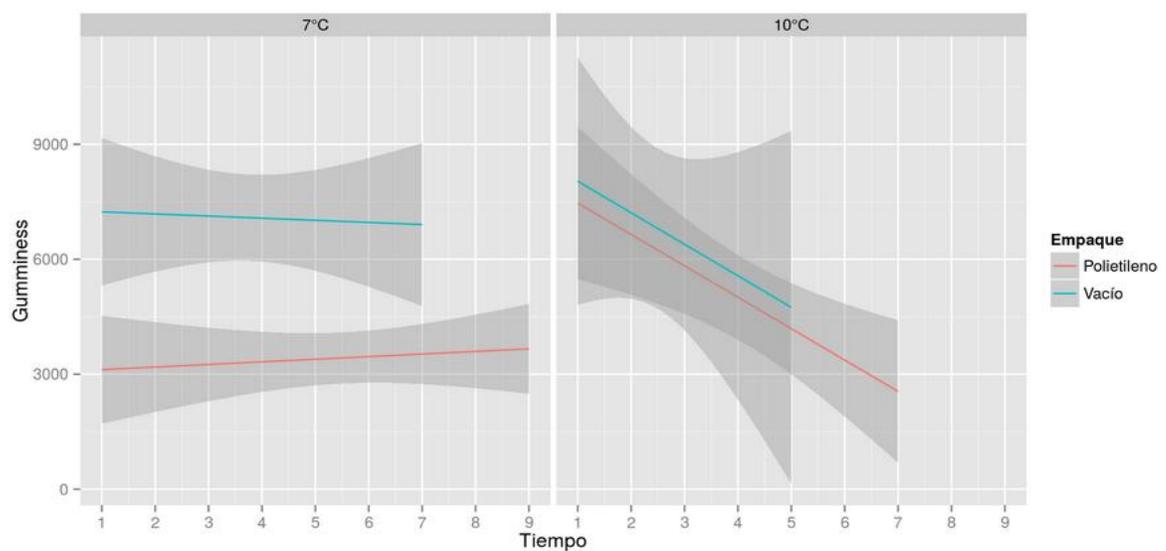
## Gráfico 28. Intensidad del descriptor Cohesiveness (Cohesividad) por tiempo, temperatura y tipo de envase



Para el descriptor cohesiveness (cohesividad) no existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en los resultados reportados a 7° C y a 10°C entre el envase de polietileno y vacío.

Al comparar el almacenamiento del producto a 7° y a 10° C, se determina que la cohesividad en función del tiempo permanece constante.

**Gráfico 29. Intensidad del descriptor Gumminess (Gomosidad) por tiempo, temperatura y tipo de envase**

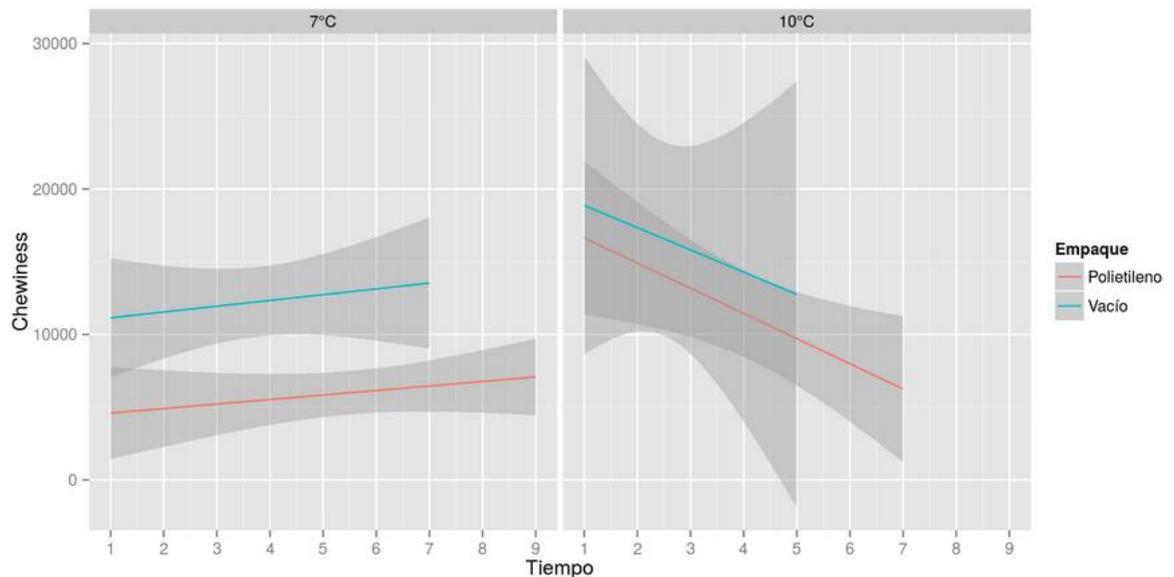


Para el descriptor gumminess (gomosidad) existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en los resultados reportados a 7° C entre el envase de polietileno y vacío. Mientras que a 10°C no existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en los dos tipos de envase. La gomosidad en función del tiempo, permanece constante con un comportamiento similar para ambas temperaturas.

Al comparar el almacenamiento del producto a 7° y a 10° C, se determina que la arepa envasada al vacío a 7°C es más gomosa.

La masa, durante su obtención, manejo y utilización para la elaboración de la arepa es sometida a diferentes tipos de fuerzas con niveles de compresión (envase al vacío) y cambios en la temperatura de acuerdo a esto cambian de manera importante la gomosidad. (Gasca-Mancera ;Casas-Alencáster 2007) [75]

**Gráfico 30. Intensidad del descriptor Chewiness (Adhesividad) por tiempo, temperatura y tipo de envase**

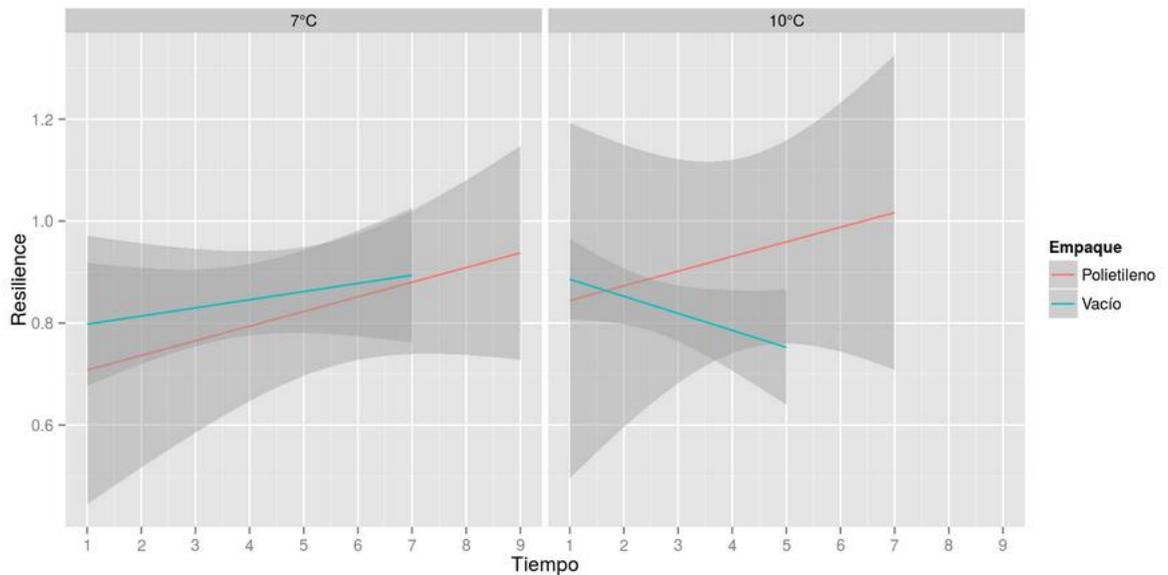


Para el descriptor chewiness (masticabilidad) existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en los resultados reportados a 7° C entre el envase de polietileno y vacío. Mientras que a 10°C no existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en los dos tipos de envase utilizados. La masticabilidad en función del tiempo, permanece constante con un comportamiento similar para ambas temperaturas.

Al comparar el almacenamiento del producto a 7° y a 10° C, se determina que la arepa envasada al vacío a 7°C es más masticable.

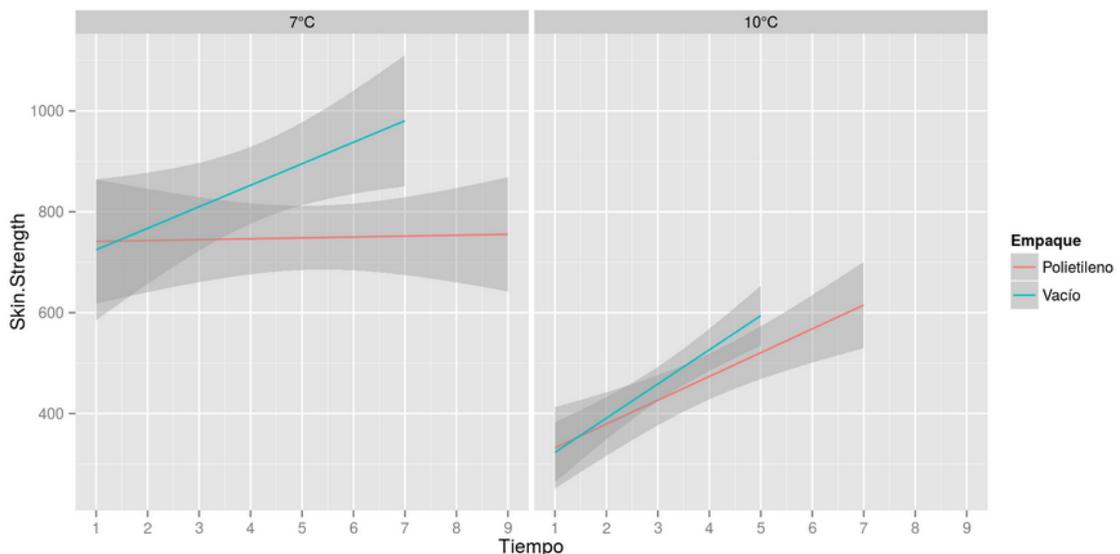
La masa, durante su obtención, manejo y utilización para la elaboración de la arepa es sometida a diferentes tipos de fuerzas con niveles de compresión (envase al vacío) y cambios en la temperatura de acuerdo a esto cambian de manera importante la masticabilidad. (Gasca-Mancera ;Casas-Alencáster 2007) [75]

**Gráfico 31. Intensidad del descriptor Resilience (resiliencia) por tiempo, temperatura y tipo de envase**



Para el descriptor resilience (resiliencia) no existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en los resultados reportados a 7° C y a 10°C para los dos tipos de envases utilizados. La resiliencia en función del tiempo, permanece constante con un comportamiento similar para ambas temperaturas.

**Gráfico 32. Intensidad del descriptor Skin Strength (fuerza de penetración) por tiempo, temperatura y tipo de envase**

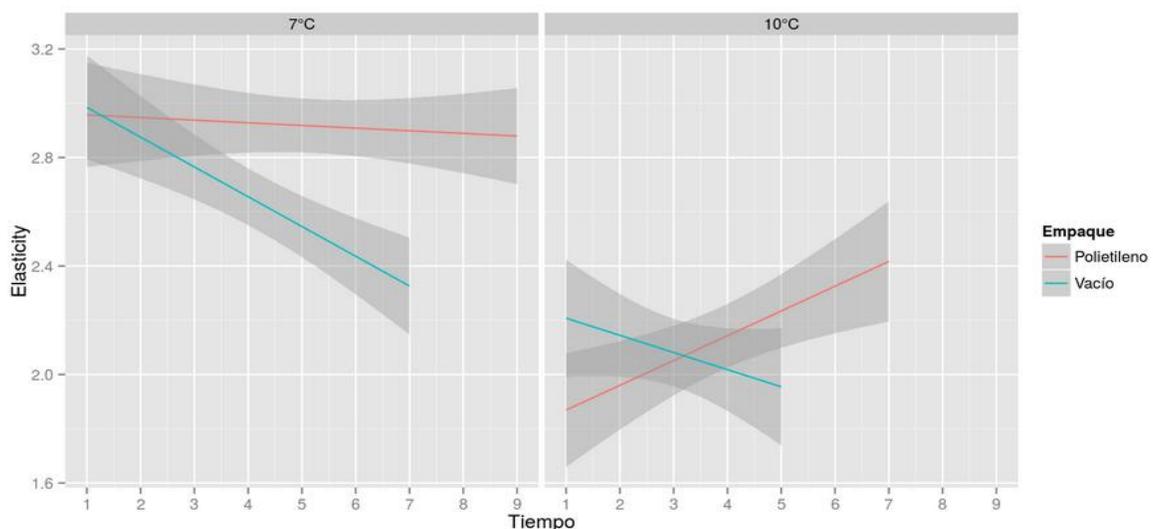


Para el descriptor Skin strength (Fuerza de penetración) existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en los resultados reportados a 7° C entre el envase de polietileno y vacío. Mientras que a 10°C no existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en los dos tipos de envase utilizados. La fuerza de penetración en función del tiempo, permanece constante para el envase en PEBD, mientras que para el vacío aumenta gradualmente a partir del T6.

Al comparar el almacenamiento del producto a 7° y a 10° C, se determina que la arepa envasada al vacío requiere mayor fuerza de penetración para ambas temperaturas.

Este comportamiento puede explicarse posiblemente debido a que el PEBD presenta baja transmisión de vapor de agua con respecto al vacío (Ospina, Cartagena 2008) [70], viéndose reflejado en la fuerza que tiene que ejercer el instrumento en la arepa envasada al vacío para penetrarla.

**Gráfico 33. Intensidad del descriptor Elasticity (limite elástico) por tiempo, temperatura y tipo de envase**

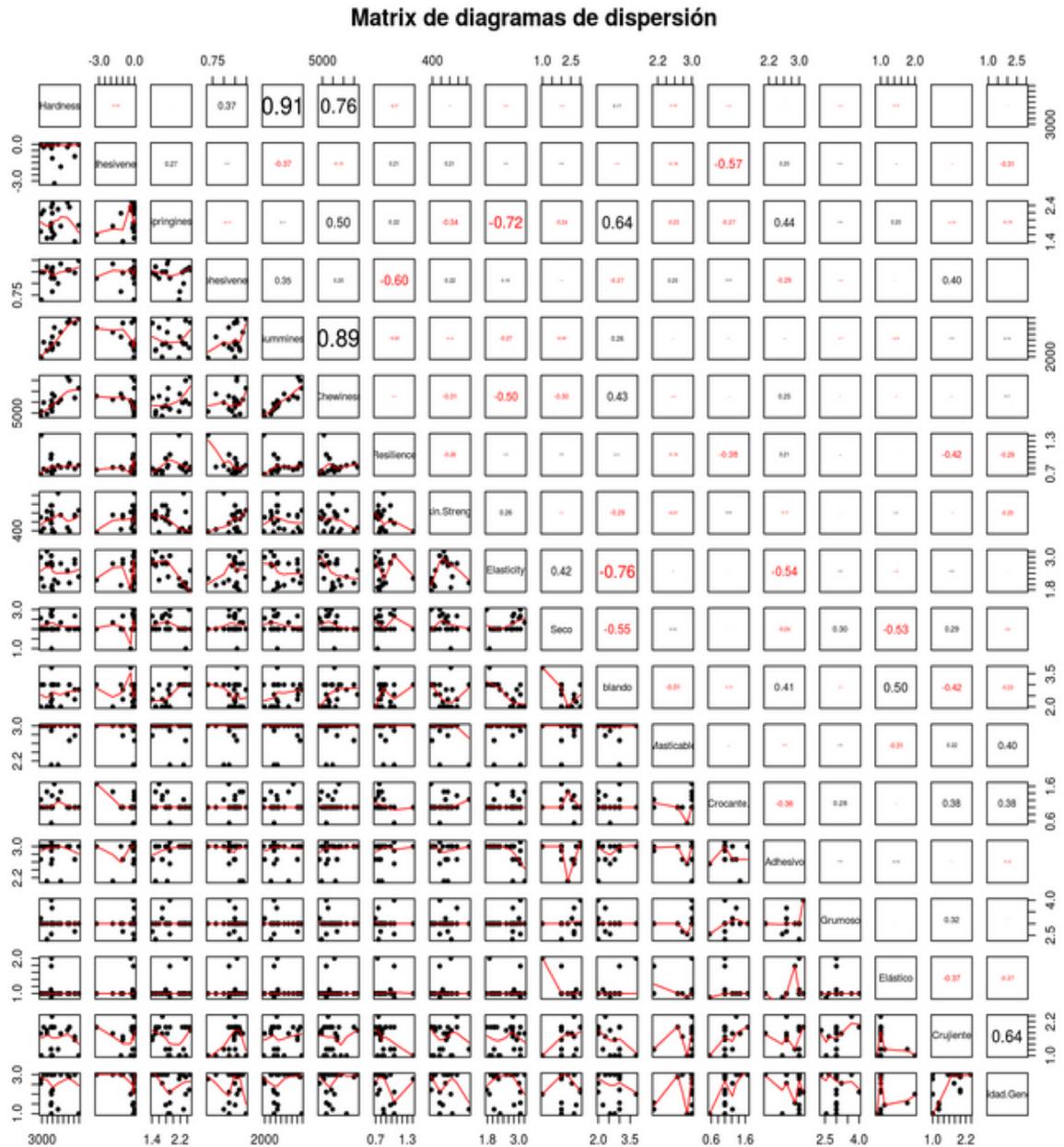


Para el descriptor Elasticity (límite elástico) existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en los resultados reportados a 7° C entre el envase de polietileno y vacío. Mientras que a 10°C no existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en los dos tipos de envase utilizados. El límite elástico en función del tiempo, permanece constante para el envase en PEBD, mientras que para el vacío disminuye gradualmente a partir del T4.

Al comparar el almacenamiento del producto a 7° y a 10° C, se determina que la arepa envasada en polietileno el límite elástico es mayor.

## 7.7 RESULTADOS MATRIZ SENSORIAL E INSTRUMENTAL

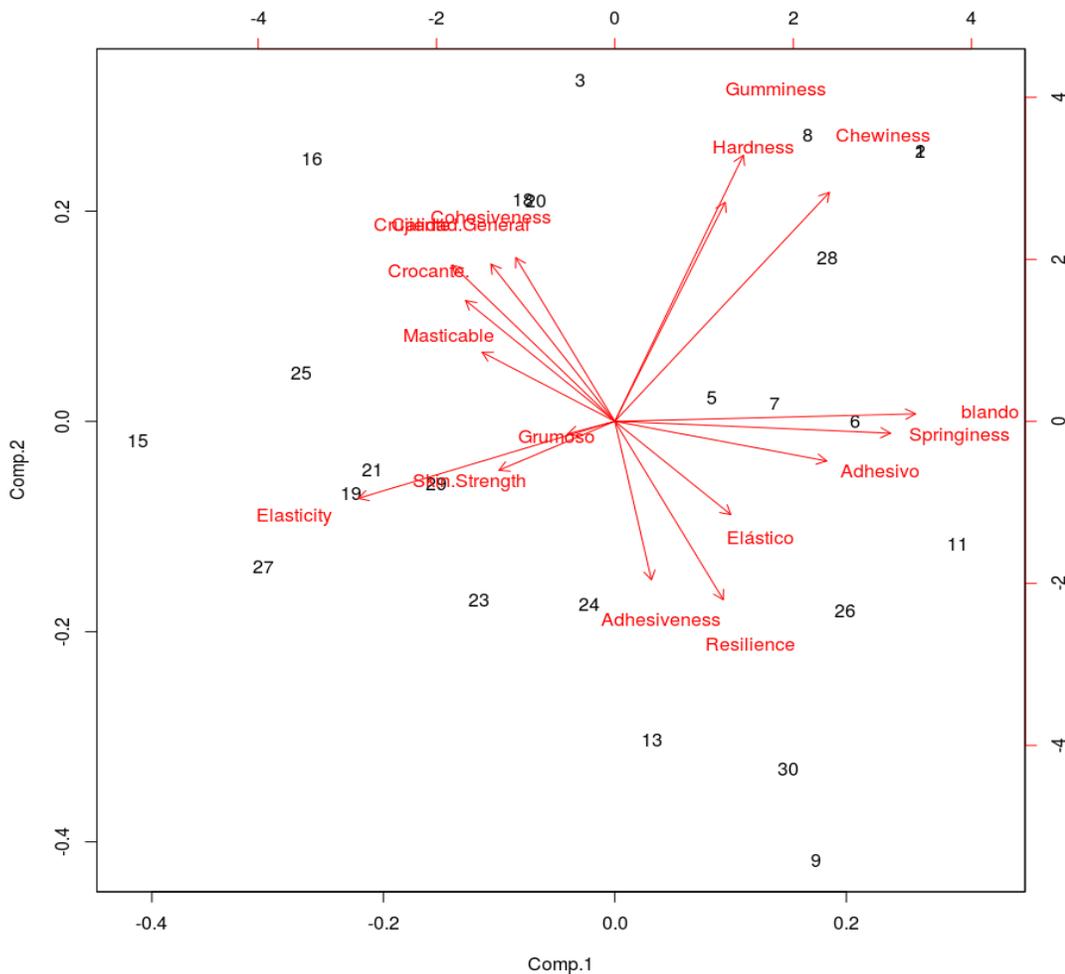
Tabla 48. Matriz de correlación sensorial e instrumental Pearson



Esta tabla muestra la correlación de Pearson, entre las variables de textura instrumentales y sensoriales evaluadas en la arepa de maíz blanco. Los valores de correlación se relacionan en la Tabla 48. El rango de estos coeficientes de correlación va de -1 a +1, y miden la fuerza de la relación lineal entre las variables.

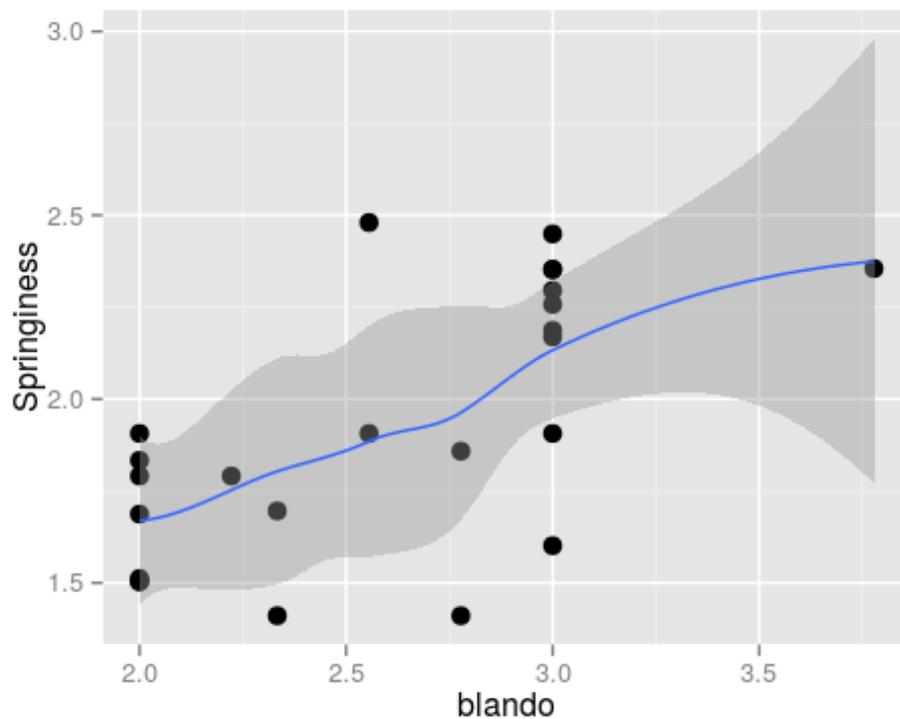
Se observa que a nivel instrumental el atributo dureza presenta una alta correlación con gomosidad (0,91), seguido por gomosidad con masticabilidad (0.89) y dureza con masticabilidad (0.76), elasticidad con blando (0,64), con relación inversa están limite elástico con blando (-0.76) y a nivel sensorial crujiente con calidad general (0,64).

**Gráfico 34. Análisis de componentes principales para descriptores sensoriales e instrumentales de textura para arepa de maíz blanco**



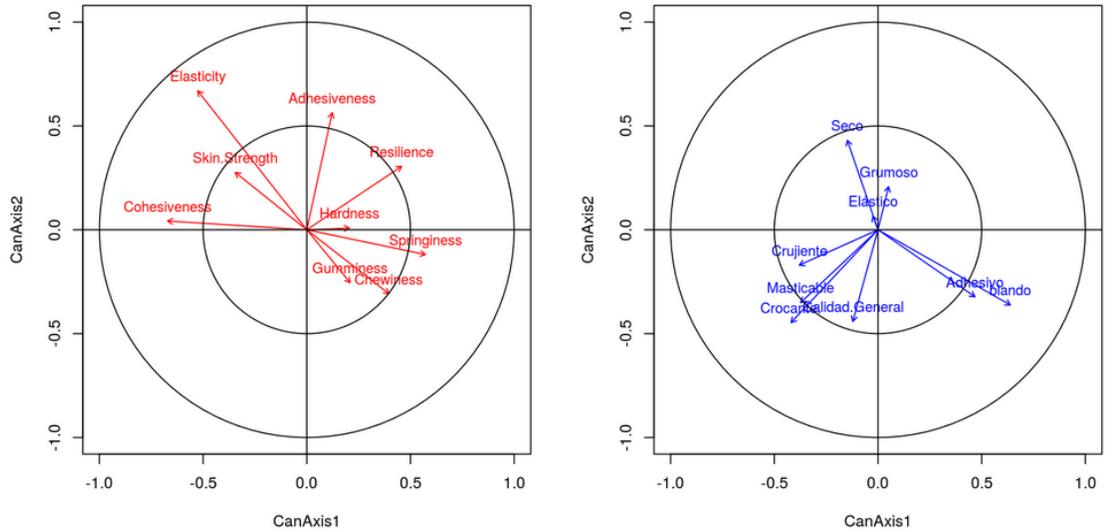
**Análisis y discusión:** Se realizó análisis de componentes principales con los descriptores establecidos con el panel entrenado y con el instrumento, con el objetivo de analizar cómo se comportaban los diferentes descriptores y la variabilidad de estos. Se seleccionan los descriptores: blando a nivel sensorial (0.431) y elasticidad (0.396) a nivel instrumental, ya que presentaron los coeficientes más altos y por lo tanto estuvieron más asociados con la primera componente. Hasta la componente 7 y explica el 42% de la variabilidad de los datos.

**Gráfico 35. Análisis de correlación para descriptores sensorial e instrumental de textura para arepa de maíz blanco**



En el gráfico se muestran que el descriptor blando y elasticidad, se encuentran correlacionados positivamente y a medida que incrementa la intensidad de blando a nivel sensorial, también incrementa la elasticidad a nivel instrumental.

**Gráfico 36. Análisis de correlación canónica atributos sensoriales e instrumentales de textura para arepa de maíz blanco**



La correlación canónica, relaciona un conjunto de variables con otro conjunto de variables y permite escoger de cada grupo un conjunto de variables que más estén relacionadas grupalmente, donde las variables relacionadas a nivel sensorial son blando (0.63) y adhesivo (0,46). Las variables relacionadas instrumentales son: Cohesividad (0.67) y limite elástico (0.57). Existe una relación inversa entre ellas.

## **8. ASPECTOS ETICOS**

Los consumidores y jueces entrenados recibieron el producto (arepa), para su análisis, previo aval en la ficha técnica microbiológica que garantizo la liberación del producto con el cumplimiento de los estándares de calidad sanitaria, contemplados en la NTC 5273:2007.

La eliminación de los residuos orgánicos resultantes de los análisis sensoriales e instrumentales se realizó de acuerdo al programa integral de manejo de residuos sólidos de la Universidad de Antioquia.

## 9. CONCLUSIONES

Las etapas del proceso tecnológico (recepción del maíz, cocción, filtrado, molido, amasado, moldeo, horneado, enfriamiento, empaque, almacenamiento) tienen incidencia en las características sensoriales e instrumentales de textura.

El tiempo de duración de la arepa empacada en polietileno de baja densidad a 7°C obtuvo calidad sensorial alta hasta el día 25 y la arepa empacada al vacío hasta el día 51. A 10 °C la arepa empacada en polietileno obtuvo calificación en calidad alta hasta el día 15 y en empaque al vacío hasta el día 23. Lo que indica que el empaque al vacío efectivamente aumenta el tiempo de duración del producto y a medida que se aumenta la temperatura el tiempo de duración disminuye.

A nivel de evaluación sensorial se obtiene que a 7°C, la arepa en empaque de polietileno es más dura, es más crujiente y presenta mayor calidad sensorial.

Con la evaluación realizada por texturómetro, se obtiene que la arepa envasada al vacío a 7°C, presenta mayor dureza y adhesividad entre los tiempos t1 - t4, Los atributos texturales gomosidad, masticabilidad, realizados por equipo tienen un comportamiento similar debido a que están en función de la dureza.

Al realizar la correlación de Pearson a nivel instrumental, se obtiene relación directa entre dureza - gomosidad (0,91), a nivel sensorial crujiente con calidad general (0,64).

Cuando se aplican los análisis de componentes Principales, se obtiene que hay correlación directa entre blando (0.431) elasticidad (0.396).

En las correlaciones canónicas se obtiene que las variables relacionadas a nivel sensorial son adhesivo (0.63) - blando (0.46) y a nivel instrumental Cohesividad (0.67) – limite elástico (0.57)

En las observaciones emitidas por los jueces entrenados al realizar la textura visual del producto, indicaron que la arepa empacada al vacío presentó superficie brillante, más cohesividad y textura apelmazada.

Al realizar las mediciones instrumentales de las arepas empacadas al vacío, ubicadas a los extremos del empaque, se observó que el dato reportado era mayor que los datos de las arepas ubicadas en el centro del empaque.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Maíz Producción Mundial 2013 [en línea]. [Consultado el 13 de octubre de 2013]. Disponible en <http://www.agropanorama.com/news/Produccion-Mundial-de-Maíz.htm>
2. El maíz blanco: Un grano alimentario tradicional en los países en desarrollo Estudio realizado conjuntamente por el Servicio de Productos Alimenticios Básicos, Dirección de Productos Básicos y Comercio de la FAO y CIMMYT. México: FAO; 1997. 22 p. ISBN 92-5-303882-9.
3. El maíz en la nutrición humana. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma: FAO; 1993. (Colección FAO: Alimentación y nutrición, N°25) ISBN 92-5-303013-5. [En línea]. [Consultado el 13 de octubre de 2014]. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/T0395E/T0395E05.htm>
4. Producción de maíz blanco para la industria. Financiera rural. 1 ed. México: S.L; 2006. p.189. [En línea]. [Consultado el 13 de octubre de 2014]. Disponible en:  
[http://dide.financierarural.gob.mx/MaterialesDidacticos/Documents/2007/6\\_maiz\\_blanco\\_final.pdf](http://dide.financierarural.gob.mx/MaterialesDidacticos/Documents/2007/6_maiz_blanco_final.pdf)
5. MALACARNE, María F. SAN VICENTE G, Félix M. Patrones heteróticos de líneas tropicales blancas de maíz. En: Revista científica Agronomía Tropical 53. p. 437-456. Venezuela 2003.
6. ORTEGA ALEMÁN, Eveling del Carmen; COULSON ROMERO Adrián Jim; ORDÓÑEZ ARGUETA, Lastenia Irene; PACHÓN Helena. Efectos de la ingesta de maíz de alta calidad de proteína (QPM) versus maíz convencional en el crecimiento y la morbilidad de niños nicaragüenses desnutridos de 1 a 5 años de edad. En: Archivos latinoamericanos de nutrición Órgano Oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición 2008, Vol. 58 N° 4,.p.377-385
7. MARÍN Paula Andrea; DE LEÓN, Carlos; ACOSTA Z., Harold. Características Físico-Químicas, Organolépticas y Reológicas de Arepas Procesadas a partir

- de Maíces de Alta Calidad Proteica (QPM). En: Ingeniería y competitividad. Octubre de 2003, Vol. 5, No. 1.p.36-43.
8. Cadena Productiva del Maíz Industrias de Alimentos Balanceados y Harina de Maíz Superintendencia de Industria y Comercio. [En línea]. [Consultado el 13 de octubre de 2014]. Disponible en: <http://www.sic.gov.co/drupal/masive/datos/Cadena%20productiva%20del%20ma%C3%ADz.pdf>
  9. El cultivo del maíz, historia e importancia. En: Revista el cerealista FENALCE. Mayo – junio 2010, p.10-19..
  10. Indicadores cerealistas FENALCE 2014 A. [en línea]. [Consultado el 13 de octubre de 2013]. Disponible en: [http://www.fenalce.org/nueva/plantillas/arch\\_down\\_load/Ind.\\_Cerealista\\_2014A.pdf](http://www.fenalce.org/nueva/plantillas/arch_down_load/Ind._Cerealista_2014A.pdf).
  11. NORMA TÉCNICA COLOMBIANA 5372. Arepas de maíz refrigeradas. Bogotá: Instituto Colombiano de Normas Técnicas ICONTEC, 2007.
  12. INSTITUTO COLOMBIANO DE BIENESTAR FAMILIAR. Encuesta Nacional de la Situación Nutricional en Colombia en 2005. 2005. 1 ed. Bogotá: ENSIN, noviembre de 2006. ISBN 958-XXX-XXX-X
  13. IMBACHÍ NARVÁEZ, Paola Catalina; GUTIÉRREZ, Dayron; ORTIZ, Darwin; PACHÓN, Helena. Evaluación del valor nutricional de recetas típicas elaboradas con maíz común y biofortificado en el Departamento del Cauca, Colombia. En: Salud pública de México julio-agosto de 2010, vol. 52, No. 4, p.305-314.
  14. INSTITUTO COLOMBIANO DE BIENESTAR FAMILIAR. Encuesta Nacional de la Situación Nutricional en Colombia en 2010. Ministerio de la Protección social. 1 ed. Bogotá, ENSIN 2010, ISBN 978-958-623-112-1
  15. ARBOLEDA MONTOYA, Luz M. Dinámicas y estrategias alimentarias instauradas en hogares de Medellín. En: Revista Facultad Nacional de Salud

Pública, Universidad de Antioquia. septiembre-diciembre, 2014, vol. 32, No. 3, p.282-289.

16. Nacional de Salud Pública, Universidad de Antioquia. 2006. p.216.
17. LOZANO G, Rolando. Arepas precocidas les han quitado 30% del mercado a las producidas de manera tradicional, en Portafolio.co. 14 de marzo de 2009. MARTINEZ Á, Olga L; ARCILA G. Maria, P. Factores relacionados con la presencia de aflatoxinas en la fabricación de la arepa delgada de maíz blanco en dos industrias de Medellín y su área metropolitana. Medellín: Facultad [En línea]. [Consultado el 13 de octubre de 2013]. Disponible en:[http://www.portafolio.co/detalle\\_archivo/CMS-4877848](http://www.portafolio.co/detalle_archivo/CMS-4877848)
18. CORPAS I, Eduardo J., TAPASCO A. Omar A. EVALUACIÓN DE MOHOS EN AREPAS REFRIGERADAS UTILIZANDO DIFERENTES CONSERVANTES Vitae 19 (Supl. 1); S99 - 2012
19. SILVA CASTRO, Carlos. Maíz Genéticamente modificado. 1 ed. Octubre 2005. Bogotá D.C.: .AGRO-BIO.p.61.
20. ASTURIAS, Miguel Ángel. Maíz de alimento sagrado a negocio del hambre. Acción Ecológica. Red por una América latina libre de transgénicos. Quito-Ecuador. 2004,. p.113
21. SERRATOS, H. José Antonio. El origen y la diversidad del maíz en el continente americano. México: Universidad Autónoma de la Ciudad de México, 2009. p. 36
22. FENALCE Colombia. Perspectivas del Cultivo del maíz. Departamento de información Económica y estadística. Bogotá, 2012
23. Manual FAO Manejo de poscosecha de granos a nivel rural. [En línea]. [Consultado el 29 de abril de 2014]. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/X5027S/x5027S01.htm>

24. Monografía del Maíz. Comisión Veracruzana de comercialización agropecuaria. Marzo 31 de 2011 [Consultado el 10 de octubre de 2014]. Disponible en: <http://portal.veracruz.gob.mx/pls/portal/docs/PAGE/COVECAINICIO/IMAGENES/ARCHIVOSPDF/ARCHIVOSDIFUSION/TAB4003236/MONOGRAFIA%20MAIZ2011.PDF>
25. CRUZ, Oscar. Manual para el Cultivo del Maíz en Honduras. Programa Nacional de Maíz – DICTA Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria. Honduras: Tegucigalpa, 2013.
24. FENALCE Colombia. Aspectos técnicos de la producción de maíz en Colombia 2012. Bogotá,. p. 222.
25. BONILLA MORALES, Nevio. Manual de recomendaciones cultivo de maíz (Zea mays). San José de Costa Rica: Instituto Nacional de Innovación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria, 2009.
26. Densidad de siembra para maíz. [En línea]. [Consultado el 20 de abril de 2014]. Disponible en <http://semillastodoterreno.com/2011/05/densidad-de-siembra-para-maíz/>
27. Manual FAO para mejorar los sistemas de limpieza, secado y almacenamiento de granos de los pequeños agricultores. [en línea]. [consultado el 29 de abril de 2012]. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/X5027S/x5027S01.htm>
28. Descripción global del proceso trilla. [En línea]. [Consultado el 26 de abril de 2014]. Disponible en [http://www.tecnologiaslimpias.org/html/central/311604/311604\\_glob.htm](http://www.tecnologiaslimpias.org/html/central/311604/311604_glob.htm)
29. TORRES M. Karla. Optimización de la etapa de hidrólisis ácida en el proceso de fosfatación de almidón por extrusión para la encapsulación de aceite esencial de naranja. México: Universidad Autónoma Del Estado De Hidalgo. Pachuca De Soto-Hidalgo. 2007. p. 101

30. TOVAR B. Tomas. "Caracterización morfológica y térmica del almidón de maíz (*zea mays l*) obtenido por diferentes métodos de aislamiento. México: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Pachuca de Soto-Hidalgo, 2008.
31. GRANDE TOVAR, Carlos David; OROZCO COLONIA, Brigitte Sthepani. Producción y procesamiento del maíz en Colombia. En: Revista Científica Guillermo de Ockham. Enero - junio de 2013, Vol. 11, No. 1. - ISSN: 1794-192X. p. 97-11
32. Variedades de maíz Fenalce [en línea]. [Consultado el 20 de abril de 2012]. Disponible en [http://www.fenalce.org/pagina.php?p\\_a=46](http://www.fenalce.org/pagina.php?p_a=46)
33. Características del maíz [en línea]. [Consultado el 20 de abril de 2012]. Disponible en [http://www.regmurcia.com/servlet/s.SI?sit=c,543,&r=ReP-23491-DETALLE\\_REPORTAJES-](http://www.regmurcia.com/servlet/s.SI?sit=c,543,&r=ReP-23491-DETALLE_REPORTAJES-)
34. CIEZA DE LEON, Pedro. Crónica del Perú señorío de los incas. Fundación Biblioteca Ayacucho. Venezuela 2005. ISBN 980-276-395-0
35. ESTRADA OCHOA, Julián. Tribulaciones sobre la arepa. ¿Tienen futuro la cocinas campesinas?. En: Universo Centro No 31 febrero de 2012. [En línea]. [Consultado el 13 de octubre de 2014]. Disponible en <http://www.universocentro.com/NUMERO31/Tribulacionessobrelaarepa.aspx>
36. LUCENA S. Manuel. El Maíz - Capítulo I Biblioteca Virtual Luis Angel Arango. Banco de la Republica [En línea]. [Consultado el 13 de octubre de 2014]. Disponible en: <http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/historia/lucena/zeamays/zeamays7b.htm>,
37. RESTREPO M. Cecilia. Historia de la cocina y la gastronomía [En línea]. [Consultado el 13 de octubre de 2014]. Disponible en <http://www.historiacocina.com/es/arepa>
38. BEJARANO GONZÁLEZ, Bernardo. La arepa el pan nuestro. [En línea]. [Consultado el 13 de octubre de 2014]. Disponible en: <http://www.lopaisa.com/arepa.html>

39. Descripción de la arepa de maíz blanco trillado de origen Colombiano en FAO. [En línea]. [Consultado el 13 de octubre de 2014]. Disponible en: <http://www.rlc.fao.org/es/conozca-fao/que-hace-fao/estadisticas/Tabla-de-composicion-de-alimentos/busqueda-de-alimentos/?clave=A027&buscar=&pais=0&submit=Buscar>
40. COLOMBIA MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. Decreto 4525: Organismos Vivos Modificados. (dic 6 2005). Bogotá: El Ministerio,2005.
41. COLOMBIA. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL Resolución ICA 00464:2007 se autorizan siembras controladas de maíz con la tecnología Bt Herculex I (TC-1507). Bogotá: El Ministerio; 2005.
42. ICA. Resolución del ICA 00465: 2007. Se autorizan siembras controladas de maíz con la tecnología. [en línea] [Consultado el 13 de octubre 2014]. Disponible en: <http://www.ica.gov.co/getattachment/edc8350a-a36e-4980-a5e7-6e9608c47ba3/465.aspx>
43. Informe final Convenio interadministrativo de asociación suscrito entre el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo territorial y la Universidad Nacional de Colombia, 2010. Bogotá: El Ministerio, Universidad Nacional de Colombia, 2011 [En línea]. [Consultado el 13 de octubre de 2014]. Disponible en: <http://www.conalgodon.com/sites/default/files/Convenio%20interadministrativo%20de%20asociaci%C3%B3n%20suscrito%20entre%20el%20Ministerio%20de%20ambiente,%20vivienda%20y%20desarrollo%20territorial%20y%20la%20Universidad%20Nacional%20de%20Colombia,%202010.pdf>
44. XXIV Congreso Nacional de Cerealista y de Leguminosas: casos éxitos en en la industria. [en línea]. [consultado 13 de octubre 201]. Disponible en: [http://www.fenalce.org/nueva/pg.php?pa=7&busca\\_r=s&a\\_bus=semillas+maíz](http://www.fenalce.org/nueva/pg.php?pa=7&busca_r=s&a_bus=semillas+maíz)

45. NORMA TÉCNICA COLOMBIANA 366. Maíz en grano para consumo. Bogotá: Instituto Colombiano de Normas Técnicas ICONTEC, 1999.
46. OMS. CODEX ALIMENTARIUS: Normas Internacionales de los Alimentos CODEX STAN 153:1985 Norma del Codex para El Maíz. Genova:OMS, 2014
47. Descripción del maíz blanco trillado de origen Colombiano en FAO. [En línea]. [Consultado el 13 de octubre de 2014]. Disponible en: <http://www.rlc.fao.org/es/conozca-fao/que-hace-fao/estadisticas/Tabla-de-composicion-de-alimentos/busqueda-de-alimentos/?clave=A432&buscar=&pais=0&submit=Buscar>
48. Experiencias en el Cultivo del Maíz en el Área Andina. Volumen III. IICA - PROCIANDINO Quito – Ecuador. 1995 [En línea]. [Consultado el 13 de octubre de 2014]. Disponible en: [books.google.com.co/books?id=kYonZtsVm5QC](http://books.google.com.co/books?id=kYonZtsVm5QC)
49. VACLAVIK, Vickie A. Fundamentos de la ciencia de los alimentos. Editorial Acribia S., 2002,. p. 147. ISBN 84-200-0976-8.
50. BADUI D. Salvador. Química de los Alimentos. 4 ed. México: Pearson educación, 2006,.p. 736. ISBN 9702606705.
51. GARCÍA IGLESIAS, Esther; GAGO CABEZAS, Lara; FERNÁNDEZ NUEVO, José Luis. Tecnologías de envasado en atmósfera protectora. 2006 [En línea]. [Consultado el 18 de octubre de 2014]. Disponible en: [http://www.madrimasd.org/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/vt/vt3\\_tecnologias\\_de\\_envasado\\_en\\_atmosfera\\_protectora.pdf](http://www.madrimasd.org/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/vt/vt3_tecnologias_de_envasado_en_atmosfera_protectora.pdf)
52. ROBERTSON, Gordon L. Food Packaging Principles and practice. 2 ed. Australia: CRC Press. p. 550, 2006.
53. NORMA TÉCNICA COLOMBIANA 4489 Análisis sensorial. Perfil de Textura. 1998, Bogotá, D.C.: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC 1998, p. 22.

54. TAMARIT P, Y., Caracterización de la textura sensorial e instrumental del camarón de cultivo *Litopenaeus vannamei* en la camaronera de Tunas de Zaza. Cuba: Universidad de La Habana, 2008,. p. 73.
55. Principios y teoría de la texturometría. [En línea]. [Consultado el 06 de noviembre de 2013]. [En línea]. [Consultado el 18 de octubre de 2014]. Disponible en: <http://www.metrotecgrou.com>
56. RODOUT, Alain Claude. Reología y análisis de la textura de los alimentos. S.C: Editorial Acribia S.A., 2004,.p. 299. ISBN 84-200-1038-3.
57. Rosenthal, Andrew J. B Tech. Textura de los alimentos Medida y percepción. S.C.: Editorial Acribia, 2001.p. 299. ISBN 84-200-0950-4.
58. LEÓN PELAEZ, Ángela María. Estudio de la capacidad de los microorganismos del kéfir, para inhibir el desarrollo fúngico y para secuestrar micotoxinas. Argentina: Universidad Nacional de la Plata, 2013.
59. FAO. Manual de manejo poscosecha de granos a nivel rural. [en línea] [Consultado 13 de octubre de 2014]. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/x5027s/x5027S0k.htm>
60. FENNEMA, Owen R. Química de los alimentos. 2 ed. S.C.: Editorial Acribia, 2000, p.1258. ISBN 9788420009148.
61. PALMA-RODRÍGUEZ, H.P., AGAMA-ACEVEDO, E., GONZÁLEZ-SOTO, R.A., Bello-Pérez, L.A. Efecto del tamaño del granulo en la modificación química del almidón. XII Congreso nacional de ciencia y tecnología de alimentos. Guanajuato, Gto. 2010
62. AGAMA ACEVEDO, Edith. Juárez García, Erika. et al. Características del almidón de maíz y relación con las enzimas de su biosíntesis. En: Agrociencia. Enero - febrero 2013. Vol. 47.

63. CORAL, Diego Fernando. Influencia el Hidróxido de Calcio en las propiedades fisicoquímicas del almidón de Maíz. Manizales: Universidad Nacional De Colombia, 2010
64. BELLO PÉREZ, Luis A., OSORIO DÍAZ Perla. et al. Propiedades químicas, fisicoquímicas y reológicas de masas y harinas de maíz nixtamalizado. En: Agrociencia. 2002, Vol. 36. No. 3 p.319-328
65. SARROCA GONZÁLEZ, Raúl. TORRES GEMEIL, Manuel. Manipulación y Almacenamiento de Alimentos. Editora Logi. 2010
66. PALMA RODRÍGUEZ, H.P., AGAMA-ACEVEDO, E., GONZÁLEZ-SOTO, R.A., Bello-Pérez, L.A. Efecto del tamaño del granulo en la modificación química del almidón. XII Congreso nacional de ciencia y tecnología de alimentos. Guanajuato, Gto. 2010
67. Norma ASTM E2454, 2009. Guía estándar para métodos de evaluación sensorial determinar la vida en el estante de los productos al consumidor.
68. OSPINA M. Silvia M, CARTAGENA V. José R. La atmósfera modificada: una alternativa para la conservación de los alimentos. Revista Lasallista de Investigación, Corporación Universitaria Lasallista Colombia. Vol. 5, Núm. 2, julio-diciembre, pp. 112-123, 2008.
69. ARAMBULA V. Gerónimo, BARRON A. Laura, GONZALEZ H. J., MORENO M. Ernesto, LUNA B. Gabriel. Efecto del tiempo del cocimiento y reposo del grano de maíz (*Zea mays* L.) nixtamalizado, sobre las características fisicoquímicas, reológicas, estructurales y texturales del grano, masa y tortilla de maíz. Archivos latinoamericanos de nutrición. Vol. 51. N°2, pp187-194. 2001.
70. RESTREPO F. C., et al. Efecto del empaçado en atmosferas modificadas para la conservación en arepa de maíz. Revista Lasallista de Investigación, Corporación Universitaria Lasallista Colombia, Vol. 9, Núm. 2, julio-diciembre, pp. 102-111, 2012
71. GONZÁLEZ Andrea, CÁEZ Gabriela, MORENO Fabián, RODRÍGUEZ Natalia, SOTELO Indira. Análisis combinado acústico-mecánico durante el almacenamiento de cebolla (*allium fistulosum*) mínimamente procesada. Scientia Agropecuaria 2, Universidad Nacional de Trujillo, pp. 117 – 122. 2012.

72. MONTROYA Jorge. Estudio de propiedades fisicoquímicas de harina de maíz blanco ref. Dk 777 y amarillo ref. Pioneer 30f80. Universidad de Colombia. Facultad de ciencias exactas. Pp59. 2008.
73. (GASCA Mancera; CASAS Alencáster. Adición de harina de maíz nixtamalizado a masa fresca de maíz nixtamalizado. Efecto en las propiedades texturales de masa y tortilla. REVISTA MEXICANA DE INGENIERÍA QUÍMICA Vol. 6, No. 3. pp. 317-328. 2007