

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO
NARRO**

**DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERÍA EN
CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**



**CONSUMO, PREFERENCIA Y CARACTERIZACIÓN SENSORIAL
DESCRIPTIVA DE TORTILLA DE HARINA APLICANDO FLASH
PROFILE**

POR

SANJUANA RODRÍGUEZ NORIEGA

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO

AGOSTO 2020

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
PROGRAMA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

**CONSUMO, PREFERENCIA Y CARACTERIZACIÓN SENSORIAL
DESCRIPTIVA DE TORTILLA DE HARINA APLICANDO FLASH PROFILE**

POR:

Sanjuana Rodríguez Noriega

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

La cual fue revisada y aprobada por:



Dra. Xochitl Ruelas Chacón

Director



Dr. José Juan Buenrostro Figueroa

Codirector

Saltillo, Coahuila, México

Agosto del 2020

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
PROGRAMA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

**CONSUMO, PREFERENCIA Y CARACTERIZACIÓN SENSORIAL
DESCRIPTIVA DE TORTILLA DE HARINA APLICANDO FLASH PROFILE**

POR:

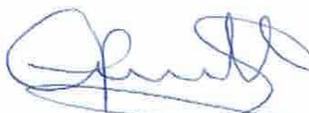
Sanjuana Rodríguez Noriega

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de
INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

La cual fue revisada y aprobada por:

COMITÉ ASESOR



Dra. Xochitl Ruelas Chacón
Asesor principal



Dr. José Juan Buenrostro Figueroa
Co-asesor



M.C. Oscar Noé Reboloso Padilla
Co-asesor



Dr. José Dueñez Alanís
Coordinador de la División de Ciencia Animal

Saltillo, Coahuila, México



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
PROGRAMA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

**CONSUMO, PREFERENCIA Y CARACTERIZACIÓN SENSORIAL
DESCRIPTIVA DE TORTILLA DE HARINA APLICANDO FLASH PROFILE**

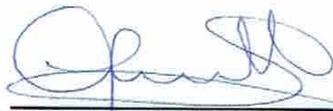
POR:

Sanjuana Rodríguez Noriega

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de
INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

JURADO CALIFICADOR



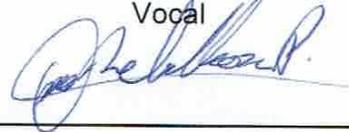
Dra. Xochitl Ruelas Chacón
Presidente



Dr. José Daniel Corona Flores
Vocal



Dr. José Juan Buenrostro Figueroa
Vocal



M.C. Oscar Noé Reboloso Padilla
Vocal

Saltillo, Coahuila, México

Agosto del 2020

AGRADECIMIENTOS

Agradezco infinitamente a la vida y al creador de esta ya que sin ella no hubiera llegado a este momento.

Me siento profundamente agradecida con las personas que me han inspirado y brindado de su tiempo, especialmente:

A mis padres, Marcelina Noriega Dimas y Jorge Rodríguez Rivera, por compartir generosamente su sabiduría, amor y cariño en mis distintas etapas de la vida.

A mis Hermanos, por brindarme su apoyo y compañía, Teresa, Jorge y María Herlinda.

A mis amigos, por aparecer en mi vida llenarme de felicidad y experiencias incomparables, Gisselle, Gilberto, Rosa María, Mariana, Larissa, Raúl, Keneth, Laura Angélica, Olga.

A mis maestros, por brindarme sus conocimientos y aprendizajes especialmente a la Dra. Xochitl Ruelas Chacón, por tener paciencia y brindarme tiempo para poder realizar este trabajo ya que sin su participación no será esto posible, Muchas gracias.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a todas las personas involucradas en mi vida que me han inspirado y aportado vibra positiva ya que el mundo está lleno de aprendizajes y todos son importantes para mí.

A mis padres

Jorge y Marcelina

A mis Hermanos

Teresa, Jorge, María Herlinda

A mis amigos

Gisselle, Gilberto, Rosa María, Mariana, Larissa

A mis maestros

A todos lo que aprecio y admiro en esta vida.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁG
AGRADECIMIENTOS.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
ÍNDICE GENERAL.....	iv
ÍNDICE DE CUADROS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
RESUMEN.....	xiii

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivos.....	3
1.1.1. General.....	3
1.1.2. Específicos.....	3
1.2. Hipótesis.....	3
1.3. Justificación.....	3

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN LITERARIA.....	4
2.1. Generalidades del trigo.....	4
2.1.1. El trigo.....	4

2.1.2. Características de la planta	4
2.1.3. Estructura del grano de trigo	5
2.1.4. Producción del trigo en México.....	6
2.1.5. Sub-productos del trigo.....	7
2.1.6. Aspectos nutricionales de la harina de trigo.....	7
2.1.7. Generalidades de la harina de trigo.....	8
2.1.7.1. El almidón.....	8
2.1.7.2. El gluten.....	9
2.2. Antecedentes de la tortilla.....	9
2.3. Consumo de la tortilla de harina en México.....	10
2.4. Definición de la tortilla.....	10
2.5. Ingredientes principales para la elaboración de tortillas de harina.....	10
2.5.1. Harina.....	12
2.5.2. Agua.....	12
2.5.3. Levadura.....	12
2.5.4. Azúcar o sal.....	12
2.5.5. Materia grasa.....	13
2.6. Procesamiento de elaboración de las tortillas.....	13
2.6.1. Mezclado de ingredientes o amasado.....	14
2.6.2. Reposo.....	14
2.6.3. Formado.....	14
2.6.4. Fermentación.....	14
2.6.5. Cocción.....	14

2.7. Importancia de la evaluación sensorial.....	15
2.8. Evaluación sensorial.....	15
2.9. Tipos de panelista.....	16
2.10. Caracterización sensorial de alimentos.....	16
2.11. Pruebas sensoriales.....	17
2.11.1. Pruebas discriminativas.....	18
2.11.2. Pruebas afectivas o hedónica.....	18
2.11.3. Pruebas descriptivas.....	18
2.11.3.1. Análisis cuantitativo descriptivo (QDA).....	19
2.11.3.2. Análisis de componentes principales (PCA).....	19
2.11.4. Métodos sensoriales rápidos.....	20
2.11.4.1. Perfil de libre elección (FCP).....	20
2.11.4.2. Perfil de flash.....	21

CAPÍTULO III

3.1. METODOLOGÍA.....	23
3.1. Materiales.....	23
3.2. Métodos.....	24
3.2.1. Aplicación de cuestionarios.....	24
3.2.2. Desarrollo de la técnica flash profile (FP).....	25

CAPÍTULO IV

4.1. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	27
4.1. Análisis de encuestas realizadas.....	27
4.1.1. Rangos de edades de la población estudiada.....	27
4.1.2. Enfermedades encontradas en el estudio.....	27
4.1.3. Tipos de marcas consumidas.....	29
4.1.4. Tipo de tortilla.....	30
4.1.5. Frecuencia de consumo.....	31
4.2. Análisis de atributos obtenidos.....	33
4.2.1. Rollabilidad.....	33
4.2.2. Grosor.....	34
4.2.3. Suavidad.....	35
4.2.4. Olor a harina.....	37
4.2.5. Rugosidad.....	37
4.2.6. Dulzor.....	38
4.2.7. Salinidad (Sabor a sal).....	39
4.2.8. Apariencia con ojos.....	40
4.2.9. Esponjosidad.....	41
4.2.10. Sabor a harina.....	42
4.2.11. Elasticidad.....	43
4.2.12. Olor dulce.....	44
4.2.13. Gomosidad.....	45
4.2.14. Homogeneidad.....	46

4.2.15. Olor a mantequilla.....	47
4.2.16. Apariencia delgada.....	48
4.2.17. Sabor a grasa.....	49
4.2.18. Apariencia a grasa.....	50
4.2.19. Apariencia tostada.....	51
4.2.20. Olor salado.....	52
4.2.21. Olor a grasa (vegetal).....	53
4.2.22. Apariencia cruda.....	54
4.3. Análisis de componentes principales (APC).....	55

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIÓN.....	65
--------------------	----

CAPÍTULO VI

6. BIBLIOGRAFÍA.....	66
----------------------	----

CAPÍTULO VII

7. ANEXOS.....	75
----------------	----

ÍNDICE DE CUADROS

CONTENIDO	PÁG
Cuadro 1. Principales estados productores de trigo.....	6
Cuadro 2. Composición nutricional de la harina de trigo.....	8
Cuadro 3. Ingredientes para la formulación de harinas de trigo.....	11
Cuadro 4. Materiales utilizados.....	23
Cuadro 5. Tratamientos para el perfil flash.....	25
Cuadro 6. Frecuencia de los atributos obtenidos.....	26
Cuadro 7. Perfil fisicoquímico de tortilla de harina.....	32
Cuadro 8. Correlaciones entre dimensiones en la configuración de consenso inicial y los factores.....	56

ÍNDICE DE FIGURAS

CONTENIDO	PÁG
Figura 1. Estructura general del grano de trigo.....	4
Figura 2. Composición del grano de trigo.....	5
Figura 3. Diagrama de proceso de producción de una tortilla en prensa.....	13
Figura 4. Impacto sensorial en el comportamiento humano.....	15
Figura 5. Tipos de pruebas sensoriales.....	17
Figura 6. Escala de atributos obtenidos.....	22
Figura 7. Ejemplo de acomodo de datos en hoja de cálculo.....	22
Figura 8. Boceto de preguntas realizadas en el estudio.....	24
Figura 9. Rangos de edad de las personas encuestadas.....	27
Figura 10. Enfermedades encontradas en la población encuestada.....	28
Figura 11. Procedencia de las tortillas que consume la población evaluada.....	30
Figura 12. Tipos de tortilla de harina consumidas.....	30
Figura 13. Frecuencia de consumo de tortilla de harina.....	32
Figura 14. Frecuencia del atributo “rollabilidad” en las muestras de tortilla de harina evaluadas.....	34
Figura 15. Frecuencia del atributo “grosor” en las muestras de tortilla de harina evaluadas.....	35
Figura 16. Frecuencia del atributo “suavidad” en las muestras de tortilla de harina evaluadas.....	36

Figura 17. Frecuencia del atributo “olor a harina” en las muestras evaluadas.....	37
Figura 18. Frecuencia del atributo “rugosidad” en las muestras evaluadas.....	38
Figura 19. Frecuencia del atributo “dulzor” en las muestras evaluadas.....	39
Figura 20. Frecuencia del atributo “salinidad” en las muestras evaluadas.....	40
Figura 21. Frecuencia del atributo “aparencia con ojos” en las muestras evaluadas.....	41
Figura 22. Frecuencia del atributo “esponjosidad” en las muestras evaluadas.....	42
Figura 23. Frecuencia del atributo “Sabor a harina” en las muestras evaluadas.....	43
Figura 24. Frecuencia del atributo “Elasticidad” en las muestras evaluadas.....	44
Figura 25. Frecuencia del atributo “olor dulce” en las muestras evaluadas.....	45
Figura 26. Frecuencia del atributo “gomosidad” en las muestras evaluadas.....	46
Figura 27. Frecuencia del atributo “homogeneidad” en las muestras evaluadas.....	47
Figura 28. Frecuencia del atributo “olor a mantequilla” en las muestras evaluadas.....	48

Figura 29. Frecuencia del atributo “apariencia delgada” en las muestras evaluadas.....	49
Figura 30. Frecuencia del atributo “sabor a grasa” en las muestras evaluadas.....	50
Figura 31. Frecuencia del atributo “apariencia a grasa” en las muestras evaluadas.....	51
Figura 32. Frecuencia del atributo “apariencia tostada” en las muestras evaluadas.....	52
Figura 33. Frecuencia del atributo “olor a salado” en las muestras evaluadas.....	53
Figura 34. Frecuencia del atributo “olor a grasa” en las muestras evaluadas.....	54
Figura 35. Frecuencia del atributo “apariencia a crudo” en las muestras evaluadas.....	55
Figura 36. Mapa sensorial de componentes principales.....	57
Figura 37. Análisis de componentes principales con los descriptores distintivos de las cuatro marcas de tortillas de harina de trigo.....	62
Figura 38. Distribución de las marcas de tortillas de harina de trigo en el análisis de componentes principales.....	63

RESUMEN

Flash profile (FP), es un método de análisis descriptivo, en el cual cada panelista elige sus propios términos para evaluar un producto. En la presente investigación se estableció la preferencia de consumo además de la caracterización sensorial descriptiva de tortilla de trigo mediante la técnica FP. Para ello, se seleccionaron cuatro tipos de tortillas consumidas en la región de Saltillo, Coahuila (dos artesanales, una semi-industrial y una industrial). Se estableció mediante un estudio a la población, que los consumidores prefieren consumir tortillas de harina de trigo sin importar la marca con una preferencia de consumo de tres veces a la semana. Mediante el análisis estadístico ANOVA, realizando la comparación de medias ($p > 0.05$), se generaron y discriminaron atributos. Con base en el análisis de resultados, se demostró que existen diferencias significativas entre cada marca de tortillas de trigo utilizadas, por lo que cada uno se puede correlacionar o atribuir a ciertos factores físicos, químicos o microbiológicos realizados en el proceso de elaboración de las mismas, ya que cada empresa tiene protocolos o estándares establecidos para su elaboración. Los descriptores sensoriales destacados para cada muestra de tortilla se obtuvieron mediante el análisis procrusteano generalizado (GPA), obteniendo 22 atributos entre ellos la rollabilidad, el grosor, la humedad, el dulzor, la consistencia, la cortabilidad, las manchas cafés, el esponjado, el olor salado, el olor dulce, el olor a harina, la redondez, etc. El presente estudio demuestra la viabilidad del FP como una técnica alternativa a las técnicas descriptivas cuantitativas (QDA), para la obtención de un mapa sensorial, sin embargo, para la cuantificación de las características descriptivas de los productos no se podría sustituir al QDA.

Palabras claves: tortilla de harina, evaluación sensorial, flash profile (FP), análisis descriptivo rápido, análisis procrusteano generalizado (GPA), prueba rápida descriptiva

Correo electrónico: sjrdz96@gmail.com (tesista), xruelas@uaaan.edu.mx
xruelas@yahoo.com (asesora principal)

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

La elección de alimentos es un fenómeno complejo, que se ve afectado por muchos factores interrelacionados, como factores fisiológicos, psicológicos, económicos, sociales y culturales (Ares *et al.*, 2017).

Por otra parte, la evaluación sensorial es una disciplina científica utilizada para evocar, medir, analizar e interpretar las reacciones humanas a aquellas características de los alimentos que son percibidos a través de los sentidos de la vista, oído, olfato, gusto y tacto (Mazón *et al.*, 2018). Esta disciplina requiere el uso de personas como instrumentos de medición, quienes evalúan los productos conformando “paneles de evaluadores”. Por lo tanto, el desafío del análisis sensorial es transformar una respuesta humana en un dato objetivo susceptible de tratamiento estadístico (Carduza *et al.*, 2016).

El análisis sensorial contempla tanto la evaluación objetiva como subjetiva de un producto; así, el análisis sensorial objetivo describe diferencias en cuanto a la intensidad de ciertas características de un producto y a su vez puede dividirse en pruebas discriminativas y descriptivas. El análisis sensorial subjetivo contempla el uso de grandes grupos de consumidores a los cuales se les interroga acerca de su preferencia y/o aceptabilidad acerca de un producto (Carduza *et al.*, 2016).

Existe diversidad de pruebas sensoriales y hoy en día constituyen un pilar fundamental que describe las características sensoriales de un producto con la finalidad del diseño y desarrollo de nuevos productos alimenticios. Sin duda, el poder medir en el laboratorio el grado de satisfacción que brindará un determinado producto, nos permite anticipar la aceptabilidad que éste tendrá (Mazón *et al.*, 2018).

En la industria de alimentos, la evaluación sensorial es parte esencial para realizar pruebas de degustación que permitirán tener una idea de las características organolépticas de mayor preferencia para los consumidores, lo cual brinda un panorama de una gran diversidad de atributos existentes en un alimento.

Una de esas pruebas es el perfil de flash (FP) es una técnica desarrollada por Sieffermann, (2000) que combina el perfil de libre elección (William & Langron, 1984) con una evaluación comparativa del conjunto de productos. Este método consiste en pedir a los panelistas que usen sus propios términos descriptivos para clasificar los productos probados de acuerdo con cada uno de estos términos. El hecho de que los panelistas tienen acceso simultáneo a todas las fuerzas del conjunto de muestras, permite enfocarse en las diferencias que perciben para generar los atributos. Este método sensorial ha demostrado ser adecuado para la realización de pruebas discriminativo en productos lácteos, bebidas, productos de ensaladas mixtas listas para comer y variedad de productos cárnicos. Con este novedoso método, se presta más atención al posicionamiento relativo de los productos en lugar de a las puntuaciones de los productos en los atributos separados (Lorido *et al.*, 2018).

Uno de los productos que resaltan en la gastronomía mexicana es la tortilla que forma parte de la identidad culinaria, es un componente básico de los antojitos, acompaña a los platillos festivos y es un suministro consuetudinario en la comida (Calleja *et al.*, 2016). Antes de la llegada de los españoles a América, el cultivo y el consumo de maíz formaba parte de la subsistencia de los diversos pueblos, mas sin embargo con la conquista se introducen variedad de cultivos entre ellos el trigo (Calleja *et al.*, 2016).

México es el principal consumidor de tortilla en el mundo, pues se estima que es consumida por el 94% de la población, por lo que el volumen de producción y consumo es cercano a los 12 millones de toneladas por año, lo que representa un porcentaje importante entre los productos alimentarios comercializados en el país. Cabe señalar que es un alimento de suma importancia en la alimentación de diversos países de Centroamérica (Figuroa *et al.*, 2012).

La siguiente investigación realizó la evaluación sensorial de distintas muestras de tortillas de harina de trigo utilizando el novedoso método FP, con la finalidad de determinar algunas características sensoriales que contribuyen estrechamente a la elección del producto.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo General

Establecer las preferencias del consumo y la caracterización sensorial descriptiva de la tortilla de harina mediante la técnica Flash Profile.

1.1.2. Objetivos específicos

- Determinar algunas preferencias del consumo de la tortilla de harina.
- Caracterizar sensorialmente la tortilla de harina empleando la técnica rápida y dinámica de Flash Profile.

1.2. HIPÓTESIS

La utilización de las pruebas sensoriales descriptivas rápidas como el flash profile en tortilla de trigo aportará un panorama amplio de las características sensoriales de calidad de mayor importancia y relevancia.

1.3. JUSTIFICACIÓN

La evaluación sensorial constituye una valiosa herramienta formando parte del control de calidad en los productos alimenticios. Es una ciencia multidisciplinaria que con ayuda de los sentidos humanos anticipa la aceptación de los productos dentro del mercado, además de garantizar diseño y restructuración de nuevos productos. Con ayuda de los evaluadores se pueden describir las características de mayor agrado en los productos lo que es de importancia para la industria ya que brinda un panorama amplio de lo que se desea.

La tortilla de trigo es un producto muy conocido apreciado por color, sabor, aroma y textura entre los pobladores mexicanos consumidores por lo que propósito de esta investigación es caracterizar la preferencia de consumo de la tortilla de trigo además de evaluar sensorialmente mediante la técnica flash profile (FP), caracterizando los atributos de mayor relevancia que influye en la calidad de la misma.

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN LITERARIA

2.1. Generalidades del trigo

2.1.1. Trigo

Trigo es el término que designa al conjunto de cereales que pertenecen al género *Triticum*. Es uno del cereal más producido a nivel mundial y sus derivados son de suma importancia en la alimentación humana (Carrasco *et al.*, 2019).

La palabra trigo proviene del latín *Triticum* cuyo significado es quebrado o triturado y se refiere al proceso de separación de la semilla y su cascarilla. El grano de trigo se puede transportar y almacenar de manera sencilla, utilizándose para diversos productos como harina, harina integral, sémola, y malta, los cuales constituyen la materia prima para la elaboración de otra gran variedad de productos alimenticios (Castillon *et al.*, 2017).

2.1.2. Características de la planta

La planta de trigo puede llegar a medir entre 30 y 180 cm de alto tiene un tallo recto y presenta nudos, la mayoría contiene 6, la espiga suele ser color marrón y corta. El grano de trigo es color marrón, mide 8 mm y pesa 35 mg aproximadamente la longitud puede variar dependiendo el tipo; las cubiertas de los frutos y semillas envuelven el tejido nutritivo, el endospermo y el germen del grano (Castillon *et al.*, 2017). En la figura 1, se puede observar la estructura general del grano trigo (Vilchis *et al.*, 2019).

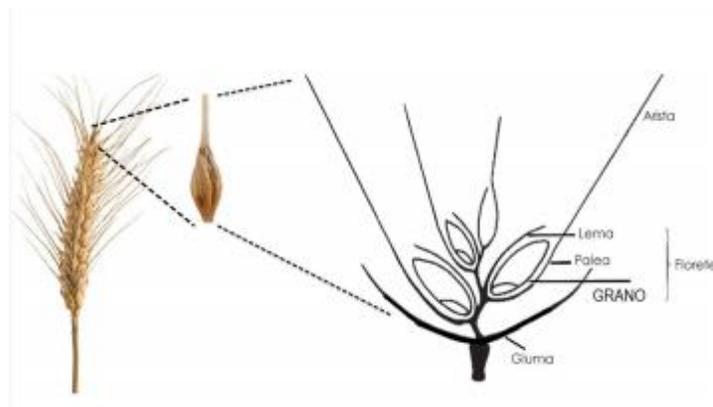


Figura 1. Estructura general del grano de trigo (Vilchis *et al.*, 2019).

2.1.3. Estructura del grano de trigo

El grano de trigo o la cariopsis se pueden dividir aproximadamente en 3 partes: el endospermo, el germen y múltiples capas externas histológicas (es decir, pericarpio externo e interno, capa de semilla y epidermis nucelar), comúnmente denominado salvado botánico (Hemdane *et al.*, 2016). En la figura 2, se observa la composición del grano de trigo (Castillon *et al.*, 2017).

El endospermo es el principal y más importante componente del grano, al representar entre 82-85% de su peso. Se caracteriza por su elevado contenido de almidón (el cual se deposita a manera de gránulos que conforman la mayor proporción de endospermo) y moderadamente alto de proteína. El pericarpio comprende aproximadamente el 5% del grano y consiste en aproximadamente 6% de proteína, 2% de cenizas, 20% de celulosa y 0.5% de lípidos, el resto son polisacáridos sin almidón. El germen constituye entre el 2.5–3.5% del peso del grano y se encuentra adherido o embebido parcialmente (en la base del grano) al endospermo a través del escudillo el cual (junto con el epitelio) conforma el único cotiledón de las gramíneas. El germen no contiene almidón, pero en contraste es alto en lípidos (16%), proteínas (25%), minerales (5%) y azúcares solubles (18%). Posee buena proporción de vitaminas B y E, y genera la mayoría de las enzimas involucradas en el proceso de germinación (Vilchis *et al.*, 2019).

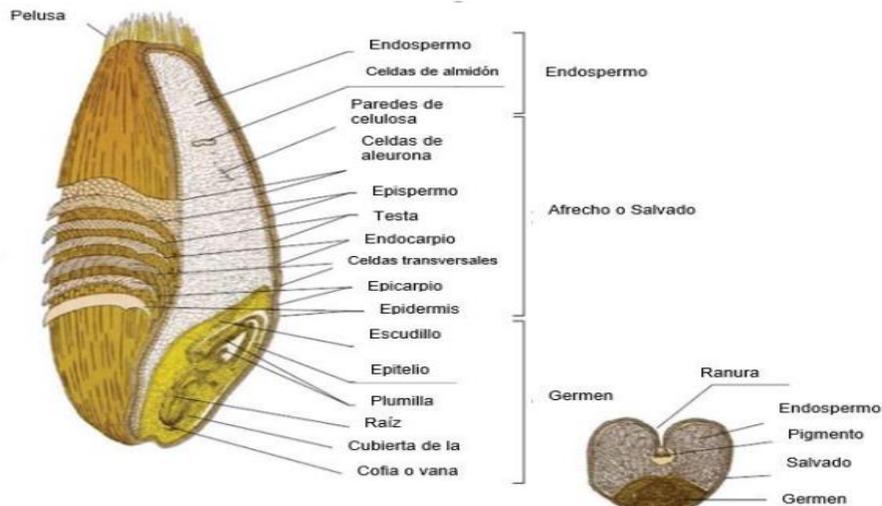


Figura 2. Composición del grano de trigo (Castillon *et al.*, 2017).

2.1.4. Producción de trigo en México

El trigo es considerado la especie agrícola más antigua cultivada por el hombre y es, en la actualidad, el cereal más cultivado en el mundo por ser una especie que tiene un amplio rango de adaptación, crece y se desarrolla en ambientes muy diversos y puede sembrarse, tanto en invierno como en primavera, lo que unido a su gran consumo, ha permitido que se extienda a muchas partes del mundo y es considerado en la actualidad como uno de los cuatro cereales de mayor producción mundial junto con el maíz, arroz y cebada. Es desarrollado en más de 200 millones de hectáreas de tierra mundial y proporciona aproximadamente un quinto de la entrada calorífica total de la población del mundo (Hernández *et al.*, 2015).

En el cuadro 1, se puede observar los principales estados productores de trigo en grano en México durante el ciclo agrícola 2018, según el SIAP (Servicio de información agroalimentaria y pesquera) la cual reporta una superficie de cosecha de 451,808.50 (ha) del cual se obteniendo una producción de 2'783,508.34 toneladas a nivel nacional, sobresaliendo por su volumen de producción los estados de Sonora, Guanajuato, Baja California, Sinaloa, Michoacán, Jalisco.

Cuadro 1. Principales estados productores de trigo (SIAP, 2018).

Estado	Superficie cosechada(Ha)	Producción (Ton)
Sonora	223,437.05	1,449,714.36
Guanajuato	50,399.44	347,290.81
Baja California	47,681.00	283,137.15
Sinaloa	41,676.21	241,522.32
Michoacán	39,870.50	227,560.25
Jalisco	24,984.00	136,350.46

2.1.5. Sub-productos del trigo

El trigo se cultiva preferentemente para ser destinado al consumo humano, y en menor cantidad para piensos. A partir de la molienda de este cereal se obtiene harina blanca, harina integral, sémola y malta, con las cuales se elabora una gran variedad de productos alimenticios derivados, como pan, galletas, tortillas, cerveza, whisky, pasta, cereales para desayuno, aperitivos, entre otros. Los productos de trigo han sido parte de la dieta desde muchos siglos atrás. La harina de trigo es la más usada en panificación, debido a que contiene las proteínas requeridas para formar un gluten con las características necesarias para elaborar pan de buena calidad (Torre *et al.*, 2014).

Por otra parte, durante los procesos mecánicos de la molienda del trigo, una gran parte del endospermo se separa del germen y el salvado mediante etapas consecutivas de molienda, tamizado y purificación. El endospermo se tritura aún más hasta convertirse en harina de trigo después de diferentes grados de refinamiento y se usa tradicionalmente para hacer pan. El salvado, junto con la capa de aleurona y los restos de endospermo y germen con almidón, terminan en una gama de subproductos de molienda, que se recuperan en diferentes etapas en el molino. A diferencia de la harina refinada, estos productos ricos en salvado se usan típicamente para alimentación animal (Hemdane *et al.*, 2016).

2.1.6. Aspectos nutricionales del trigo

En el trigo, el aporte de proteínas en todo el grano es de 13%, pero es deficiente en el aminoácido lisina la cual es insuficiente para cubrir las necesidades del organismo; sin embargo, posee abundante metionina. El 90% de las proteínas del trigo están conformadas por la gluteína y gliadina. El porcentaje lipídico del grano es bajo 1.56%, de las cuales la mitad se encuentra en el germen y en el salvado, en su mayor parte son ácidos grasos poliinsaturados, predominando el linoleico. El nutriente más abundante son los carbohidratos con 76%, donde la mayor parte es almidón, es buena fuente de vitaminas B1, B2, B6, niacina, folatos y vitamina E. No contiene vitamina C, B12, provitamina A. Aporta buenas cantidades de fósforo, magnesio, hierro y potasio (Gómez *et al.*, 2017).

2.1.7. Generalidades de la harina de trigo

En el cuadro 2, se observa la composición química de la harina de trigo, se visualizan que el compuesto de mayoritario es almidón (Ruilova *et al.*, 2013). La harina obtenida del grano del trigo es la única que cuenta con la habilidad de formar, con el agregado de agua, una masa cohesiva y elástica capaz de retener gases (CO₂) durante la fermentación y dar productos aireados y livianos después de su horneado. Esta habilidad está dada por la capacidad que tienen las proteínas de reserva del trigo para formar una red continúa llamada red de gluten (Lanceta, 2017).

Cuadro 2. Composición química de la harina de trigo (Ruilova *et al.*, 2013).

Componente	Porcentaje (%)
Almidón	70 – 75
Agua	14
Proteínas	10 – 12
Polisacáridos no del almidón	2 – 3
Lípidos	2
Cenizas	2

2.1.7.1. El almidón

El almidón es el componente mayoritario del trigo, representando entre el 65-70% de la harina de este cereal; se encuentra en forma de gránulos y es la principal fuente de la energía aportada por el trigo a la dieta. Las propiedades funcionales del almidón se deben esencialmente a los dos polisacáridos que lo constituyen: amilosa y amilopectina (Jung-Sun, *et al.* 2015; Torre *et al.*, 2014).

En la masa panadera, los gránulos de almidón se hidratan, pero permanecen prácticamente intactos, siendo la amilopectina parcialmente cristalina y la amilosa amorfa. Durante el horneado, la mayoría de los gránulos de almidón se gelatinizan, deformándose o colapsando. La gelatinización es la pérdida del orden molecular en

los gránulos de almidón, como consecuencia del calentamiento de los mismos en presencia de agua (Vaclavik & Christian, 2008). La amilopectina pierde su estructura, al menos parcialmente, y algunas moléculas se encuentran parcial o totalmente fuera de los gránulos; la amilosa es parcial o completamente lixiviada de los gránulos, encontrándose en la fase continua del sistema. Después del horneado, cuando el pan se enfría, los componentes del almidón pasan gradualmente de un estado amorfo a un estado cristalino; esto es lo que se conoce como retrogradación del almidón, fenómeno que es considerado como el principal responsable del endurecimiento del pan (Goñi *et al.*, 1996; Torre *et al.*, 2014).

2.1.7.2. El Gluten

El gluten es un gel formado por ciertas proteínas del trigo (gliadinas y gluteninas) cuando se trabaja mecánicamente una mezcla de harina y agua. Las proteínas que integran el gluten se encuentran localizadas en cuerpos proteicos en el endospermo del grano; durante el amasado se produce la ruptura de estos cuerpos y su hidratación, formando una red tridimensional continua en la cual se encuentra embebido el almidón (Jung-Sun, *et al.* 2015; Torre *et al.*, 2014).

Cada una de las proteínas que forman el gluten tiene una función específica. Así, las gliadinas son proteínas monoméricas responsables de la viscosidad del gluten, constituyendo un tercio de las proteínas de la harina (Vaclavik & Christian, 2008). Las gluteninas se encuentran formando grandes agregados proteicos, unidos por puentes disulfuro y fuerzas no covalentes intermoleculares, que determinan la fuerza y la elasticidad del gluten. A las gluteninas, sobre todo a las de alto peso molecular, se les asigna la capacidad de conferir a la masa las propiedades viscoelásticas, debido a la repetición de estructuras tipo giro β (Cornejo-Ramírez *et al.*, 2018; Torre *et al.*, 2014).

2.2. Antecedentes de la tortilla

La tortilla forma parte de la identidad culinaria de los mexicanos que viven en México o en el extranjero; es un componente básico de los antojitos, acompaña a los platillos festivos y es un suministro consuetudinario en la comida (Calleja *et al.*, 2016).

Las primeras tortillas radican hace 7,000, años cuando los indígenas habitaban el Valle de México y su alimentación estaba constituida con base a semillas de maíz, que consumían en forma de tortilla. En 1542, al no encontrar los ingredientes necesarios para elaborar pan, los españoles empiezan a fabricar el zaraki, una mezcla de trigo quebrado con agua que después se convirtió en la tortilla de harina (Cruz, 2008).

2.3. Consumo de la tortilla de harina en México

En México se consumen diariamente 630 millones de tortillas de maíz contra solo 60 millones de harina de trigo. Sin embargo, el consumo de esta última ha tenido un fuerte crecimiento en las últimas décadas. Para los expertos esto se debe a que, a mediados de los 80's, tiendas de autoservicio como Aurrera (ahora Wal-Mart) fabricaron tortillas en sus instalaciones y las vendieron recién hechas en paquetes de media y una docena. Otras razones que ayudaron al incremento en el consumo fue la llegada de marcas como Tortillinas y Wonder, la proliferación de restaurantes de comida nortea y la constante innovación en el mercado, que ahora no solo ofrece la tortilla tradicional, sino que también la vende en sus variantes integral y de sabores, como la de chile chipotle (Fregoso, 2005).

2.4. Definición de la tortilla

Según la Norma Oficial Mexicana NOM-187-SSA1/SCFI-2002, se le llama tortilla al producto elaborado con masa que puede ser mezclada con ingredientes opcionales, sometida a cocción.

2.5. Ingredientes principales para la elaboración de tortillas de harina

El ingrediente de mayor importancia para la producción de tortillas de harina es el trigo. Aunque las tortillas de harina son producidas con varios de los mismos ingredientes usados en el proceso de elaboración del pan de mesa, las tortillas cuentan con características diferentes, una tortilla de harina puede ser definida como un pan plano, circular, ligeramente coloreado. Generalmente cuenta con un grosor de 1 a 2 mm y un diámetro de 15 a 30 cm (Cruz, 2008).

La formulación de todas las tortillas de harina, contempla los siguientes ingredientes primordiales; harina, agua, materia grasa, levadura y sal. Las tortillas resultantes

son consumidas inmediatamente o en los siguientes 2 o 4 días debido a la poca vida de anaquel. Algunas formulaciones contienen conservantes, agentes químicos leudantes, emulsificantes, gomas y otros ingredientes para mejorar el sabor y la textura de la tortilla (Cruz, 2008). En el cuadro 3, se pueden observar ingredientes básicos y aditivos que se pueden utilizar en la elaboración de tortillas de trigo (Piñol, 2017).

Cuadro 3. Ingredientes para formulación tortillas de trigo (Piñol, 2017).

Ingrediente	Porcentaje (%)	Función
Harina de trigo	100	Formar estructura gluten, Importante: proteína, absorción agua
Agua	50-55	Formar estructura gluten, activar impulsor químico
Grasa / aceite	6-10	Maquinabilidad, reduce pegajosidad masa. Se prefiere grasa sólida que líquida
Azúcar	2-3	Reduce sabor químico
Glicerina	3-5	Reduce aw – aumenta caducidad
Pirofosfato de ácido sódico(SAPP)	0.5-1	Impulsor – grueso, textura
Bicarbonato sódico	0.35-0.72	Impulsor – grueso, textura Balancearse al 100% con SAPP (NV)
Sal	0.5-2	Sabor, aumentar fuerza gluten
Monodigliceridos	0.75-1.5	Aumenta caducidad, “softness”, extensibilidad masa
Gomas / fibras	0.5-0.75	Enlazan agua
Conservantes (calpro, sorbato potásico)	0.3 Calpro, 0.2 Sórbico	Conservantes

Reguladores acidez (málico, cítrico)	0.5-1%	Bajan pH y aumentan eficacia
---	--------	------------------------------

2.5.1. Harina

La harina es uno de los principales ingredientes en la elaboración de las tortillas, es un polvo fino que se obtiene generalmente de la molienda del trigo, aunque puede provenir de otros cultivos (Requena, 2013).

2.5.2. Agua

El agua es el segundo ingrediente en importancia, sirve como medio para incorporar y distribuir otros ingredientes, y además es requerido para la formación del gluten y para la activación de levadura y agentes leudantes. La temperatura del agua generalmente es ajustada a 28°C para proveer una masa, dicha temperatura es óptima para el descanso de la masa. Agua con un pH elevado puede ser causante de la formación de tortillas incoloras (Cruz, 2008).

El pH de la harina influye en la capacidad del gluten para formar la red esponjosa, un pH inferior a 3.4 va a provocar una alteración debido a microorganismos acéticos y butíricos. Para obtener un mayor desarrollo fermentativo y máxima producción de CO₂ en el pan formado, se debe tener valores de pH entre 5 y 6 (Sarmiento, 2015).

2.5.3. Levadura

La levadura se utiliza para fermentar la harina y poder leudar la masa para aumentar su volumen. Durante los procesos de fermentación, las levaduras metabolizan azúcares (glucosa), para obtener energía y desechan CO₂, y un alcohol (etanol). Aportando sabores a las tortillas que no podrían adicionarse de otra forma (Abalos *et al.*, 2020).

2.5.4. Azúcar o sal

El azúcar alimenta las levaduras; sin embargo, en concentraciones mayores al 10%, el azúcar limita el desarrollo del gluten al destruir las cadenas proteicas. La sal es un compuesto inorgánico que fortalece las uniones de las cadenas proteicas del gluten, por tanto, es importante que se tenga un control de la cantidad de sal que se agrega a la masa: no debe exceder el 2% (Abalos *et al.*, 2020).

2.5.5. Materia grasa

Existen diferentes tipos de grasas, pero estas difieren según su tipo de obtención ya sea animal o vegetal. Todas y cada una de ellas están compuestas por carbono, hidrógeno y oxígeno. Aunque estas se distinguen según su consistencia (líquida, generalmente aceites extraídos de vegetales y sólida generalmente de origen animal), también se difieren por otras propiedades físicas y químicas como el punto de fusión.

Las grasas juegan un papel importante en la elaboración de las tortillas ya que tiene distintas funciones en el proceso de elaboración y por consecuencia en la calidad del producto final (Uvidia, 2014).

- Lubrica la masa
- Enriquece el producto, aumentando el valor nutritivo
- Aumenta la conservación y vida útil del producto final
- Disminuye la pérdida de humedad
- Mejora el aroma y la apariencia de las masas permitiéndole que se haga más suave.

2.6. Proceso de elaboración de tortillas de trigo

De acuerdo a Lallemand (1996), existen tres métodos para la formación de la pieza de masa en forma circular para la elaboración de tortillas de trigo: a mano, con un troquel, y con un sistema automatizado prensa caliente (Figura 3). Dentro del proceso de elaboración se distinguen diferentes fases, tales como el mezclado de ingredientes o amasado, reposo, formado, fermentación y cocción.

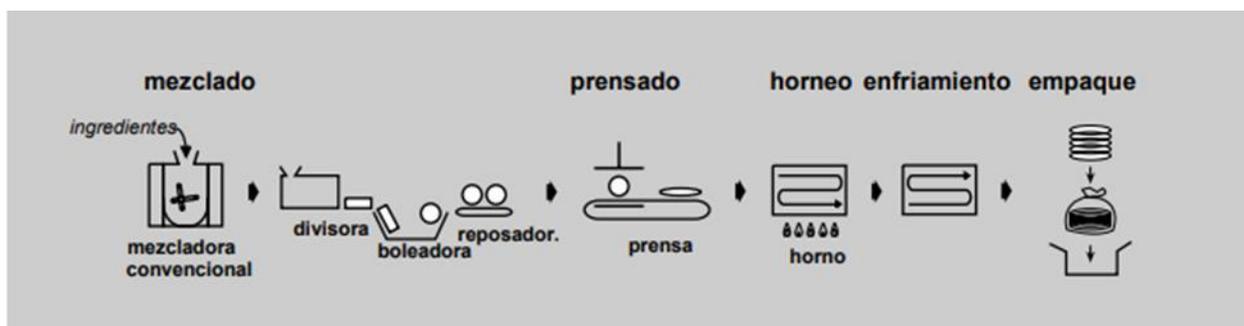


Figura 3. Diagrama de proceso de producción de una tortilla en prensa (Lallemand, 1996).

2.6.1. Mezclado de ingredientes o amasado

El proceso mecánico de amasado tiene dos funciones básicas: la primera, distribuir los ingredientes de forma homogénea; la segunda y más importante, que la masa desarrolle las cadenas del gluten durante el proceso de fermentación (Abalos *et al.*, 2020).

El amasado se realiza en máquinas denominadas amasadoras, que constan de una artesa móvil donde se colocan los ingredientes y de un elemento amasador cuyo diseño determina en cierto modo los distintos tipos de amasadoras, siendo las de brazos de movimientos variados (sistema Artofex) y las espirales (brazo único en forma de «rabo de cerdo») las más comúnmente utilizadas en la actualidad (Cornejo-Ramírez *et al.*, 2018; Mesas *et al.*, 2002).

2.6.2. Reposo

Su principal función es dejar descansar la masa para que se recupere de la degasificación sufrida durante la división y boleado. Esta etapa puede ser llevada a cabo a temperatura ambiente en el propio obrador o mucho mejor en las denominadas cámaras de bolsas, en las que se controlan la temperatura y el tiempo de permanencia en la misma (Mesas *et al.*, 2002).

2.6.3. Formado

En esta etapa se le da forma que corresponde. Si la pieza es redonda, el resultado del boleado proporciona ya dicha forma (Calleja & Basilia, 2016; Cornejo-Ramírez *et al.*, 2018; Mesas *et al.*, 2002).

2.6.4. Fermentación

Durante la fermentación se forma CO₂, que al ser retenido por la masa provoca que ésta se esponja, y mejora al sabor como consecuencia de las transformaciones que sufren los componentes de la harina (Mesas *et al.*, 2002; Piñol, 2017).

2.6.5. Cocción

La cocción se realiza en hornos a temperaturas que van desde los 220 a los 260°C, aunque el interior de la masa nunca llega a rebasar los 100°C. Los hornos utilizados en panadería pueden ser continuos (hornos de túnel), y cuando es posible se alimentan con una secuencia ilimitada de piezas, o discontinuos cuando una vez

cargados con la totalidad de las piezas hay que esperar a que se cuezan para sacarlas e introducir una nueva carga (hornos de solera, hornos de pisos, hornos de carros, etc.). Tras la cocción y enfriamiento el pan está listo para su consumo (Calleja & Basilia, 2016; Piñol, 2017).

2.7. Importancia de la evaluación sensorial

La aceptación de los alimentos por los consumidores está muy relacionada con la percepción sensorial de los mismos, y es común que existan alimentos altamente nutritivos, pero que no son aceptados por los consumidores. De aquí parte la importancia del proceso con fundamento científico, al igual que otros tipos de análisis, respaldado por la estadística y la psicología entre otras disciplinas. El estudio sensorial es de suma importancia en la industria de los alimentos y tiene aplicaciones aún insospechadas (Olivas *et al.*, 2009).

2.8. Evaluación sensorial

La evaluación sensorial es la disciplina científica utilizada para evocar, medir, analizar e interpretar las reacciones humanas a aquellas características de un determinado producto que son percibidas por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído (Ares *et al.*, 2011).

En la figura 4, se esquematiza uno de los fundamentos del análisis sensorial, donde el receptor percibe la calidad sensorial de un producto y como resultado se obtienen varios estímulos. De allí deriva la necesidad de descomponer y estudiar esa conducta o respuesta (Grández, 2008). La sensación tiene la gran tarea de recibir la información del exterior a través de los sentidos; la percepción por su parte, cumple el papel de llevar la información al cerebro, activándolo para procesar la información, elaborando respuestas que generarán conductas y comportamientos (Agudelo *et al.*, 2017).

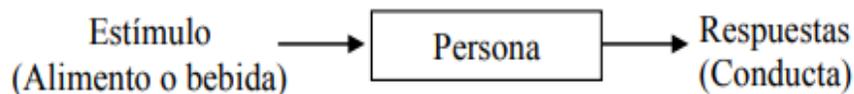


Figura 4. Impacto sensorial en el comportamiento humano (Grández, 2008).

2.9. Tipos de panelistas

Debido a la variabilidad inherente de respuesta humana, es necesario contar con un grupo de evaluadores capacitados al ser esenciales para el momento de una evaluación sensorial como instrumento de medición (Carduza *et al.*, 2016). Existen diversos grados de adiestramiento para los jueces teniendo expertos y entrenados, aunque también se puede utilizar al público consumidor, dependiendo del tipo de prueba y la información que se desea obtener ellos serán el medio para su realización (Peralta, 2016).

2.10. Caracterización sensorial de alimentos

La caracterización sensorial de alimentos es una de las herramientas más potentes y utilizadas de la evaluación sensorial. Permite obtener una descripción completa de las características sensoriales de un producto (Ares *et al.*, 2011).

Por otra parte, Grández (2008), detalla algunas de las aplicaciones de la evaluación sensorial en la industria alimenticia las cuales son:

- Determinación de normas, criterios de calidad para la clasificación y evaluación de productos
- Control de calidad de productos determinando referencias sensoriales de los mismos
- Evaluación de nuevos cambios en un proceso
- Determinación de la estabilidad de un producto durante las distintas condiciones de almacenamiento
- Desarrollo de nuevos productos a través del diseño y aplicación de pruebas sensoriales
- Correlación entre los parámetros sensoriales, físicos, químicos, mecánicos, etc.
- Percepción humana-discriminativa, es decir, determinar si las adiciones o extracciones mínimas de ingredientes son percibidas significativamente por el consumidor.

2.11. Pruebas sensoriales

El análisis sensorial contempla tanto la evaluación objetiva como subjetiva de un producto; así, el análisis sensorial objetivo describe diferencias en cuanto a la intensidad de ciertas características de un producto y a su vez puede dividirse en pruebas discriminativas y descriptivas. El análisis sensorial subjetivo contempla el uso de grandes grupos de consumidores a los cuales se les interroga acerca de su preferencia y/o aceptabilidad acerca de un producto (Carduza *et al.*, 2016).

De acuerdo a Hernández (2005), esquematiza los tipos de pruebas sensoriales utilizadas en la industria de los alimentos contemplados en la (Figura 5), dividiéndose en 3 grupos con sus respectivas subdivisiones.

Existe diversidad de pruebas sensoriales y hoy en día constituyen un pilar fundamental que describe las características sensoriales de un producto con la finalidad del diseño y desarrollo de nuevos productos alimenticios. Sin duda, el poder medir en el laboratorio el grado de satisfacción que brindará un determinado producto, nos permite anticipar la aceptabilidad que éste tendrá (Mazón *et al.*, 2018).

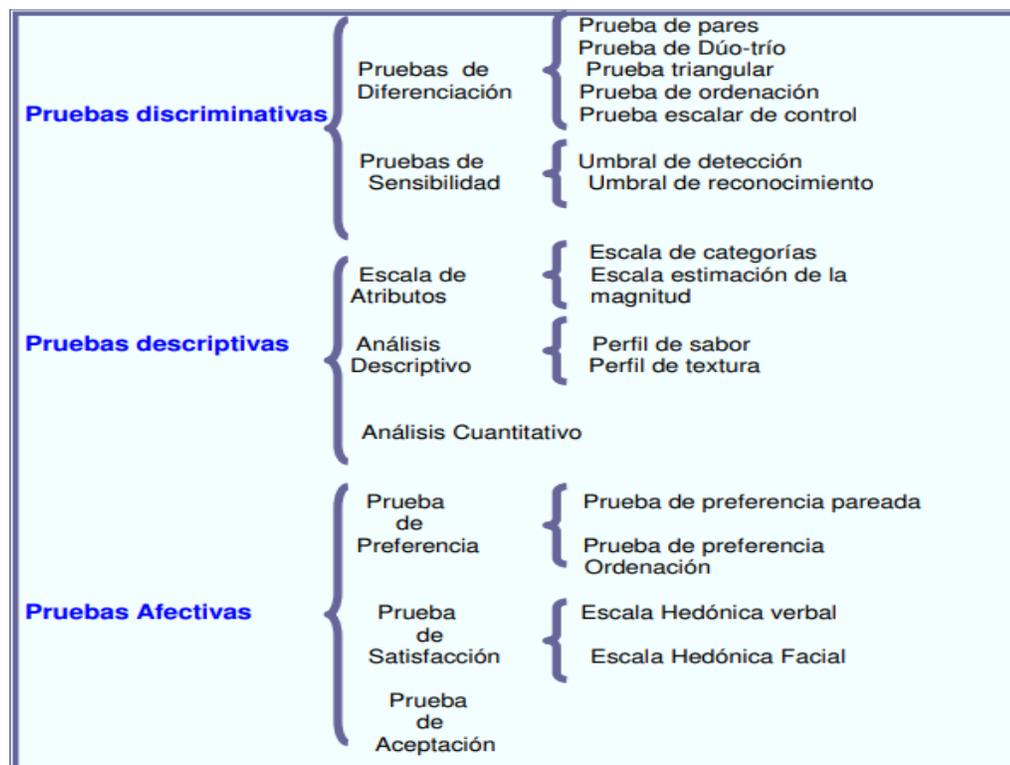


Figura 5. Tipos de pruebas sensoriales (Hernández, 2005).

2.11.1. Pruebas discriminativas

Las pruebas discriminativas son aquellas que determina si existe diferencia entre dos o más productos. Normalmente un panel entrenado es capaz de discriminar cuáles son los atributos responsables de la diferencia entre un producto determinado frente a otros similares, y el peso intrínseco que cada uno de estos atributos tiene en la determinación de dicha diferencia. Mediante pruebas discriminativas se puede comparar un producto definido como referencia con una serie de otros productos similares. Estas determinaciones se pueden efectuar mediante pruebas de comparaciones múltiples, diferencia frente a un testigo, prueba dúo-trío, etc. Se trata de procedimientos relativamente sencillos, y con resultados confiables (Carduza *et al.*, 2016).

2.11.2. Las pruebas afectivas o hedónicas

Las pruebas afectivas son aquellas en las cuales los panelistas expresan su reacción subjetiva del producto, indicando si le gusta o si prefiere otro. Por lo general se realizan con jueces inexpertos o con solamente consumidores. Entre las pruebas afectivas están las de medición del grado de satisfacción y las de aceptación (Mazón *et al.*, 2018).

2.11.3. Pruebas descriptivas

Las pruebas descriptivas establecen los descriptores que definen las características sensoriales de un producto y así cuantifican las diferencias existentes entre varios productos. Consiste en describir el color y el sabor integral de un producto, así como sus atributos individuales. A través de estas pruebas se define el orden de aparición de cada atributo, grado de intensidad de cada uno, sabor residual y amplitud o impresión general del sabor y el olor (Mazón *et al.*, 2018).

El análisis descriptivo sensorial es una de las herramientas más poderosas, sofisticadas y más ampliamente utilizadas en ciencia sensorial, que proporciona una descripción completa de las características sensoriales de los productos alimenticios (Varela *et al.*, 2012).

Los métodos de análisis descriptivo convencional (CDA) realizados con expertos capacitados se han utilizado para evaluar la sensibilidad sensorial, propiedades de los productos. Estos métodos son el perfil de sabor, el perfil de textura, análisis

cuantitativo descriptivo (QDA) y análisis genérico descriptivo (Lestringant *et al.*, 2019).

Por otra parte, el análisis descriptivo convencional (CDA) y sus variantes, tienen como objetivo proporcionar una medida objetiva de las propiedades sensoriales de un conjunto de productos. A través del análisis de componentes principales (PCA), ofrece una configuración global de los productos, que muestra qué tan cerca están los productos, relacionado en base a la similitud de su puntuación en cada descriptor. El CDA se clasifica en métodos verbales, ya que la calidad de sus resultados se basa en la capacidad del panelista para igualar las percepciones y palabras del descriptor (Bécue, 2014).

Sin embargo, la necesidad de innovar y colocar nuevos productos en el mercado ha llevado a nuevas consideraciones y la búsqueda de nuevos métodos que requieran menos tiempo al momento de generar los descriptores (Bécue, 2014).

2.11.3.1. Análisis cuantitativo descriptivo (QDA)

Ares *et al.* (2011), reportaron que el análisis descriptivo cuantitativo (QDA) es una de las metodologías más extendidas en la evaluación sensorial, siendo una técnica validada, confiable y precisa para realizar una caracterización sensorial completa de un producto. Consiste en seleccionar un grupo de individuos con capacidades sensoriales superiores al promedio de la población, para poder definir los atributos sensoriales a evaluar y su definición, realizando un entrenamiento en el reconocimiento y evaluación con escalas de cada uno de los atributos seleccionados, evaluando muestras de interés en varias sesiones. Las muestras se evalúan por duplicado o triplicado, utilizando un histograma de frecuencia de 10 cm. Los datos se analizan por análisis de varianza, estudiando la concordancia y reproducibilidad del panel y de cada uno de los jueces.

2.11.3.2. Análisis de componentes principales(PCA)

El análisis de componentes principales (ACP), es una técnica utilizada para reducir la dimensionalidad de un conjunto de datos, para hallar las causas de su variabilidad y ordenarlas por importancia. Existen muchos métodos para determinar el número de componentes relevantes en ACP, ya que la forma de seleccionar los componentes es diferente dependiendo de los objetivos del investigador. El ACP

busca la proyección según la cual los datos quedan mejor representados en términos de mínimos cuadrados. Se emplea ampliamente en el análisis exploratorio de datos y para construir modelos predictivos (Ramírez, 2012).

2.11.4. Métodos sensoriales rápidos

Este tipo de metodologías se han desarrollado como una alternativa al análisis descriptivo tradicional (Liu *et al.*, 2018). Tienen un alto enfoque de interés por los siguientes motivos, consumen menos tiempo, son más flexibles y se pueden usar con evaluadores semi-capacitados e incluso con consumidores, proporcionando mapas sensoriales muy cercanos a un análisis descriptivo clásico con paneles altamente capacitados (Varela *et al.*, 2012).

Se basan en diferentes enfoques como, la evaluación de atributos individuales (escalas de intensidad, preguntas de verificación de todo lo que se aplican o CATA, perfiles flash, comparaciones pareadas); métodos basados en la evaluación de diferencias globales (clasificación, mapeo proyectivo o Napping®); métodos basados en la comparación con referencias de productos (posicionamiento sensorial polarizado), y se basa en una evaluación global gratuita de los productos individuales (preguntas abiertas)(Varela *et al.*,2012).

2.11.4.1. Perfil de libre elección(FCP)

El perfil de libre elección es un método alternativo, que permite a los panelistas expresarse libremente en términos descriptivos, produciendo perfiles individuales del producto sin la necesidad de explicar el significado de dichos términos. Las configuraciones espaciales derivadas de perfiles individuales son proporcionales finalizado por el análisis generalizado de Procrustes. El resultado es una configuración de consenso que revela las interrelaciones entre las muestras para el panel en su conjunto (Liu *et al.*, 2018).

Ha demostrado ser capaz de reducir el tiempo de análisis y no requerir formación previa para la evaluación. Usa el principio que las personas perciben las mismas propiedades sensoriales incluso cuando se expresan de manera diferente (Lestringant *et al.*, 2019).

2.11.4.2. Perfil de Flash (FP)

Flash Profile (FP) es una técnica desarrollada por Sieffermann., (2000). Desarrollado como una variante de FCP, es una combinación original de selección de términos de libre elección con un método de clasificación basado en la presentación simultánea de todo el conjunto de productos (Liu *et al.*, 2018).

Este método consiste en pedir a los panelistas que usen sus propios términos descriptivos para clasificar los productos probados para cada uno de estos términos. El hecho de que los panelistas tienen acceso simultáneo a todo el conjunto de muestras los obliga a centrarse en las diferencias que perciben para generar atributos discriminatorios. Este método ha demostrado ser una adecuada herramienta para el análisis sensorial discriminativo en productos, lácteos, panadería, ensaladas mixtas listas para comer. Con este nuevo método, se presta más atención al posicionamiento relativo de los productos en lugar de las puntuaciones de los productos en los atributos separados (Lorido *et al.*, 2018).

El Perfil Flash (FP), se puede hacer en dos sesiones, o en una sesión con dos pasos. En la práctica, las muestras codificadas se presentan todas juntas. En un primer paso, los consumidores tienen que probarlos comparativamente para generar todos los descriptores que consideren apropiados para discriminar entre las muestras. En un segundo paso, clasifican todas las muestras desde "bajo" a "Alto" en cada atributo seleccionado, donde se permiten los lazos. Se les pide a los asesores que prueben un conjunto completo de muestras y ordenarlas en grupos de acuerdo a sus similitudes y diferencias, utilizando sus propios criterios personales (Varela *et al.*, 2012).

El análisis se basa en los datos de clasificación, la figura 6, muestra la escala utilizada para obtener la intensidad del atributo obtenido, en la figura 7, se muestra como se calculan los datos programas computarizados, con vínculos; una forma fácil de verificar que los rangos se ingresan correctamente es la suma de los rangos, ya que la suma es la misma para todos los atributos y todos los evaluadores, ya que depende solo de la cantidad de productos. Para la recolección de datos, se construyen matrices individuales para cada consumidor. (Productos en filas x

atributos en columnas), la tabla está estructurada de manera que cada consumidor tiene una tabla con sus propios atributos, donde se introducen clasificaciones de productos (Varela *et al.*, 2012).

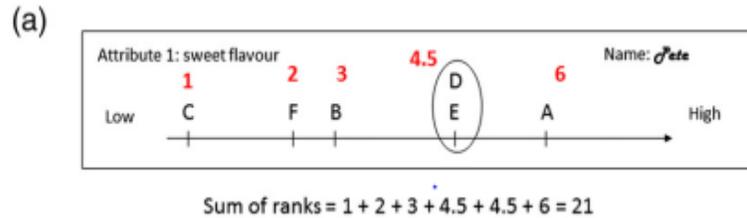


Figura 6. Escala de atributos obtenidos (Varela *et al.*, 2012).

(b)

Sample	Consumer 1: Pete				Consumer 2				Consumer 3			
	AT _{1,1} SWEET FLAVOUR	AT _{2,1} GRAINY	...	AT _{n,1}	AT _{1,2}	AT _{2,2}	...	AT _{m,2}	AT _{1,2}	AT _{2,2}	...	AT _{p,2}
A	6											
B	3											
C	1											
D	4,5											
E	4,5											
F	2											

Figura 7. Ejemplo de acomodo de datos en hoja de cálculo (Varela *et al.*, 2012).

Una vez obtenidos los datos computarizados se ejecuta un análisis de procurados generalizados (GPA) en todas las matrices para obtener las configuraciones de producto y atributo. (GPA) ofrece una configuración de consenso y proporciona, como en análisis de componentes principales, un biplot de producto y un gráfico de atributos. En el caso de los atributos, consenso proviene del uso de los mismos atributos, similares por diferentes evaluadores, es decir, "dulce", "dulzura" y "azucarado", etc. (Varela *et al.*, 2012).

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

La parte experimental de la prueba se llevó a cabo en el Laboratorio 1, de instalaciones del Laboratorio de Evaluación Sensorial del Departamento de Ciencia y Tecnología de alimentos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Saltillo, Coahuila México.

3.1. Materiales

Para la realización del presente trabajo se utilizaron cuatro diferentes marcas de tortillas de trigo las cuales fueron (Tortillinas, Soriana, caseras Bomberos y súper García), los materiales enlistados en el cuadro 4, se utilizaron para los preparativos de la muestra, además de ser parte del acondicionamiento del área evaluación en su mayoría.

Cuadro 4. Materiales utilizados.

Bolsas con cierre
Comal
Encuestas
Estufa
Etiquetas
Hojas de respuesta
Microondas
Muestras de tortillas
Popotes de plástico
Servilletas
Tornilleros
Vasos con agua
Vasos de desecho

3.2. Métodos

3.2.1. Aplicación de cuestionarios

En la figura 8, se muestra el boceto de las preguntas realizadas en el estudio, este cuestionario se realizó a 80 personas mayores de edad entre ellas hombres y mujeres azar.

ENCUESTA

Edad

20-25__ 25-35__ 35-45__ >45__

1. ¿Presenta algún padecimiento?

Diabetes Mellitus __ Presión Alta __

Enfermedad Celiaca __ Otra (especifique) __

2. ¿Con que frecuencia tiende a resfriarse?

1 vez a la sem__ Cada mes __ Cada tres meses __ Cada seis meses__

3. ¿Consume usted tortillas de harina?

Sí __ No __

4. ¿De qué tipo?

Harina de trigo (blanca) __ Harina Integral __

5. ¿Con que frecuencia la consume?

1 vez al día __ >1 vez al día __

3 veces a la semana __ Diario __

6. ¿Habitualmente que marca prefiere?

Hacerlas __ Comprar alguna marca __ Comprar caseras__

7. En caso de seleccionar comprarlas ¿Qué maraca consume?

8. ¿Estaría dispuesto a participar en la evaluación sensorial de tortillas de harina?

Sí __ No __

¡MUCHAS GRACIAS POR SU PARTICIPACIÓN!

Figura 8. Boceto de preguntas realizadas en el estudio.

3.2.2. Desarrollo de la técnica Flash Profile (FP)

Para la realización de la prueba se seleccionaron 4 tipos de tortillas de trigo consumidas en la región de Saltillo, Coahuila, codificadas como se muestra en el cuadro 5.

Cuadro 5. Tratamientos evaluados para el flash profile.

Muestra	Tipo de tortilla
Tortillinas	Industrial
Soriana	Semi-industrial
Caseras Bomberos	Artesanal
Súper García	Artesanal

Para realizar la prueba se preparó el área de evaluación, limpiando y acomodando los cubículos, además de ordenar la sala de espera para dar la bienvenida a los jueces. Se prepararon las muestras de tortillas separándolas y codificándolas para posteriormente someterlas a un proceso de cocción y almacenamiento para el momento de la prueba. Los cubículos de evaluación sensorial se equiparon con todos los materiales necesarios para la evaluación: agua, vaso de desecho, plumas, hoja de evaluación, muestra, etc., se recibió a los panelistas agradeciéndoles por su colaboración.

El día 22 de noviembre del 2018, con la ayuda de 10 jueces entrenados en el análisis descriptivo (QDA), entre ellos 7 mujeres y 3 hombres de una edad de entre 20 a 23 años se aplicó el perfil flash (PF), para la obtención de atributos sensoriales que permitieron caracterizar las muestras de tortillas siguiendo el protocolo que marca Varela *et al.*, (2012). La evaluación sensorial duro 60 min en promedio por cada panelista.

En el cuadro 6, se observa los atributos obtenidos y la frecuencia de repetición de estos. Cabe mencionar que se obtuvieron más atributos de los mostrados en el cuadro, pero solo se tomaron en cuenta los que tenían al menos un 20% en el rango

de repetición de estas. Se prosiguió a la cuantificación de los mismos acomodándolos por similitud, para posteriormente medir la intensidad de los mismos, la cual estaba plasmada en un histograma de frecuencia mostrando la intensidad baja o alta por cada atributo. Una vez obtenidos los atributos y valores correspondientes, se procedió a analizar los datos mediante los programas estadísticos INFOSAT y XLSTAT. Para ello se realizó un análisis de varianza ANOVA para cada atributo y en caso de existir diferencias significativas se aplicó una comparación de medias por LSD Fisher a una ($p < 0.05$).

Cuadro 6. Frecuencia de los atributos obtenidos.

Atributos	Frecuencia de respuesta
Rollabilidad	10
Grosor	9
Olor a harina	9
Suavidad	8
Sabor a harina	7
Dulzor	5
Rugosidad	6
Salinidad	4
Apariencia con ojos	4
Esponjosidad	4
Apariencia tostada	3
Elasticidad	3
Homogeneidad	3
Olor salado	2
Olor dulce	2
Gomosidad	2
Olor a mantequilla	2
Apariencia delgada	2
Sabor a grasas	2
Apariencia a grasa	2
Apariencia cruda	2
Olor a grasa	2

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis de las encuestas aplicadas

Los cuestionarios se aplicaron a personas que radican en la población de Saltillo, Coahuila, encuestando a un total de 80 personas entre ellas hombres y mujeres al azar.

4.1.1. Rango de edades de la población estudiada

Como se observa en la figura 9, el 65% de la población encuestada está dentro del rango de 20-25 años, 19% personas >a 45 años, 9% personas entre 25-35 años y un 7% personas de entre 35-25 años.

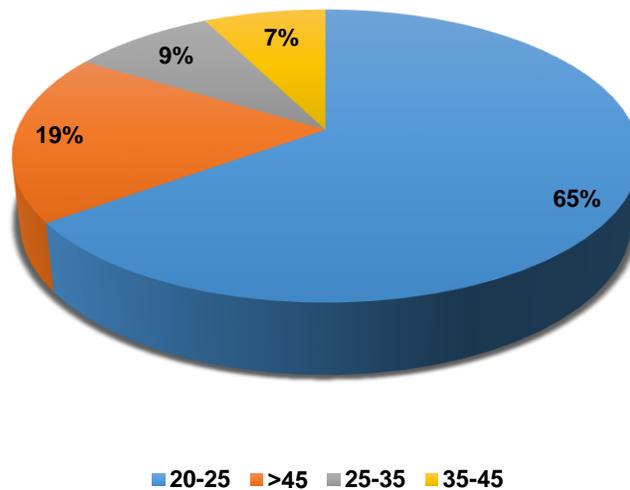


Figura 9. Rangos de edad de las personas encuestadas.

4.1.2. Enfermedades encontradas en el estudio

Durante la encuesta, se obtuvieron datos acerca de las enfermedades que padece la población estudiada, y los resultados se muestran en la figura 10. El 5% de la población padece diabetes mellitus, principalmente personas con edad >35 años. También se encontró la enfermedad de presión alta en un 5%, la cual se encontró en personas de 20 años en adelante, pero con un 3.75% mayor en personas >45

años. Otros padecimientos detectados fueron problemas de asma, intolerancia a la lactosa y presión baja, todas ellas en un 1.25% y dentro de un rango de edad de 20-25 años.

La Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (2018), reporta que en México 8.6 millones de personas, con una edad de 20 años en adelante presentan un diagnóstico médico previo de diabetes, lo que equivale a 10.3% de la población, de la cual 11.4% son mujeres y 9.1% hombres. Sobresaliendo los estados de Campeche (14%), Tamaulipas (12.8%), Hidalgo (12.8%) CDMX (12.7), y Nuevo León (12.6%). En caso de la hipertensión (Presión), el reporte población de 20 años en adelante con diagnóstico médico previo, es de 15.2 millones de personas lo que equivale a 18.4% de la población, un 20.9% son mujeres y 15.3 hombres, los estados con mayor índice son: Campeche (26.1%), Sonora (24.6%), Veracruz (23.6%), Chihuahua (22.6) y Coahuila (20.4%).

Una de las causas por la que la población mexicana sufre de infinidad de enfermedades como lo es la diabetes y la hipertensión son ocasionadas por una inadecuada alimentación, por lo que las investigaciones se deben enfocar al desarrollo de mejores alimentos, que contribuyan a la alimentación de la población.

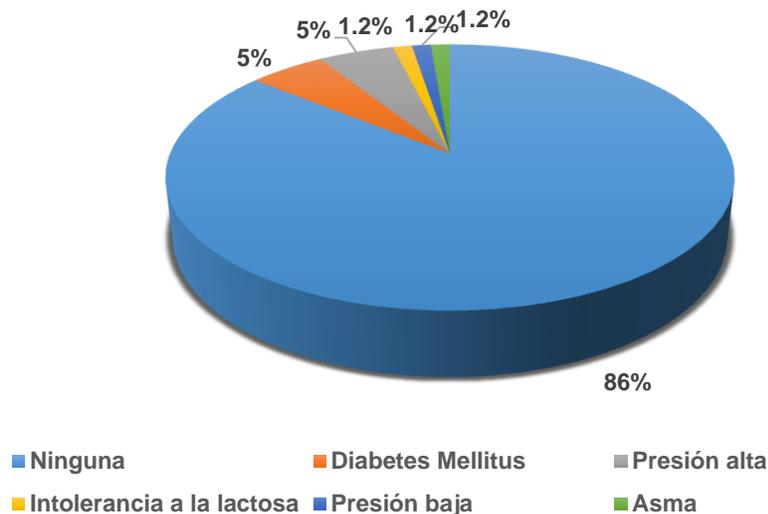


Figura 10. Enfermedades encontradas en la población encuestada.

4.1.3. Tipos de marcas consumidas

De acuerdo a la población encuestada, el 49% consume tortillas de trigo sin marca registrada, mientras que el 19% prefiere elaborar sus tortillas, 16% adquiere la marca comercial tortillinas, 2% consume la marca la perla (Figura 11). Por otra parte, un sector del 14% respondió que no consume ningún tipo de tortilla de harina. Hipotéticamente la población que no consume tortillas de harina es porque prefiere las de maíz o productos similares como el pan salado. Con base en estos datos, es posible establecer que el consumidor prefiere adquirir tortillas de harina de alguna marca tradicional, o bien elaborarlas.

Los resultados obtenidos concuerdan con Gasca *et al.*, (2007), quien establece que las preferencias del consumidor se inclinan hacia las tortillas elaboradas en forma tradicional por su sabor, sus propiedades texturales (rollabilidad, suavidad, flexibilidad) y su mejor desempeño durante el recalentamiento, doblado, enrollado y freído.

Por otra parte, Domínguez *et al.*, (2011), redacta que no existe una definición universal para referirse a productos alimenticios elaborados en pequeña escala mediante técnicas y conocimiento tradicionales. El término artesanal se aplica a productos alimenticios, pero generalmente el análisis de los mismos se enfoca desde una perspectiva cultural, económica y social, sin considerar los estándares oficiales que deben cumplirse tomando en cuenta ciertas especificaciones fisicoquímicas y microbiológicas. Desafortunadamente la legislación que regula la producción y comercialización de alimentos está diseñada para productos industrializados y estandarizados.

En el caso de las tortillas de trigo, los estándares que debe cumplir se especifican en, **NOM-187-SSA1/SCFI-2002**, más sin embargo existen variaciones, en el presente estudio definimos a la tortilla regional o tradicional como “artesanal”, ya que no cumplen con dichos argumentos además que su forma de elaboración es manual, el término “semi-industrial” se utilizó para la tortilla que cumple con algunos parámetros especificados y sus procesos de elaboración son tecnificados, por último término “industrial” a la que cumple con todas las especificaciones y su proceso de elaboración es tecnificado.

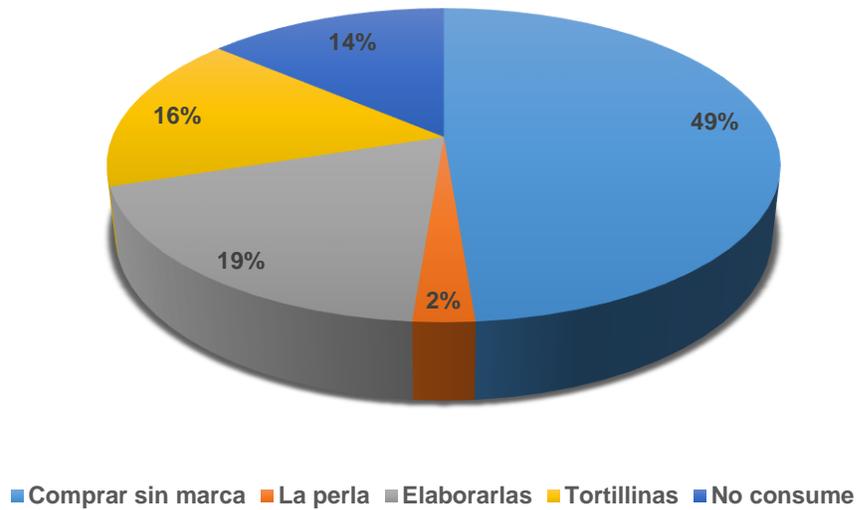


Figura 11. Procedencia de las tortillas que consume la población evaluada.

4.1.4. Tipo de tortilla

De acuerdo al tipo de tortilla que se consume, el 74% de la población encuestada, consume tortillas de harina blanca, 17% de harina integral y, 9% ambas (Figura 12).

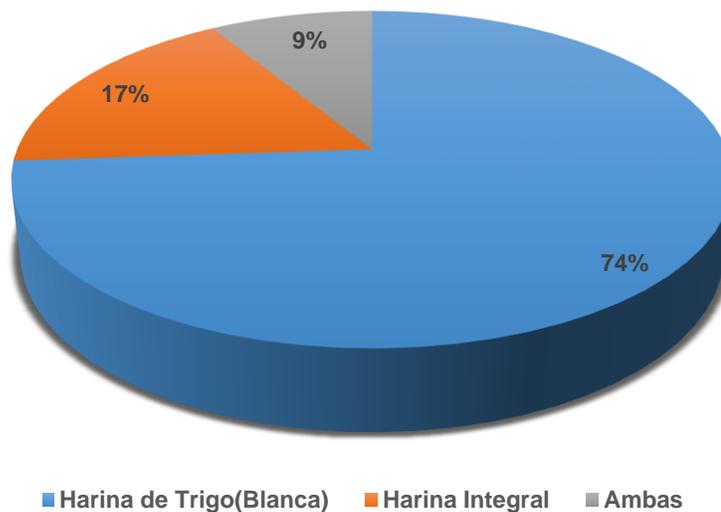


Figura 12. Tipos de tortilla de harina consumidas.

4.1.5. Frecuencia de consumo

En cuanto a la frecuencia de consumo, los resultados se muestran en la figura 13. De la población encuestada, el 62% consume tres veces a la semana, 14% la consume una vez al día, 9% >vez al día, 9% diariamente, un 6% no respondió ya que el consumo es ocasional.

El consumo de la tortilla de harina es un fenómeno muy arraigado en el norte del país, ya que es ahí donde se cosecha la mayor parte del trigo. Las tortillas son una extraordinaria alternativa al pan, que se puede consumir sola haciendo un rollo o se corta en 4 ó 6 pedazos para recoger los alimentos, o bien, se pueden usar para envolver diferentes guisos (Yeverino *et al.*, 2010).

Como todo alimento desarrollado, es importante determinar la composición química y sensorial. Para ello, es importante establecer un proceso de elaboración estandarizado, ya que esto influye en las características finales del producto.

Yeverino *et al.* (2010), determinaron las características fisicoquímicas de tortillas de harina en el área metropolitana de Monterrey N.L. Los autores encontraron que las tortillas de harina elaboradas listas para consumo proceden de procesos diferentes y en su composición se existe una gran variedad. Por ello, resulta importante otorgar un valor adicional al producto, con la finalidad de que el consumidor opte por su compra, dentro de un mercado tan competido. En cuadro 7, se muestran las determinaciones fisicoquímicas analizadas en su estudio.

Cabe mencionar que, dentro de los parámetros medidos por estos autores, todos y cada de ellos son percibidos por los sentidos, resaltando el de la vista que visualiza color y la apariencia. El color por su parte es considerado relevante para el caso de la evaluación sensorial en la industria alimentaria, debido a que esta propiedad puede hacer que un alimento sea aceptado o rechazado de inmediato por el consumidor sin siquiera haberlo probado. En el caso de la apariencia, representa todos los atributos visibles de un alimento y se puede afirmar que constituye un elemento fundamental en la selección de un alimento. La primera impresión que se recibe siempre es la visual, que cumple el rol de factor de decisión al momento de la compra (Flores, 2015).

Por lo que resalta la caracterización sensorial de alimentos y su importancia en la industria permitiendo obtener una descripción completa de las características sensoriales de un producto, brindando un panorama extenso, a nuevas formulaciones de tortillas tomando en cuenta su calidad sensorial mejorándola para tener un mayor éxito en el mercado.

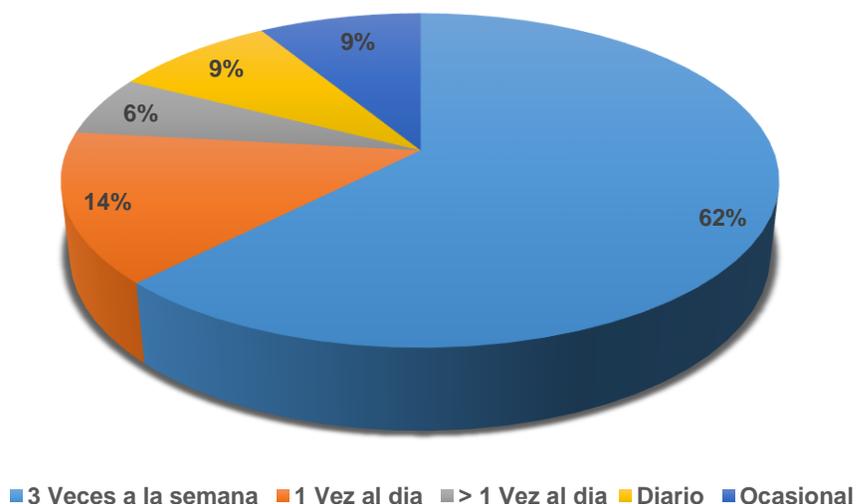


Figura 13. Frecuencia de consumo de tortilla de harina.

Cuadro 7. Perfil fisicoquímico de tortilla de harina (Yeverino *et al.*, 2010).

Características	Media ± Desviación estándar
Peso unitario (g)	27.37 ± 6.65
Diámetro (cm)	14.59 ± 1.79
Color b	17.52 ± 1.80
Contenido de Humedad (%)	28.40 ± 2.47
Contenido de Grasa (%)	11.11 ± 2.76
pH (potencial de hidrógeno)	5.83 ± 0.76

4.2. Análisis de los atributos obtenidos

4.2.1. Rollabilidad

De acuerdo a los resultados del ANOVA para el parámetro de rollabilidad (Anexo1), se observaron diferencias entre los tratamientos ($p < 0.05$). Al realizar la prueba de comparación de medias, se obtuvieron dos bloques (Fig.14) con diferencia estadística significativa, uno con mayor percepción del atributo, integrado por las tortillas de súper García y Tortillinas y el otro bloque con menor percepción del atributo, integrado por las muestras de tortillas Soriana y caseras Bomberos. No se encontraron diferencias dentro de un mismo bloque. Este parámetro es de agrado para los panelistas, al ser un atributo perceptible para la mayoría, por la forma de consumo, debe de aparecer en un punto óptimo para el consumidor.

Si relacionamos con la rollabilidad con flexibilidad., esta se puede ver afectada por los días de almacenamiento del producto o por algunos ingredientes incorporados al momento de la elaboración, como el sodio. Este ingrediente puede estar presente en forma bicarbonato de sodio, uno de los agentes de levadura más utilizados para la elaboración de tortillas de harina (Tuncil *et al.*, 2016).

En los últimos años ha incrementado la demanda de productos bajos en sodio, por lo que se han introducido agentes no leudantes sodio para la producción de tortillas. Sin embargo, el sodio afecta significativamente la unión iónica en la matriz de masa, y entonces las alternativas de bicarbonato de sodio pueden afectar reología de la masa que afectando la calidad final del producto (Tuncil *et al.*, 2016).

Por ello es importante recalcar que todos los ingredientes en la elaboración de un producto son importantes para la calidad final del mismo, por lo que, si se agrega uno diferente, puede afectar considerablemente las características finales del producto.

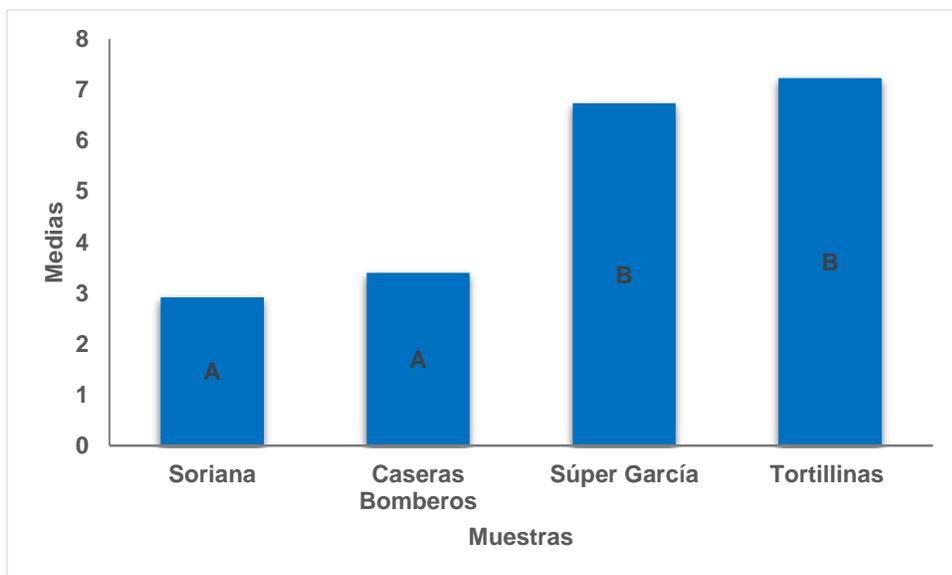


Figura 14. Frecuencia del atributo “rollabilidad” en las muestras de tortilla de harina evaluadas.

4.2.2. Grosor

En la figura 15, se muestran los resultados para el atributo de grosor de la tortilla. El ANOVA (Anexo 2) mostro diferencias significativas entre los tratamientos, se puede observar en el gráfico que la intensidad del atributo es baja en las muestras de tortilla súper García y Tortillinas, teniendo cierta similitud, ocurriendo con las Soriana y caseras Bomberos un índice más alto en cuanto a este atributo mostrando nuevamente similitud.

Dentro de los tratamientos tras la comparación de medias, se encuentran dos bloques similares en (Fig.14 y 15), en los cuales encontramos a las muestras (Soriana y caseras Bomberos) (súper García y Tortillinas). Si relacionamos la rollabilidad con el grosor observamos, mayor grosor se obtiene una menor rollabilidad y viceversa menor grosor mayor rollabilidad.

Cruz (2008), redacta que una tortilla de harina debe de resistir el plegado y el goteo por parte de los alimentos sin romperse o quebrarse, y reconoce que la flexibilidad es una de las características más importantes de la textura de una tortilla. El grosor de tortilla generalmente va de 1 a 2 mm.

Cuando hablamos del grosor de las tortillas, nos referimos técnicamente al espesor de esta, el cual puede ser muy variado y está estrechamente ligado a la rollabilidad, y a distintos parámetros encerrados dentro de la flexibilidad y textura, los panelistas citan que un gran grosor no es de agrado al momento de consumo del producto. Por ello, se debe encontrar un punto óptimo en este atributo.

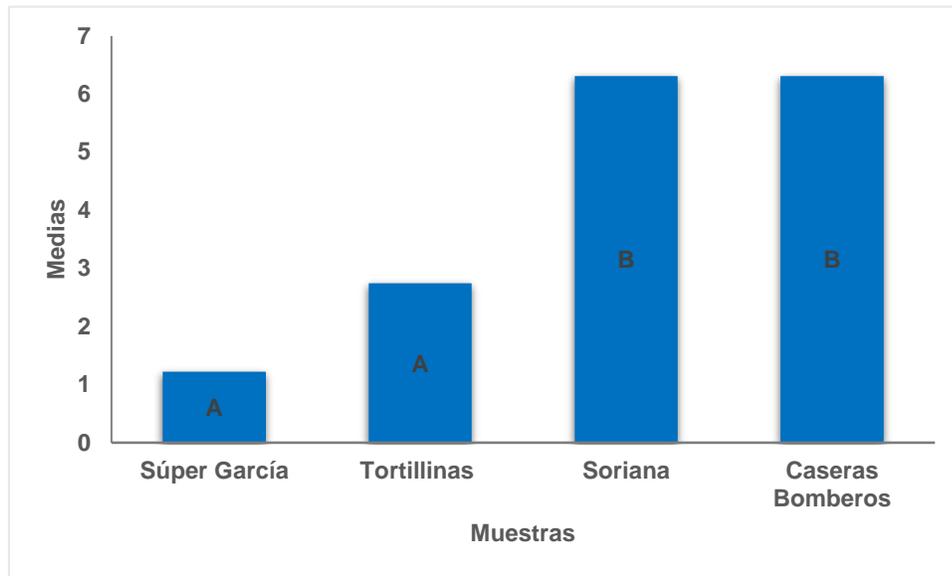


Figura 15. Frecuencia del atributo “grosor” en las muestras de tortilla de harina evaluadas.

4.2.3. Suavidad

La suavidad es un parámetro sensorial relacionado con la textura, es detectada por los sentidos del tacto, la vista y el oído, que se manifiestan cuando el alimento sufre una deformación (Flores, 2015). De acuerdo a el ANOVA (Anexo 3), existen diferencias entre tratamientos ($p < 0.05$), con una mejor percepción de la suavidad para las tortillas Tortillinas. Por otra parte, no se observan diferencias significativas entre el resto de las muestras evaluadas, con valores muy bajos de suavidad (Fig.16).

La suavidad es un atributo de agrado para el consumidor, por lo que se debe de buscar la forma de tenerlo presente en el producto. Este atributo puede estar

estrechamente relacionado, con ingredientes utilizados en su elaboración y con los procesos de fabricación.

Según Uvidia (2014), la adición de material grasa en la elaboración de tortillas mejora el aroma y la apariencia de las masas permitiéndole que se haga más suave. Por lo que una adición correcta o errónea de la misma puede afectar al producto final en cuantos determinados atributos, entre ellos la suavidad.

Además de algunos ingredientes que generan parámetro de suavidad, otro factor que influye, es el amasado que se utiliza para que la textura tortilla sea más suave. El proceso mecánico de amasado tiene dos funciones básicas: la primera, distribuir los ingredientes de forma homogénea; la segunda y más importante, que la masa desarrolle las cadenas del gluten durante el proceso de fermentación (Abalos *et al.*, 2020).

Amasar es incorporar aire a la masa y provocar un cambio en su textura. Las cadenas de gluten son como resortes que al amasar se estiran y forman una malla; entonces, la masa se va volviendo elástica para poder aumentar su volumen. En esa especie de malla, se forman cámaras de aire donde se deposita el bióxido de carbono que desprende la levadura. Debido a que se requiere de la expansión del aire, entre más se trabaje la masa, más aire se le aportará (Abalos *et al.*, 2020).

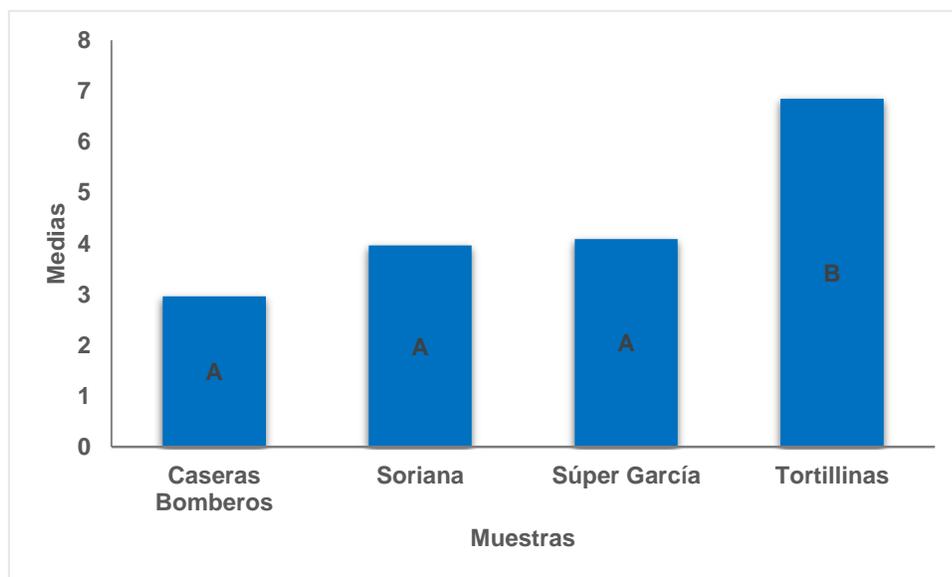


Figura 16. Frecuencia del atributo “suavidad” en las muestras de tortilla de harina evaluadas.

4.2.4. Olor a harina

En cuanto el atributo olor a harina, no se encontraron diferencias entre las marcas evaluadas (Anexo 4). Sin embargo, en la figura 17, se observa que la percepción del atributo es media, y los panelistas citaron que el olor es agradable y característico de la misma.

Dentro de la elaboración de distintos productos como lo son las tortillas, se desarrollan una serie de reacciones químicas que producen compuestos volátiles, los cuales son aromas percibidos por el sentido del olfato, caracterizando al producto. Las principales reacciones en la generación de los compuestos responsables del aroma y sabor son la hidrólisis, oxidación de lípidos y carbohidratos, reacciones enzimáticas, reacciones de oscurecimiento no enzimático y reacciones fotoquímicas (Badui, 2006).

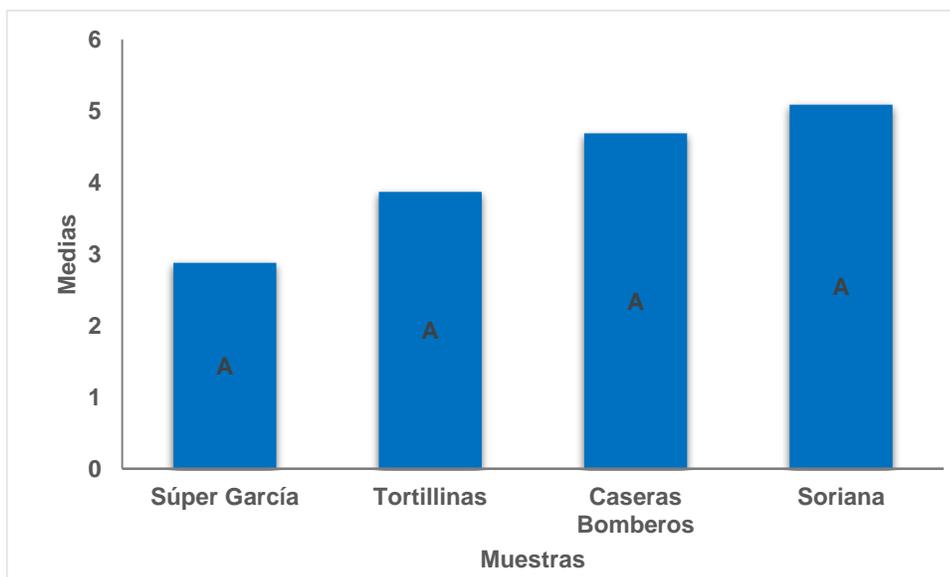


Figura 17. Frecuencia del atributo “olor a harina” en las muestras evaluadas.

4.2.5. Rugosidad

Para el atributo rugosidad, el ANOVA mostro una $p < 0.05$, lo que indica que al menos una muestra evaluada es diferente al resto (Anexo 5). Al hacer la comparación de medias, se observó que los valores más altos se presentan en la muestra caseras

Bomberos, mientras que los valores de rugosidad más bajos se encontraron en las muestras Tortillinas, súper García y, Soriana, sin diferencias entre ellas (Figura 18). De acuerdo al punto de vista de los evaluadores, la textura rugosa no le da una buena presentación a la tortilla, provocando desagrado hacia la misma.

La textura de la masa es crítica para el proceso de elaboración de tortilla. Cuando la masa tiene la textura adecuada, es lo suficientemente adhesiva para adherirse ligeramente a los rodillos laminadores de la máquina tortilladora y separarse adecuadamente (Gasca *et al.*, 2007).

Este atributo se puede disminuir si se realiza una adecuada formulación de ingredientes, y un proceso de mezclado correcto, para la obtención de una masa con características adecuadas, ya que esto ayudará al momento de expandir la tortilla con la fuerza de los rodillos.

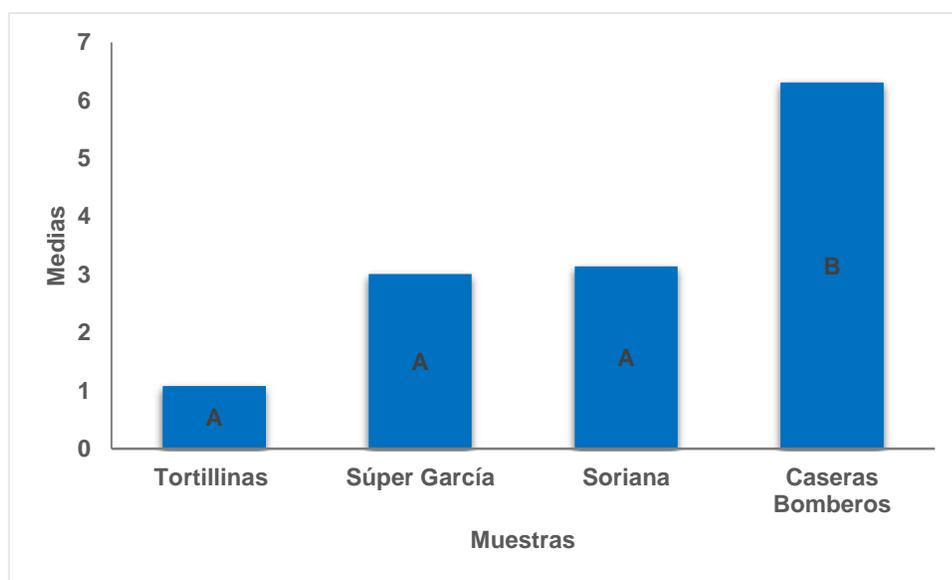


Figura 18. Frecuencia del atributo “rugosidad” en las muestras evaluadas.

4.2.6. Dulzor

El sabor dulce es producido por diferentes compuestos, como azúcares, aldehídos, alcoholes y cetonas. Cada compuesto tiene una determinada capacidad para provocar estas sensaciones, y por esta razón se llevan a cabo análisis sensoriales para cuantificar su poder o intensidad (Badui, 2006).

Para las muestras evaluadas, no se observaron diferencias entre ellas para el atributo dulzor (Anexo 6). De acuerdo a los valores mostrados en la Fig.19, la intensidad del atributo fue baja. A pesar de ello, los panelistas percibieron el sabor y citaron que es agradable para el sentido del gusto, por lo que en el proceso de elaboración se debe buscar la presencia de este atributo.

La harina es el ingrediente principal, en la elaboración de tortillas la cual contiene entre un 70 a 75% de almidón; es una mezcla de dos polisacáridos muy similares (la amilosa y la amilopectina) que tras el proceso de elaboración posiblemente genere este tipo de sabores en el producto (Torre *et al.*, 2014).

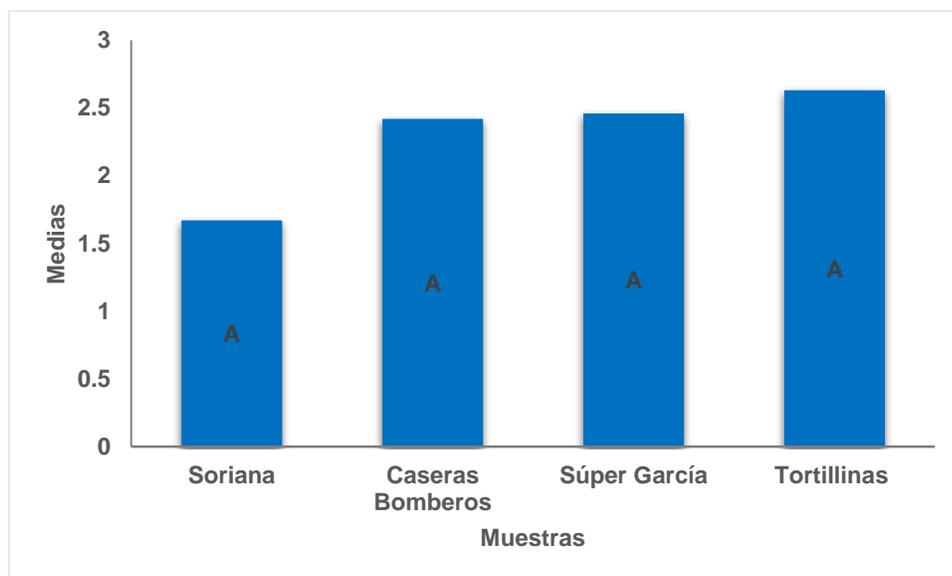


Figura 19. Frecuencia del atributo “dulzor” en las muestras evaluadas.

4.2.7. Salinidad (Sabor a sal)

La sensación de lo salado se debe fundamentalmente a las interacciones de los cationes y los aniones con los receptores de la lengua, así como sucede con el sabor amargo. Los cationes causan el sabor salado y los aniones lo inhiben. Además, a concentraciones bajas las sales pueden producir un sabor dulce. El cloruro de sodio se toma como referencia del sabor salado y a diferencia de otras sales, incrementa la salivación y la percepción del dulzor, además de enmascarar o disminuir notas metálicas y amargas (Badui, 2006).

El ANOVA para el atributo Salinidad (Anexo 7) mostró que no hay diferencia entre muestras ($p > 0.05$), obteniendo valores bajos que indican que la concentración de sal es adecuada en las diversas formulaciones (Fig. 20).

Según Piñol (2017), las tortillas de harina pueden contener entre 0.5 a 2 % de sal, que es utilizada para dar sabor.

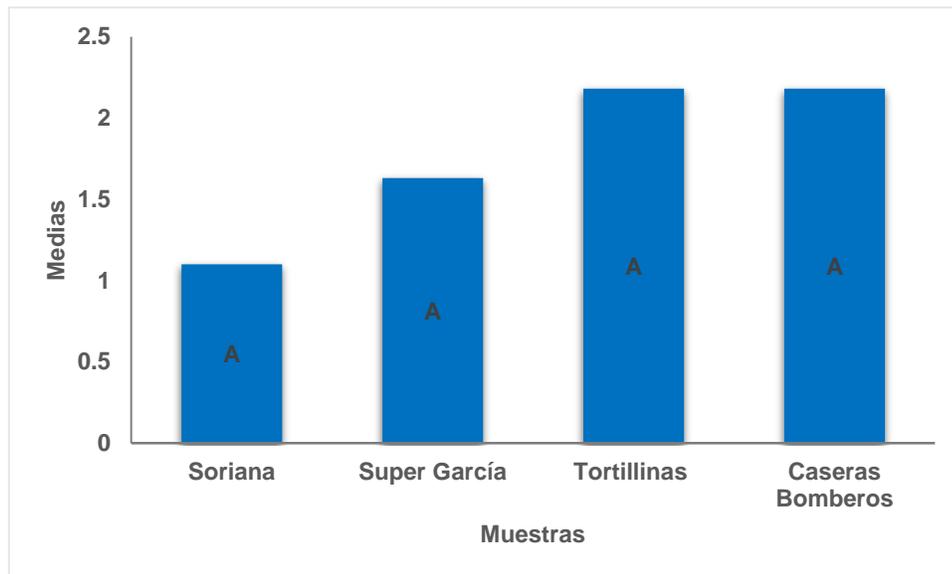


Figura 20. Frecuencia del atributo “salinidad” en las muestras evaluadas.

4.2.8. Apariencia con ojos

Tal como se muestra en el ANOVA para el atributo de apariencia con ojos (Anexo 8), existen diferencias significativas entre las diferentes tortillas ($p < 0.05$), donde la muestra Tortillinas presentó la menor intensidad, comparada con caseras Bomberos que presentaron un valor alto, la muestra Soriana no presentó diferencia respecto súper García y Tortillinas con una baja intensidad, y la súper García no presentó diferencias con la muestra Soriana y caseras Bomberos, con valores medios de intensidad (Fig. 21).

Se observaron diferencias por parte de los panelistas respecto a este atributo, ya que algunos para algunos el producto es más atractivo si tiene esta apariencia, pero el exceso le otorga un mal aspecto al producto. Por ello, es deseable que en la

elaboración de tortillas se tengan esta apariencia en pequeñas cantidades para hacer más atractivo el producto.

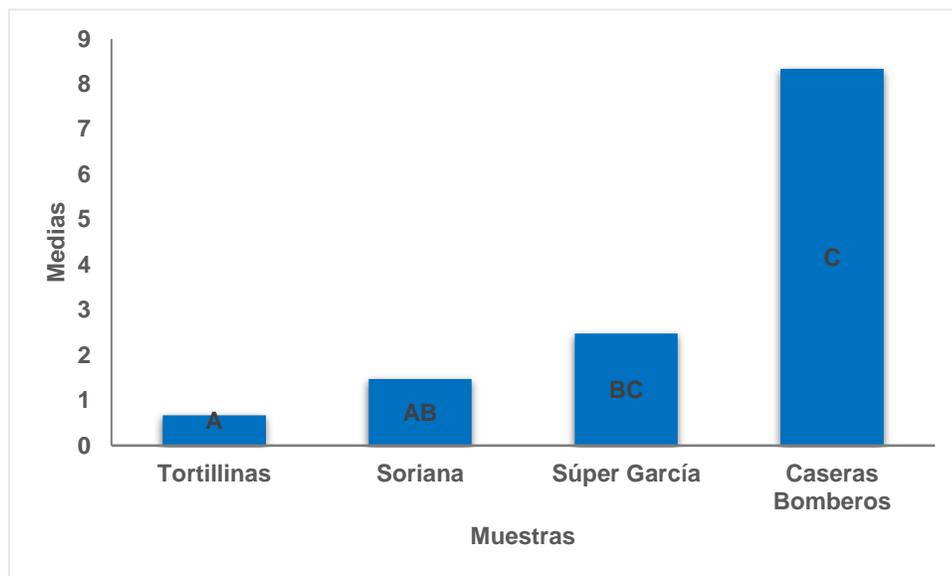


Figura 21. Frecuencia del atributo “apariencia con ojos” en las muestras evaluadas.

4.2.9. Esponjosidad

Una tortilla de buena calidad debe ser de aspecto esponjoso, opacas y gruesas. La levadura es el principal responsable de estos parámetros de calidad, ya que durante su crecimiento produce el dióxido de carbono. Por lo tanto, el tipo y la cantidad de levadura utilizada en la producción de tortillas es crítico para determinar el resultado de la calidad final de la tortilla (Tuncil *et al.*, 2016).

Con base en el ANOVA (Anexo 9), no existen diferencias significativas entre las muestras evaluadas ($p > 0.05$). Sin embargo, se observó que la intensidad de este atributo es bajo (Fig.22), lo que se debe a que dicho atributo se observa mejor al momento de cocción de la tortilla. Los panelistas reportaron que una tortilla apelmazada no es agradable, contrario a lo atractivo que resulta el producto al momento de consumo si se encuentran aire atrapado como burbuja. Por lo tanto, se recomienda que la tortilla presente cierto grado de esponjosidad al momento de su elaboración, ya que es una característica de calidad de este.

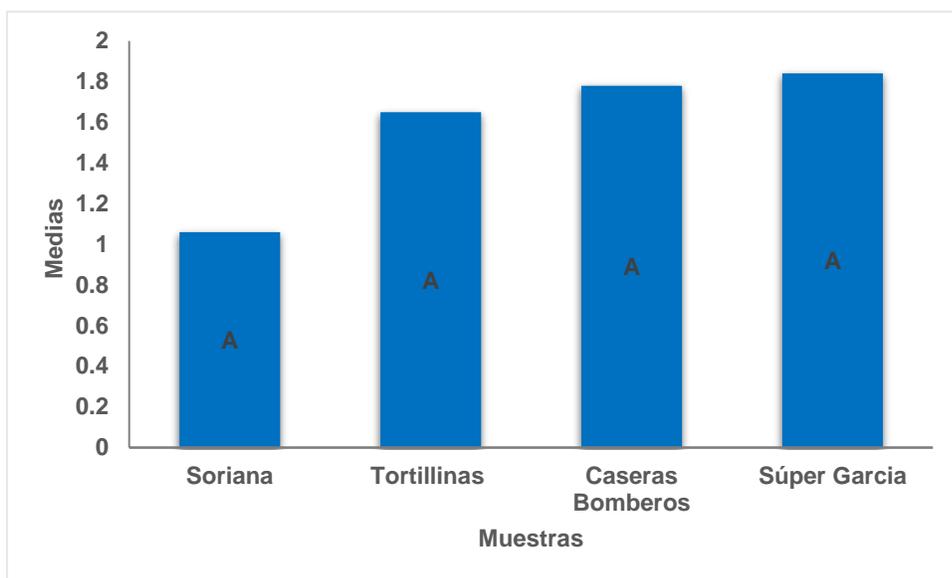


Figura 22. Frecuencia del atributo “esponjosidad” en las muestras evaluadas.

4.2.10. Sabor a harina

Para el atributo “sabor a harina” se observaron diferencias significativas entre las muestras evaluadas (Anexo 10). Tras la comparación de medias, se observa que las muestras súper García, Soriana y caseras Bomberos presentaron los valores más altos de dicho atributo, sin diferencia entre ellas. Por otra parte, muestra Tortillinas obtuvo una intensidad más baja (Fig. 23).

La intensidad en percepción en este atributo es media, los panelistas redactan que es agradable y lo podríamos describir como el sabor típico de las tortillas.

Chamorro *et al.* (2010), describe que la tendencia de consumo de pan se inclina por panes artesanales debido a su sabor y textura. Lo que ocurre de manera similar en las tortillas de harina.

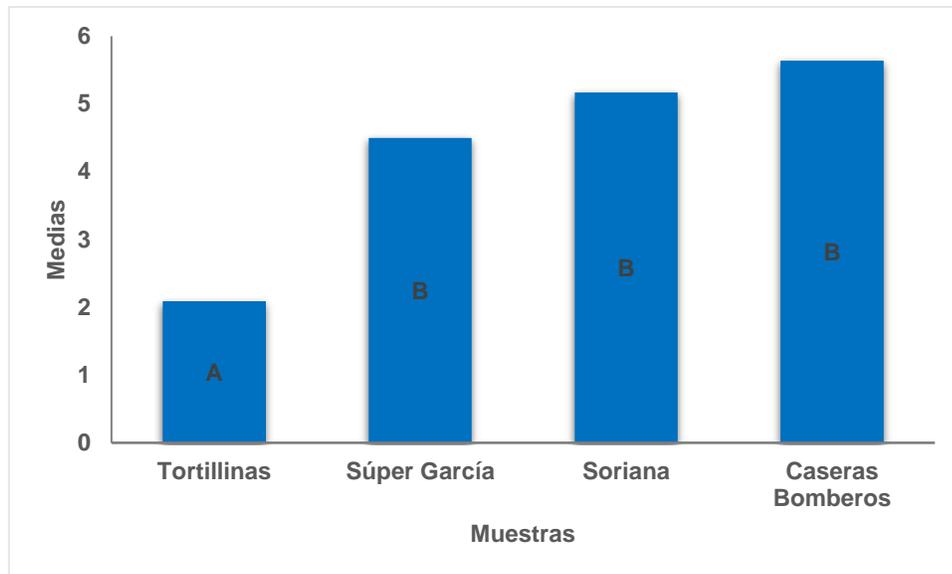


Figura 23. Frecuencia del atributo “Sabor a harina” en las muestras evaluadas.

4.2.11. Elasticidad

Sensorialmente, la elasticidad se define como el grado hasta el cual regresa un producto a su forma original, una vez que ha sido comprimido entre los dientes (Hernández, 2005).

Este parámetro está relacionado con la reología que es la ciencia que estudia la deformación de un cuerpo sometido a esfuerzos externos. Con ayuda de la evaluación sensorial se puede medir el este parámetro teniendo un punto de vista diferente a los datos mecánicos. Por lo que se puede hacer reestructuraciones en el proceso de elaboración controlando parámetros de calidad intermedios y finales que determinan la aceptación final del producto. Dando un aporte a los cálculos de ingeniería donde se involucran equipos de elaboración como lo son: bombas, extrusores, mezcladores, homogenizadores, intercambiadores de calor, tuberías, etc.(Navas, 2006).

En el presente estudio no se observaron diferencias entre las muestras evaluadas respecto al atributo de elasticidad (Anexo 11). Por lo tanto, se puede decir que las muestras evaluadas presentaron un buen comportamiento en cuanto a este parámetro (Fig. 24).

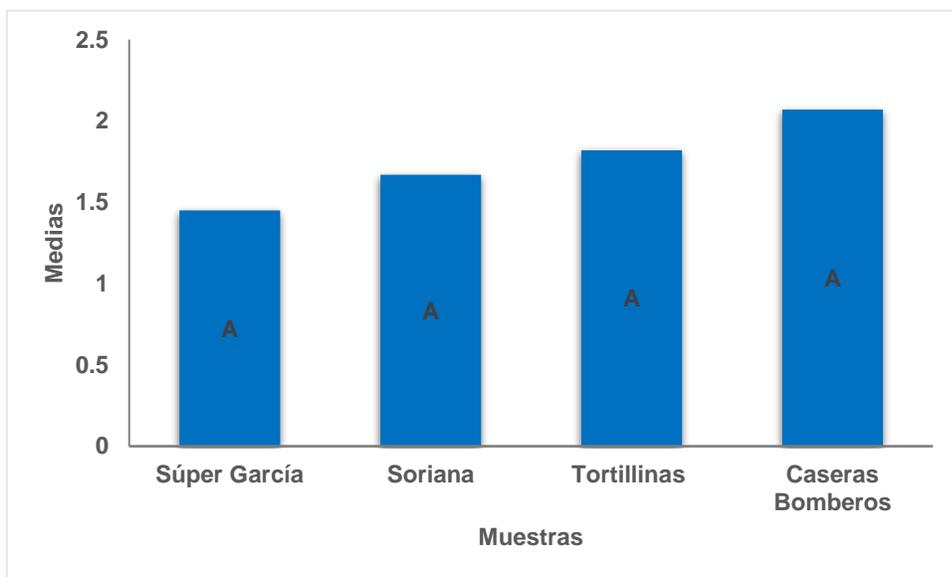


Figura 24. Frecuencia del atributo “Elasticidad” en las muestras evaluadas.

4.2.12. Olor dulce

Con base en el ANOVA (Anexo 12), no existen diferencias significativas entre las muestras evaluadas ($p > 0.05$), para el atributo olor dulce. Sin embargo, se observó que la intensidad de este atributo es bajo (Fig.25). Los panelistas reportaron que el atributo es agradable al momento de consumo.

Synnott (2003), menciona que el olor representa muchas cosas, marca límites, es un símbolo de estatus, algo que mantiene distancias, una técnica para dejar una buena impresión, y una señal de peligro. Los olores avivan recuerdos y despiertan el apetito.

Por lo que entre más olores agradables se encuentren en un producto alimenticio como lo es la tortilla, demostraran que es un producto de calidad denotando en la preferencia del consumidor.

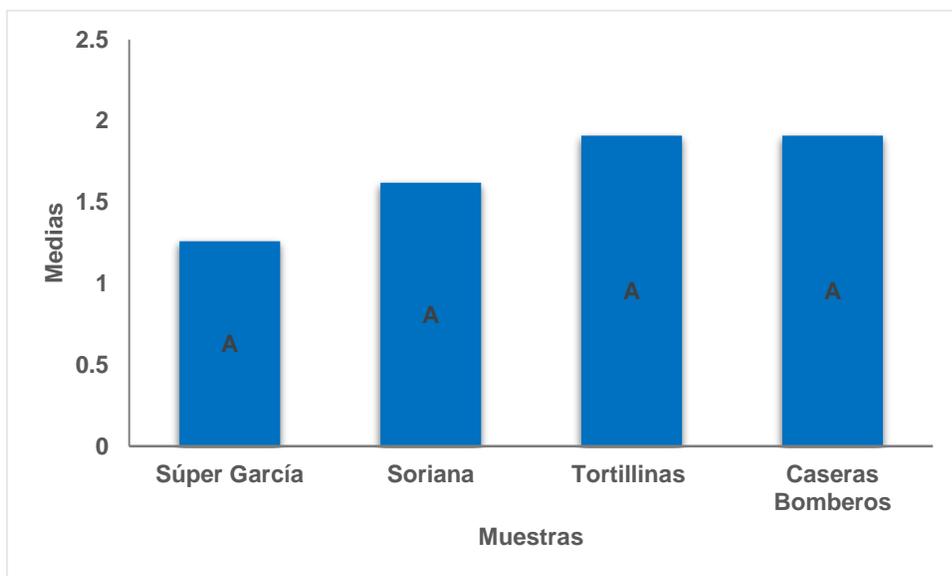


Figura 25. Frecuencia del atributo “olor dulce” en las muestras evaluadas.

4.2.13. Gomosidad

De acuerdo con el ANOVA (Anexo 13), existen diferencias entre muestras respecto a la gomosidad, siendo las marcas súper García y Tortillinas estadísticamente iguales, con una intensidad muy baja mientras que las marcas Soriana y caseras Bomberos fueron iguales estadísticamente, con una intensidad mayor (Fig. 26).

La gomosidad es un atributo relacionado con la textura, el cual puede ser captado por los dedos o los receptores bucales durante la masticación. Entre las características captadas por los dedos están: firmeza (frutas), suavidad (selección de frutas), y, jugosidad (maíz). Entre las captadas por los receptores bucales (lengua, dientes y paladar) están: masticabilidad, fibrosidad, grumosidad, harinosidad, adhesividad y, grasosidad, entre otras (Flores, 2015).

Los panelistas no manifiestan, si el atributo es complacencia para ellos, mas sin embargo este atributo puede denotar en la calidad del producto.

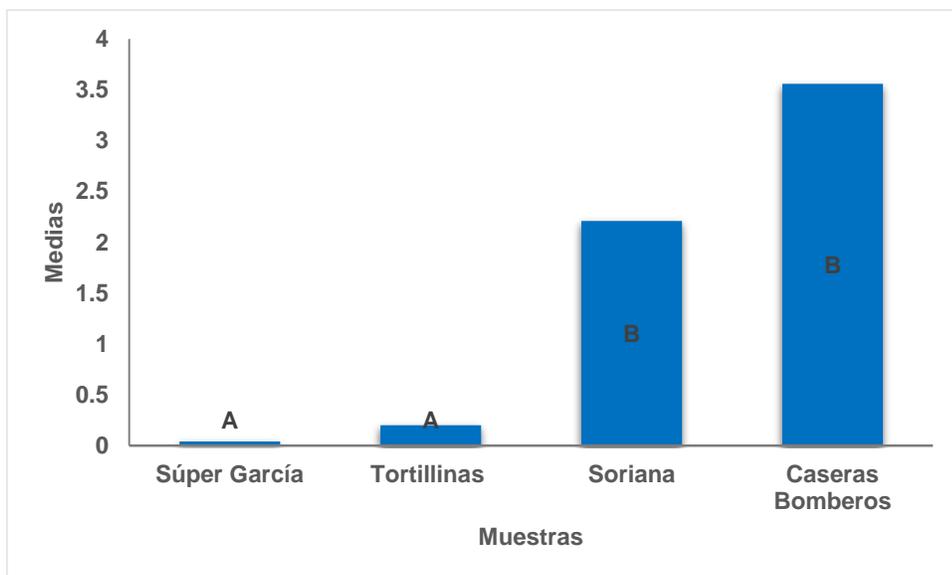


Figura 26. Frecuencia del atributo “gomosidad” en las muestras evaluadas.

4.2.14. Homogeneidad

Con respecto al ANOVA para el parámetro homogeneidad (Anexo 14), se observaron diferencias entre los tratamientos ($p < 0.05$), al analizar las muestras, se obtuvo que la muestra caseras Bomberos se encontró con intensidad más baja en cuanto el atributo, mientras que la súper García y Soriana, mostraron similitudes, los valores más altos se encontraron en las muestras Tortillinas (Fig. 27).

Detectando diversos factores la vista detecta principalmente el color siendo el primer “filtro” para la aceptación de un alimento ya que puede revelar normalidad o anomalías en un producto. También se aprecia la apariencia (forma, superficie, tamaño, rugosidad) (Molina, 2011).

Los jueces reportan que este atributo no es de agrado, y se refieren a que las muestras presentan (bordes, partes de harina, partes mal cóccidas y mayor o menor número de puntos cafés), este atributo es captado principalmente por la vista y es de suma importancia al ser la primera impresión que los consumidores captan.

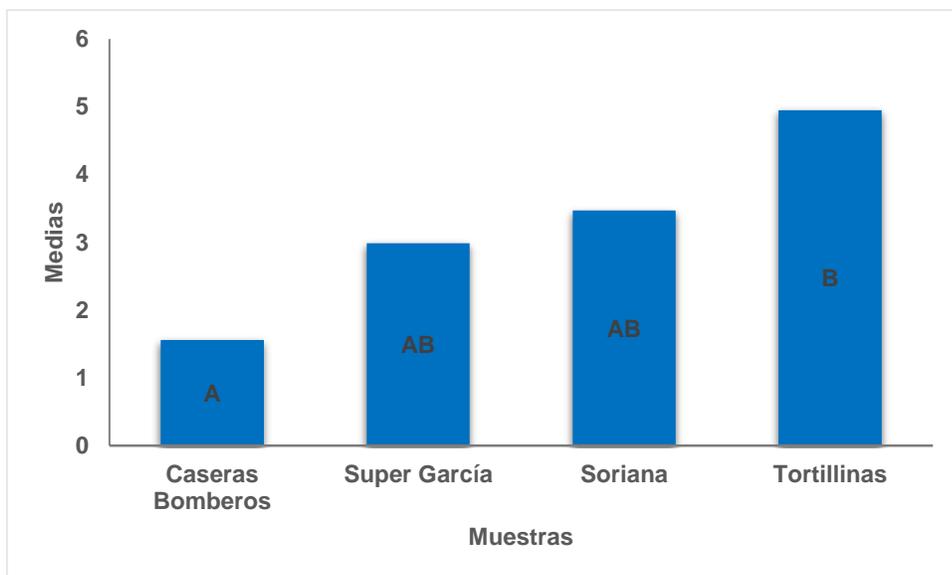


Figura 27. Frecuencia del atributo “homogeneidad” en las muestras evaluadas.

4.2.15. Olor a mantequilla

El ANOVA para el atributo olor a mantequilla (Anexo 15), no mostro diferencias significativas ($p > 0.05$), más sin embargo en la figura 28, se puede observar que intensidad del parámetro percibido es baja. Los panelistas se refieren al olor como agradable por lo que este atributo debe de buscarse en la elaboración de tortillas. Conforme a Vázquez *et al.*, (2011), dicta que los consumidores de tortillas en México prefieren consumir tortilla tradicional, recién elaborada debido a su olor y sabor. Entre más olores agradables sobresalgan en la tortilla, esta será de más atractiva para el consumidor demostrando su calidad.

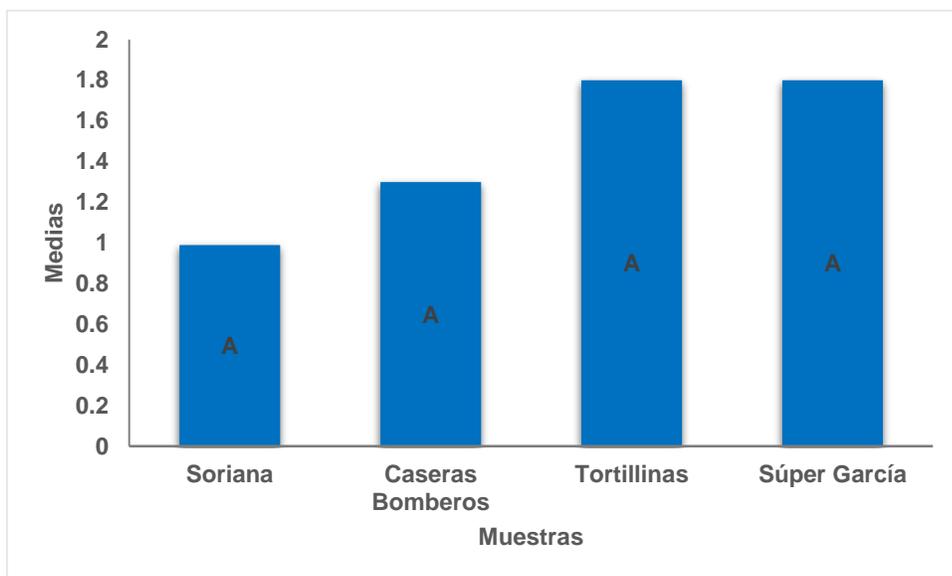


Figura 28. Frecuencia del atributo “olor a mantequilla” en las muestras evaluadas.

4.2.16. Apariencia delgada

Para el atributo de apariencia delgada, el ANOVA arrojó diferencias significativas entre las muestras (Anexo 16). La mayor percepción de apariencia delgada se observó en la muestra súper García y Tortillinas, sin diferencia entre ambas. Tortillinas, a su vez, fue estadísticamente igual a caseras Bomberos y Soriana, con los valores más bajos (Fig. 29). Los panelistas visualizan que si está muy gruesa no se cose correctamente lo que convierte a este atributo desagradable y contrariamente delgada y transparente también produce desagrado. Por ello, se debe buscar un punto óptimo en el espesor de la muestra.

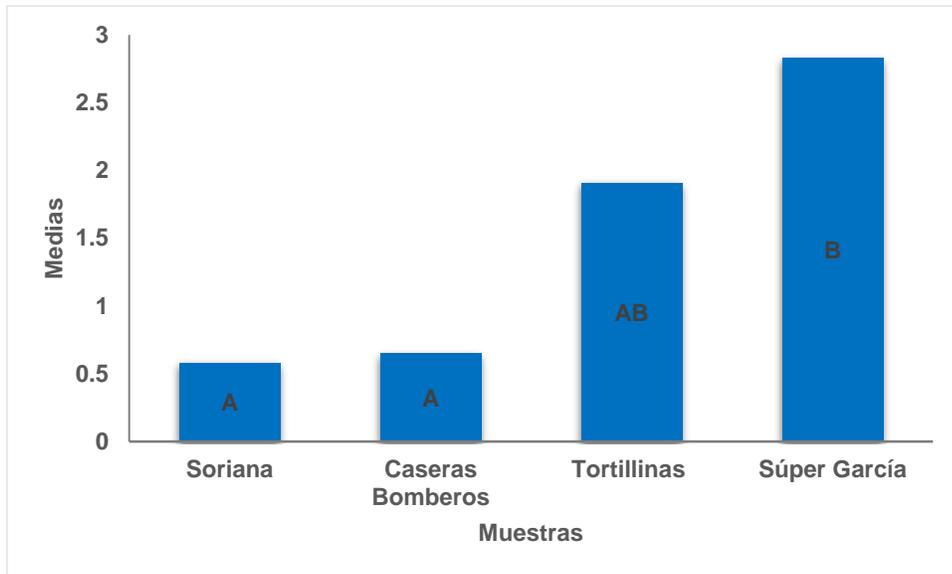


Figura 29. Frecuencia del atributo “apariciencia delgada” en las muestras evaluadas.

4.2.17. Sabor a grasa

Respecto al atributo “sabor a grasa”, se encontraron diferencias entre muestras (Anexo 17). En la figura 30 se observa, la muestra súper García tiene la intensidad más baja, comparada con la muestra Tortillinas, donde se reportó el valor más alto. Las muestras Soriana, y caseras Bomberos fueron estadísticamente iguales, y no presentaron diferencia respecto a súper García y Tortillinas. Los evaluadores no expresaron respuestas de desagrado o gusto por este atributo.

Con base en lo descrito por Medina (2010), que menciona que las grasas de repostería proporcionan una textura tierna, favorecen la aireación de los productos fermentados, y promueven una textura y sabor agradables.

Considerando lo anterior asegurar que el atributo “sabor a grasa” es un atributo de agrado para los consumidores, encontrándose en una concentración baja dentro del producto.

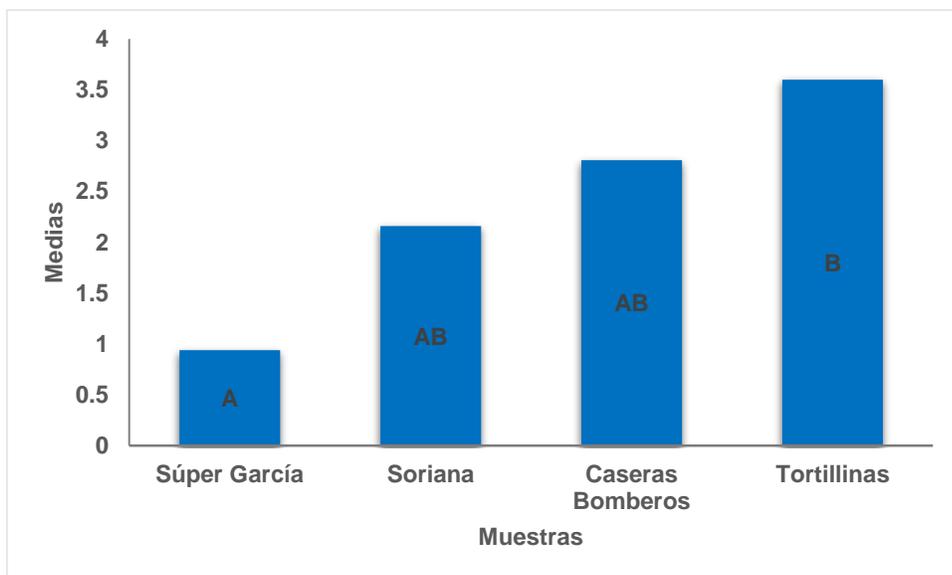


Figura 30. Frecuencia del atributo “sabor a grasa” en las muestras evaluadas.

4.2.18. Apariencia a grasa

Al evaluar el atributo “apariencia a grasa” se obtuvieron diferencias significativas entre muestras (Anexo 18). La mayor percepción de este atributo se presentó en la muestra Tienda García, sin diferencia significativa con la muestra caseras Bomberos (Fig. 31). Por otro lado, no se observaron diferencias entre las muestras Soriana y Tortillinas quienes a su vez son parecidas a caseras Bomberos. Los jueces reportaron que este atributo no es de agrado para ellos, principalmente el rechazo de este atributo se genera, porque genera un mal aspecto en la apariencia del producto.

Los estímulos visuales relacionados con los alimentos son muy importantes en el proceso de la ingesta de alimentos, ya que interviene captando todos los atributos que se relacionan con la apariencia, aspecto, tamaño, color, forma, defectos (López, 2015).

La apariencia a grasa es un defecto en la elaboración de tortillas, uno de los motivos podría estar asociado a que existe una relación recíproca, entre el consumo excesivo de alimentos de alta densidad energética, produciendo una respuesta que, a su vez, altera la sensibilidad gustativa y promueve la obesidad (López, 2015).

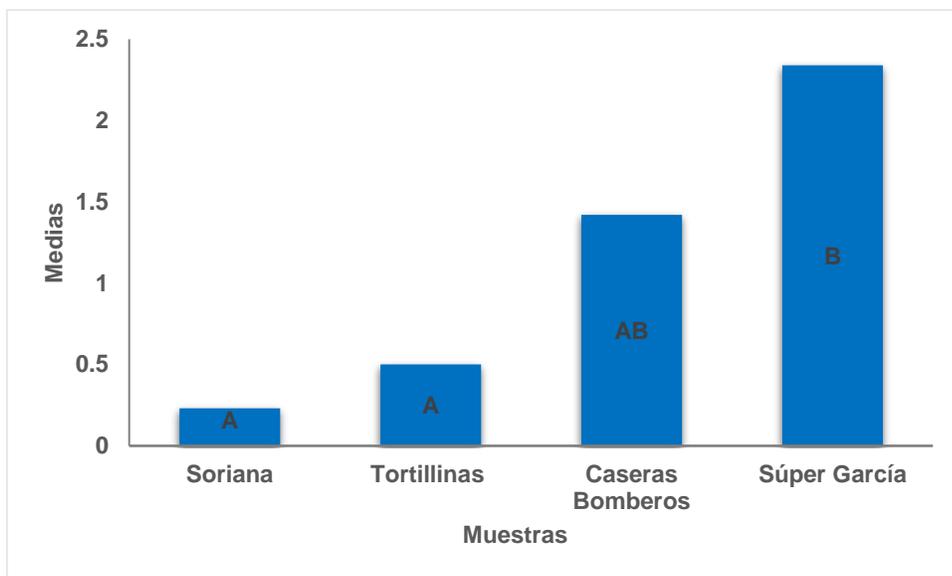


Figura 31. Frecuencia del atributo “apariciencia a grasa” en las muestras evaluadas.

4.2.19. Apariencia tostada

De acuerdo al ANOVA del atributo apariencia tostada (Anexo 19), no se encontraron diferencias entre los tratamientos ($p > 0.05$). Se puede observar los valores de las medias del atributo es percibido en una intensidad baja (Fig.32). Los evaluadores comentaron que las muestras se tornan quebradizas al momento de consumo por lo que el atributo es desagradable, por lo tanto, no debe ser percibido por los consumidores. Este parámetro se puede originar por una errónea cocción o por la humedad de las muestras afectando otros atributos característicos de la misma como la suavidad y flexibilidad.

De acuerdo a Moreno *et al.* (2003), conforme transcurren los días de almacenamiento de tortillas “maíz” la pérdida de humedad es inminente perdiendo 30% de humedad en 5 días de almacenamiento en refrigeración. Por otra parte, Cruz (2008), expresa que las tortillas frescas son suaves, extensibles y flexibles. Cuando la tortilla envejece, la textura se vuelve más firme, menos extensible y menos enrollable.

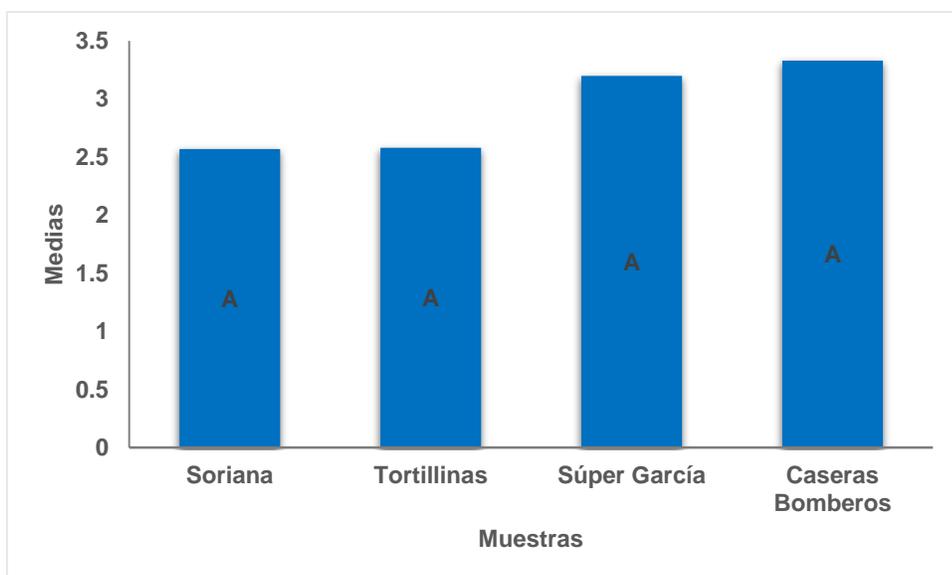


Figura 32. Frecuencia del atributo “apariciencia tostada” en las muestras evaluadas.

4.2.20. Olor salado

Con base en el ANOVA (Anexo 20), no existen diferencias significativas entre las muestras ($p > 0.05$), sin embargo, se observa que la percepción de la intensidad del atributo es baja (Fig.33). Los panelistas mencionan existe un olor a sal dentro de las tortillas evaluadas, resultando agradable, mas no debe de ser superior al olor dulce. De acuerdo con Quitral *et al.* (2015) la presencia de la sal en el pan cumple con diversas funciones que van más allá del sabor. Un buen ejemplo se relaciona con el atributo olor del pan. Existe un gran número de compuestos volátiles que han sido identificados como relacionados con el aroma del pan y sólo unos pocos tienen una incidencia determinante en su aroma final. Se originan por la actividad enzimática ocurrida durante el amasado, derivado del metabolismo de las levaduras y las bacterias lácticas durante la fermentación de la masa, las reacciones de oxidación de los lípidos y las reacciones térmicas durante la cocción, principalmente reacciones de Maillard y de caramelización.

Según el contenido de sal, se originan cambios en la capacidad de las masas en retener gas, fenómeno explicado por los efectos que produce la sal en la actividad metabólica de la levadura, ya que la presión osmótica producida por el cloruro de

sodio (NaCl) en la membrana semipermeable de las células de levadura inhibe el crecimiento de ésta. El NaCl deprime la actividad de la levadura, así como la actividad de otros microorganismos, por lo que su reducción incrementa la tasa de fermentación. Por lo tanto, al haber un menor contenido de sal en la masa, se anula tal inhibición, lo que podría resultar en una mayor actividad de la levadura y un mayor aroma relacionado a este microorganismo en la masa. Este aroma podría dificultar la percepción de "aroma típico" a pan por los evaluadores/consumidores (Quitral *et al.*, 2015).

Por lo que la aparición de este olor puede estar relacionada con el olor a harina (Fig.17), que podemos describir como olor típico de las tortillas, mostrando que no existe variabilidad en las muestras, más sin embargo este atributo debe sobresalir en una percepción alta.

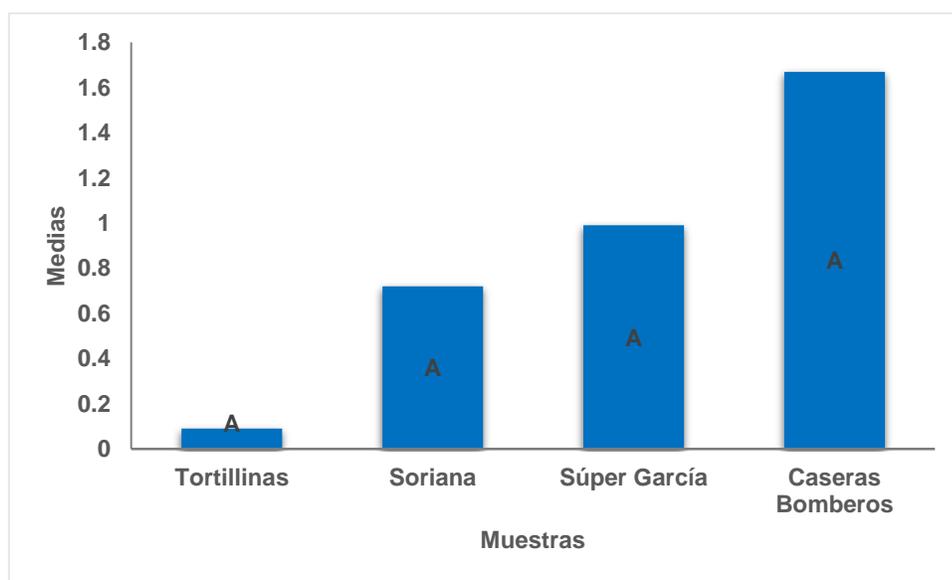


Figura 33. Frecuencia del atributo “olor a salado” en las muestras evaluadas.

4.2.21. Olor a grasa (Vegetal)

El ANOVA para el atributo “olor a grasa” encontró diferencias significativas (Anexo 21). El valor más alto de percepción de este atributo se observa en la muestra caseras Bomberos, mientras que el más bajo lo presentó la muestra Soriana. No obstante, las muestras Tortillinas y súper García no presentaron diferencia entre

ellas, así como también con caseras Bomberos y Soriana (Fig. 34). Los jueces no aportaron respuestas positivas o negativas para este atributo, pero cabe mencionar que se refieren al olor como grasa vegetal.

Las grasas en la producción de tortillas es relevancia al tener diversas funciones como: tornan más suave la textura, contribuyen a que el producto sea tierno y dan una sensación bucal húmeda, aportándoles además estructura, lubricación e incorporación de aire (Franco, 2011).

Las grasas y aceites comestibles se oxidan lentamente durante el almacenamiento y los productos de oxidación que se forman producen rancidez, lo que provoca malos olores y sabores al producto final (Medina, 2010).

Tomando en cuenta que los panelistas, no manifestaron respuesta negativa afirmamos que es un buen atributo siempre y cuando brinde olores característicos al de su origen, encontrándolo en un rango de percepción bajo.

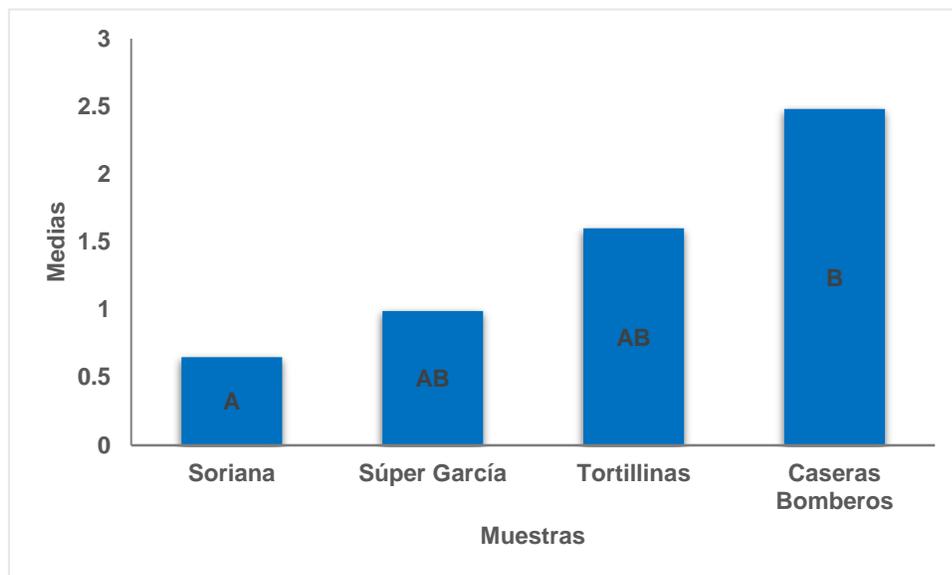


Figura 34. Frecuencia del atributo “olor a grasa” en las muestras evaluadas.

4.2.22. Apariencia a cruda

Para el atributo “apariencia cruda” el ANOVA mostro que no existen diferencias significativas entre los tratamientos (Anexo 22). Los rangos en este parámetro son bajos, encontrándose 0 al 1.2 aproximadamente (Fig. 35). Los panelistas describen

la apariencia cruda como mal cóccido y desagradable, por lo que este atributo no debe de ser percibido por los consumidores, ni encontrarse en el producto final. Según Saráuz *et al.*, (2011), las tortillas de trigo son sometidas a un proceso de precocido, con el objetivo de permitir su almacenamiento y la conservación. Este atributo se puede generar al momento de consumo por una errónea cocción. Otro factor que pudiese repercutir en este atributo es el grosor de las muestras, mas sin embargo no se muestra similitud con la figura 15.

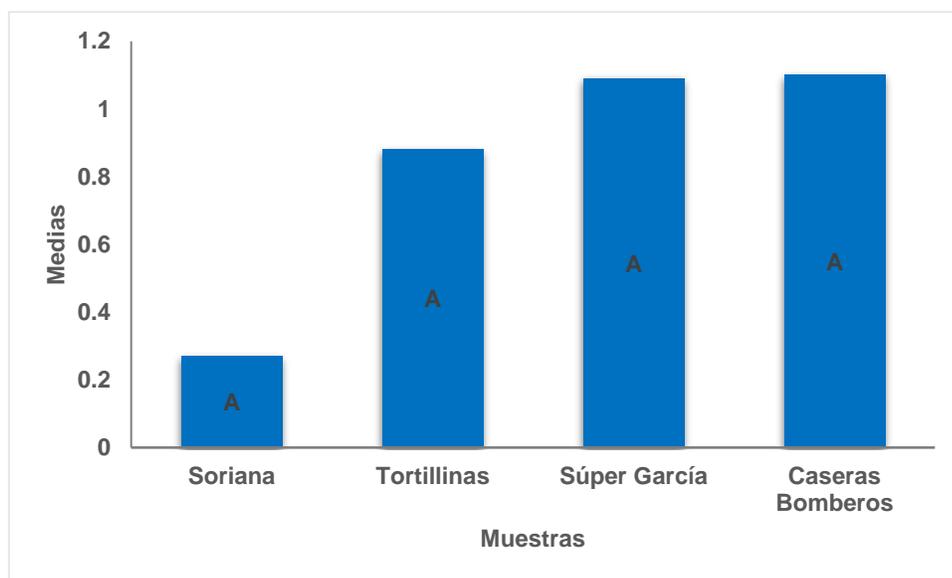


Figura 35. Frecuencia del atributo “apariencia a crudo” en las muestras evaluadas.

4.3. Análisis de componentes principales (ACP)

La figura 36 muestra la configuración consensuada de las muestras de tortillas de harina de trigo y los atributos obtenidos por los panelistas después de GPA, que explicaron el 83.78% de la variabilidad total en dos dimensiones (59.21% para la primera dimensión y 24.57% para la segunda dimensión). Entre los 22 atributos que presentan la frecuencia más alta de citas (cuadro 6), la rollabilidad, el grosor, la humedad, el dulzor, la consistencia, la cortabilidad, las manchas cafés, el esponjado, el olor salado, el olor dulce, el olor a harina, la redondez, la salinidad, y el color beige fueron los atributos que mejor se correlacionaron con la primera dimensión (valores de correlación de 0.949, -0.914, 0.820, -0.843, 0.838, -0.875, -

0.674, -0.859, -0.564, -0.770, 0.786, -0.979, 0.844, y 0.849 respectivamente). Para la segunda dimensión se observó que la suavidad, el olor a canela, la transparencia, la resistencia al corte, la apariencia cruda y la apariencia tostada mostraron una buena correlación (valores de correlación de 0.550, -0.763, -0.858, 0.953, 0.930 y 0.790). El cuadro, 8 muestra los valores de los atributos que mostraron mejor correlación.

Cuadro 8. Correlaciones entre dimensiones en la configuración de consenso inicial y los factores.

		Dimensión 1	Dimensión 2	Dimensión 3
Var 1	Rollabilidad	0.949**	0.143	0.282
Var 2	Grosor	-0.914**	-0.402	-0.049
Var 3	Humedad	0.820**	-0.561	0.113
Var 4	Dulzor	-0.843**	-0.520	0.139
Var 5	Consistencia Cremosa	0.838**	-0.220	-0.499
Var 6	Cortabilidad	-0.875	0.368	0.315
Var 7	Tamaño	0.152	-0.097	0.983**
Var 8	Manchas Cafés	-0.674	0.622	0.400
Var 9	Suavidad	0.292	0.550	0.783
Var 10	Esponjado	-0.859**	0.460	-0.223
Var 11	Olor Salado	-0.564	-0.463	0.684
Var 12	Olor dulce	-0.770	0.578	0.270
Var 13	Olor a canela	-0.293	-0.763	0.577
Var 14	Olor a harina	0.786	-0.574	-0.228
Var 15	Redondez	-0.979**	-0.134	0.152
Var 16	Salabilidad	0.844**	0.284	0.454
Var 17	Color café o Beige	0.849**	0.523	0.074
Var 18	Trasparencia	-0.026	-0.858**	0.513

Var 19	Resistencia al corte	0.121	0.953**	0.278
Var 20	Apariencia cruda	-0.019	0.930**	0.367
Var 21	Olor a grasa	-0.355	-0.060	0.933**
Var 22	Apariencia tostada	-0.346	0.790	0.506

Los resultados indican que las distintas muestras de tortillas analizadas muestran características propias que las distinguen además de tener variabilidad entre cada atributo obtenido con diferentes rangos de intensidad.

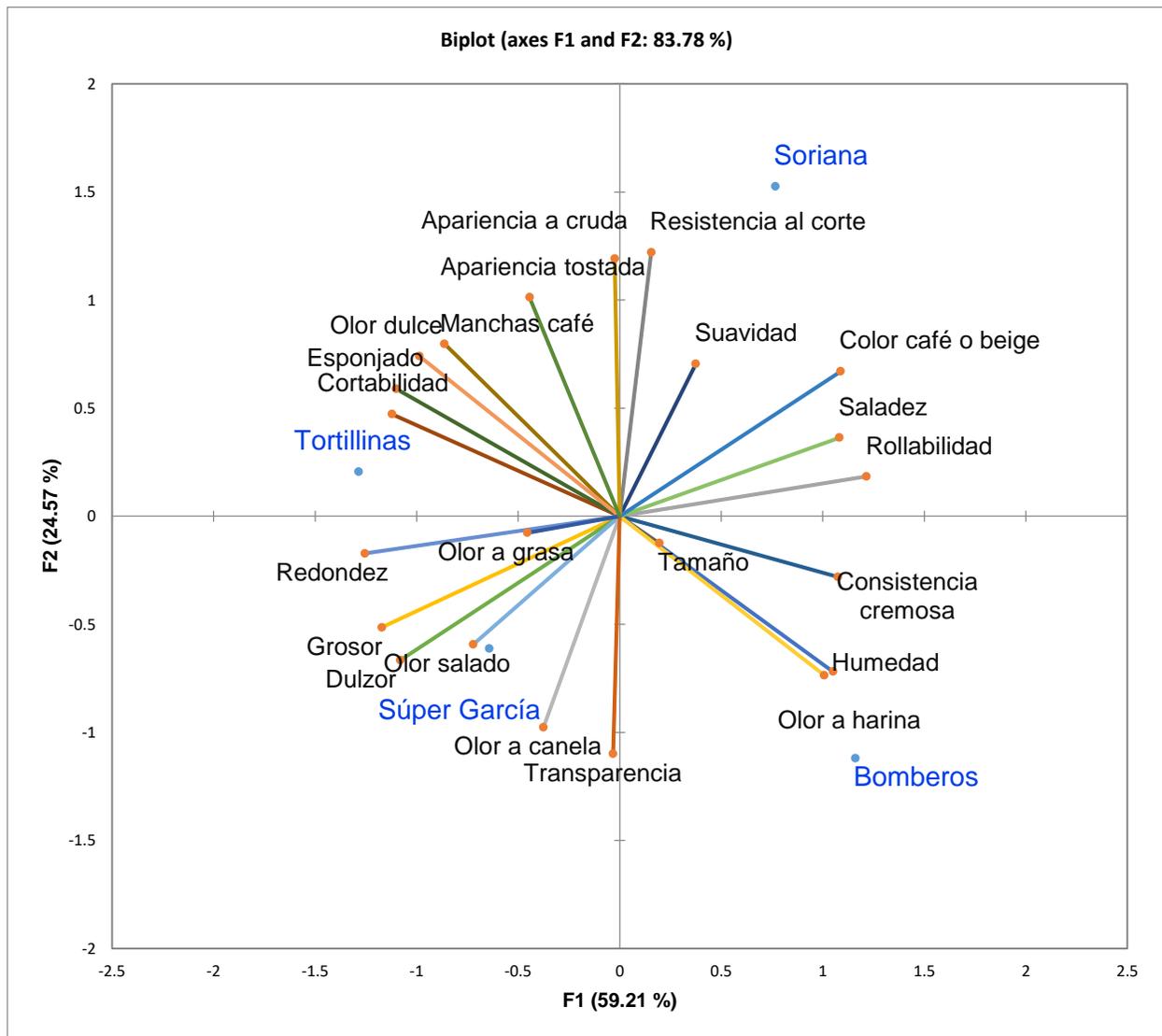


Figura 36. Mapa sensorial de componentes principales.

Se puede observar en cada cuadrante los atributos más relevantes de cada muestra caracterizando 22 variables en las cuales se encuentran distribuidas en cada muestra.

En el cuadrante 1, se encuentra la muestra de tortilla de la Soriana, con 5 atributos distintivos en ella, siendo la resistencia al corte y el color café o beige los que más sobresalen con una intensidad alta. Con una intensidad media los atributos saladez y rollabilidad, siendo el atributo con menor intensidad la suavidad.

Todos y cada uno de los atributos de un alimento crean la esencia del mismo y por lo consiguiente, la preferencia en la compra del producto. A lo largo del tiempo, cada pueblo o región, va generando características alimentarias basadas en componentes culturales que se encuentran asociados a los patrones de consumo de los individuos, y que de forma gradual conforman su cocina tradicional (Blanco *et al.*, 2014). Por ello, las características sensoriales de la tortilla de harina en el norte del país influyen al momento de su consumo, generando una satisfacción al consumidor. Los atributos mencionados con anterioridad son los que más se destacan en las muestras de tortillas Soriana causando un estímulo favorable para los sentidos de los evaluadores.

Según Tulcil (2016), la rollabilidad es una característica de suma importancia para los consumidores, y una tortilla de buena calidad debe ser esponjosa, opaca y gruesa. Un atributo de gran importancia en la elaboración de tortillas de harina es la saladez, ya que en altas cantidades puede ser desagradable para quien lo consume, por lo cual se prefiere una intensidad baja. Las tortillas de harina pueden contener entre 0.5 a 2% de sal, empleada para dar sabor (Piñol, 2017). La tonalidad es otro atributo que llama la atención de los consumidores. Los alimentos, tanto en su forma natural como procesada, presentan un color característico y bien definido mediante el cual el consumidor los identifica. El color a menudo se utiliza para determinar el contenido de pigmentos de un producto, que a su vez es un índice de calidad, como lo es en el caso del salmón o del vino (Badui, 2006). El color Café o beige distingue o caracteriza a las tortillas, y las variaciones entre muestras se deben a distintas formulaciones y procesos de elaboración. En el caso del atributo suavidad, esta debe sobresalir un poco más, ya que los panelistas reportaron que es agradable y

el tenerlo presente es un signo de calidad en el producto. Finalmente, la resistencia al corte resultó ser el atributo de mayor relevancia para la muestra, Jiménez *et al.* (2015) describe que la fuerza a la tensión y la resistencia al corte son propiedades de la textura de la tortilla con las que se evalúan la plasticidad y el grado de dureza del producto. Cuanto más suave y blanda es una tortilla, se requiere menos trabajo para su masticación, y el producto es de mejor calidad.

En el cuadrante 2 del ACP se ubicó Tortillinas, con 6 atributos característicos, la mayoría con una intensidad alta, sobresaliendo el esponjado, olor dulce, y apariencia cruda; y en menor grado cortabilidad, manchas cafés y, apariencia tostada. Cabe mencionar que la mayoría de los atributos mencionados tienen una buena correlación en la primera dimensión. La cortabilidad se atribuye, a parámetros físicos como la tensión, que es la fuerza que se aplica al producto y la cohesividad sensorial, es el grado hasta el cual puede comprime una sustancia entre los dientes antes de romperse (Hernández, 2005). Para, este atributo debe de buscar un punto óptimo ya que caracteriza parámetros de calidad de la tortilla. Este atributo se utiliza para consumirla, ya que muchos prefieren hacer un rollo o corta en 4 ó 6 pedazos para recoger los alimentos, o bien se utiliza envolviendo diferentes rellenos (Yeverino *et al.*, 2010), por lo que es muy notoria su presencia.

El atributo “esponjado” se percibe por el tacto, y es la capacidad y rapidez con la que el pan regresa a su forma original después de aplicarle la fuerza necesaria para su deformación (Cruz *et al.*, 2016). En el caso de la tortilla, este atributo se percibe mejor al momento de su cocción, tras el inflado, ya que la tortilla con mayor inflado es más preferida, ya que retienen más humedad, tienen más suavidad y mejor textura (Cárdenas *et al.*, 2001). Por lo anterior, este atributo caracteriza a un producto de buena calidad y, por tanto, debe estar presente debido al agrado de los consumidores. El olor dulce por su parte, es resultado de diversas reacciones químicas que producen compuestos volátiles, responsables de los aromas que percibe el olfato, caracterizando al producto (Badui, 2006).

Uno de los principales aspectos que un individuo percibe en un alimento es el color, aunque también se perciben otros atributos como la apariencia, la forma, la superficie, el tamaño, el brillo, la uniformidad y la consistencia visual (textura)

(Hernández, 2005). En la tortilla, además del color se perciben puntos cafés, lo que llama la atención del consumidor, de acuerdo con Cruz (2008) y Calleja & Basilia (2016), redactan que es la apariencia blanca satinada, con algunos puntos cafés que da la impresión de un buen cocimiento. La apariencia tostada en la tortilla se puede atribuir a una mala cocción, o a un bajo nivel de humedad, que originó la apariencia tostada al ser sometida al tratamiento térmico. Por otra parte, la apariencia cruda, característico de esta muestra, pudo haber sido ocasionada por el grosor de la muestra, ya que en el análisis de varianza esta muestra un alto nivel, o bien, por falta de tiempo en el tratamiento térmico dentro de su cocción.

De acuerdo con Gasca *et al.*, (2007). Las preferencias del consumidor se inclinan hacia las tortillas elaboradas en forma tradicional, debido a su sabor, propiedades texturales (rollabilidad, suavidad, flexibilidad) y su mejor desempeño durante el recalentamiento, doblado, enrollado y freído.

En el cuadrante 3, se encontró la muestra súper García, con 7 atributos que la caracterizaron, teniendo con un nivel alto de percepción los atributos transparencia, olor a canela, dulzor, grosor y redondez. Los atributos con intensidad media y baja fueron olor a salado y olor a grasa, respectivamente. La transparencia se percibe mediante la vista, y se relaciona con el grosor de la muestra. En el caso del olor a canela, este atributo es característico de esta muestra y resulta agradable para los consumidores. El dulzor, dentro de los sabores percibidos, resultó agradable para el panel de jueces, y se estableció como un buen parámetro. Cuando hablamos del grosor de las tortillas nos referimos técnicamente al espesor de esta, el cual puede ser muy variado, y por tanto, se debe encontrar un punto óptimo ya que los panelistas indicaron que tortillas con gran grosor no son de agrado al momento de su consumo. Otro parámetro es la redondez, relacionado a la forma de las tortillas. Este parámetro influye al momento de la compra, ya que es algo que el consumidor aprecia.

En el cuadrante 4 se encontró la muestra caseras Bomberos, caracterizada principalmente por cuatro atributos: olor a harina, humedad y consistencia cremosa, todos ellos con intensidad alta; mientras que el atributo tamaño mostró una

intensidad baja. El olor a harina es característico, ya que es la harina es uno de los ingredientes principales para elaborar la tortilla, y es esencial que se perciba.

La humedad es un atributo de gran importancia, ya que se relaciona con la flexibilidad, el inflado, la suavidad y la textura, por ello se debe buscar un punto óptimo (Cárdenas *et al.*, 2001), Yeverino *et al.* (2010) reportaron una gran variabilidad en el % de humedad de tortillas de trigo, con valores de 28.40 ± 2.47 % de humedad.

Al igual que la forma, el tamaño de la tortilla es uno de los principales atributos que se perciben al momento de la compra, de acuerdo con Yeverino *et al.* (2010), reportaron un valor de 14.59 ± 1.79 cm, en el diámetro de diferentes tortillas, el tamaño mostrado en la intensidad de esta muestra es bajo pero sobresaliente en cuanto a las características.

El estudio de componentes principales (CP) de los datos obtenidos mediante la técnica del Flash Profile explica únicamente el 34.6% de la variabilidad total en dos componentes principales (18.3% para el CP1 y 16.3% para el CP2), esto debido a que no es una técnica diseñada para dar una descripción precisa de los productos dentro de los parámetros de control de calidad, como el Análisis Descriptivo Cuantitativo (QDA) (Delarue & Sieffermann, 2004). Sin embargo, FP es una técnica rápida y fácil de realizar ya que no lleva mucho tiempo, y no requiere de panelistas entrenados ni que estén presentes al mismo tiempo para realizar las evaluaciones (Delarue & Sieffermann, 2004; He & Chung, 2019).

De las cuatro muestras evaluadas, se logró apreciar diferencias por las características o atributos distintivos mediante la técnica del Flash Profile (FP) (Fig. 36). La tortilla de harina muestra Soriana se caracterizó por los descriptores de olor dulce, olor salado, sabor a grasas, olor dulce, homogeneidad y olor a mantequilla; para la marca Tortillinas, los descriptores distintivos fueron homogeneidad, olor a mantequilla, suavidad, rollabilidad y apariencia delgada; para la muestra súper García se caracterizó por dulzor, suavidad, rollabilidad y apariencia delgada, mientras que las caseras Bomberos es la marca que posee mayor número de descriptores distintivos comparada con las otras tres marcas. Entre esos descriptores podemos mencionar olor, dulce, olor salado, sabor a harina,

gomosidad, grosor, olor a harina, olor a grasa, rugosidad, apariencia con ojos, elasticidad, apariencia tostada, salinidad, esponjosidad, apariencia cruda, y apariencia a grasa.

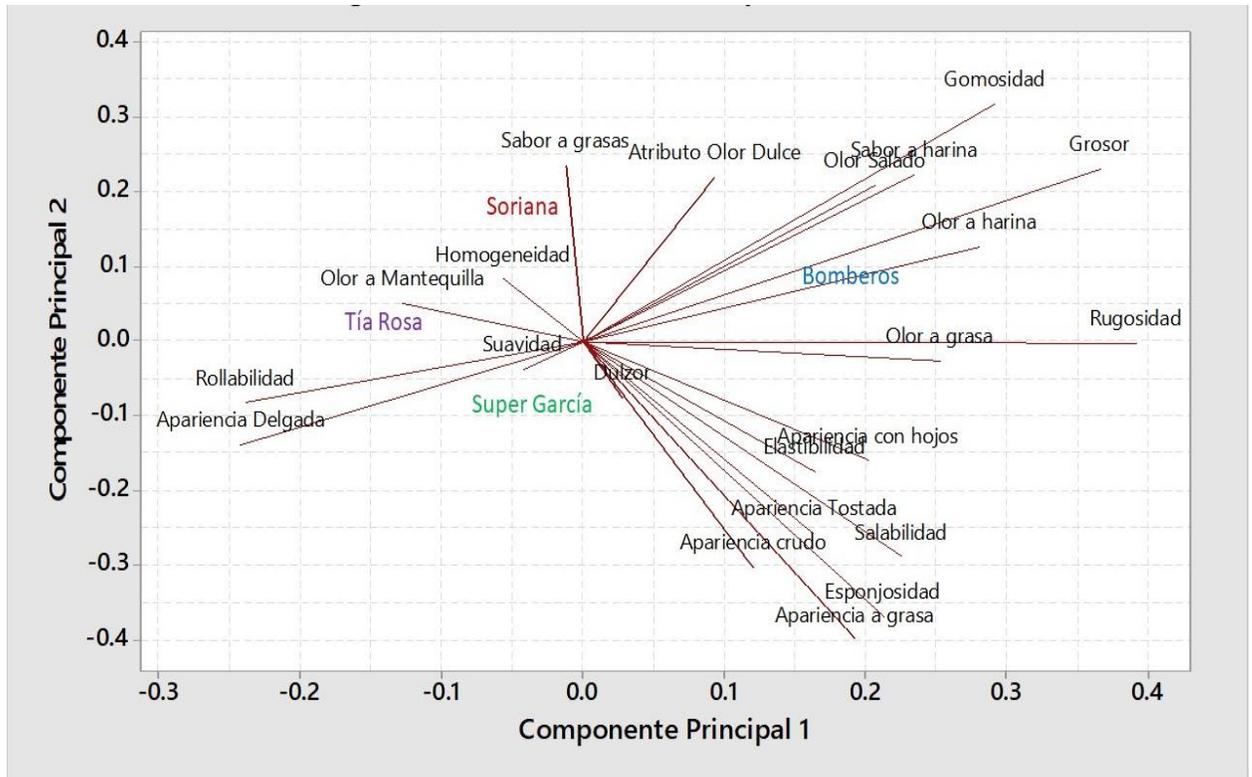


Figura 37. Análisis de Componentes Principales con los descriptores distintivos de las cuatro marcas de tortillas de harina de trigo.

El análisis de componentes principales también permite ver la distribución de las marcas de tortillas de harina dentro de los cuadrantes del análisis (figura 37), estableciendo cuales descriptores son distintivos para cada muestra mediante las áreas representadas por colores. Para la muestra Soriana hubo seis descriptores que la caracteriza, para la marca Tortillinas fueron cinco descriptores, para la muestra súper García cuatro descriptores y para la muestra caseras Bomberos hubo 15 descriptores. Algunas marcas poseían características similares, por lo que los descriptores se repetían como se puede observar al comparar la figura 37 y 38.

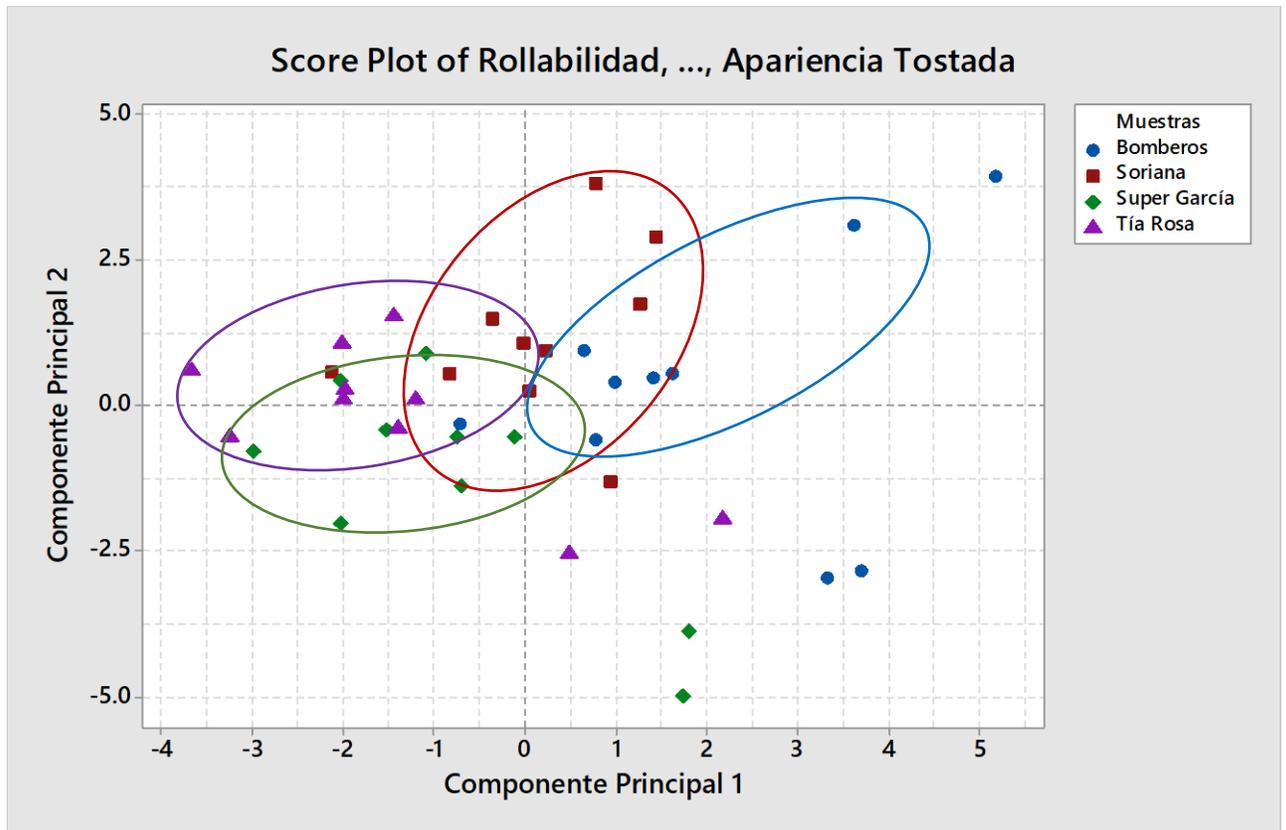


Figura 38. Distribución de las marcas de tortillas de harina de trigo en el Análisis de Componentes Principales.

Se ha reportado el uso de este tipo de pruebas para relacionar el comportamiento de muestras en sus propiedades sensoriales. Montanuci *et al.* (2015) aplicaron el método de Perfil Flash solo en una sesión, con el objetivo de caracterizar jugos de maracuyá. Los autores demostraron que fue eficiente en describir rápidamente un conjunto de muestras, empleando panelistas no capacitados. En otro trabajo se aplicó el Perfil Flash para la caracterización de hot-dog de carne de pollo (Isuiza *et al.*, 2018). El estudio permitió un rápido acceso al posicionamiento sensorial de los productos y atributos que contribuyeron a diferenciar las muestras. La prueba perfil flash permitió eliminar sesiones de entrenamiento del panel, reduciendo tiempo y costos. Los descriptores generados mediante el Perfil Flash para las muestras de hot-dog de pollo fueron: dureza, arenosidad, pegajosidad, granulosidad, grasoso y masticabilidad.

Se ha empleado el Perfil Flash para evaluar carne de pavo procedente de aves con diferentes dietas (restos de cocina + forraje fresco y alimento comercial + forraje fresco). El grupo de evaluadores fue capaz de percibir sensorialmente la carne procedente de las diferentes dietas, y seleccionarlos de manera adecuada (Ramírez *et al.*, 2012). Esta diferenciación de rasgos sensoriales se puede deber a la composición y cantidad de grasa intramuscular en carne de pavo, que varía según el tipo de alimento o aporte de vitaminas o aditivos como el β -caroteno, y otros ingredientes como la harina de colza, guisantes amarillos, levadura viva cultura y triticale.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES

- Se estableció que los consumidores prefieren mayormente consumir las tortillas de harina de trigo sin importar la marca, y con una frecuencia de consumo de tres veces a la semana.
- Los descriptores sensoriales detectados usando la técnica del Flash Profile (FP) discriminan claramente entre las marcas de tortillas de harina evaluadas, por lo tanto, la FP sería una herramienta interesante para obtener un mapa sensorial de una manera rápida y efectiva.
- El presente estudio demuestra la viabilidad del FP como una técnica alternativa a las técnicas descriptivas cuantitativo (QDA), para la obtención de un mapa sensorial, sin embargo, para la cuantificación de las características descriptivas de los productos no se podría sustituir al QDA.

CAPÍTULO VI

6. BIBLIOGRAFÍA

- Abalos, G. B., Andalón, F. J. L., Avilés, A. M., & Rosas, T. R. (2020). ¿Ya está el pan? Una propuesta didáctica de variación y cambio para el aula de matemáticas. *Práctica Docente. Revista de Investigación Educativa* 2(3), 115-131.
- Agudelo Gómez, L., Pulgarín Posada, L. A., & Tabares Gil, C. (2017). La estimulación sensorial en el desarrollo cognitivo de la primera infancia. *Fuentes* 19 (1), 73-83.
- Ares, G., & Giménez, A. (2011). Nuevas metodologías para la caracterización sensorial de alimentos. V Simposio Internacional de Desarrollo e Innovación de Alimentos -INNOVA, Uruguay.
- Ares, G., Machín, L., Girona, A., Curutchet, M. R., & Giménez, A. (2017). Comparación de los motivos responsables de la selección de alimentos y barreras para una alimentación saludable entre consumidores de ingreso bajo y medio en Uruguay. *Cadernos de Saúde Pública* 33(4) e00213315.
- Badui Dergal, S. (2016). Química de los alimentos. México Pearson Educación. P. 465.
- Bécue-Bertaut, M. (2014). Seguimiento de métodos verbales más allá del análisis descriptivo convencional en la bibliografía de la ciencia de los alimentos. Un enfoque estadístico. *Food Quality and Preference* 32, 2-15.
- Blanco, J. E. E., Gómez, D. M. J. C., & Godoy, S. A. S. (2014). Alimentos tradicionales en Sonora, México: factores que influyen en su consumo. INNOVAR. *Revista de Ciencias Administrativas y Sociales*, 24(53), 127-139.
- Calleja Pinedo, M., & Valenzuela, M. B. (2016). La tortilla como identidad culinaria y producto de consumo global. *Región y Sociedad* 28(66), 161-194.
- Cárdenas, J. D. D. F., Godínez, M. G. A., Méndez, N. L. V., Guzmán, A. L., Acosta, L. M. F., & González-Hernández, J. (2001). Fortificación y evaluación de tortillas de nixtamal. *Arch. Latinoam Nutr* 51(3), 293-302.
- Carduza, F., Champredonde, M., & Casablanca, F. (2016). Paneles de evaluación sensorial en la identificación y caracterización de alimentos típicos.

- Aprendizajes a partir de la construcción de la IG del Salame de Colonia Caroya, Argentina. *Revista Iberoamericana de Viticultura, Agroindustria y Ruralidad* 3(8), 24-40.
- Carrasco Calle, J. J., & Saucedo Guevara, J. M. (2019). Formulación y evaluación de un alimento instantáneo por extrusión a base de maíz mote (*Zea mays L.*) y trigo (*Triticum aestivum*). (Tesis). Repositorio institucional, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, P.9.
- Castillon Jardón, J., & Guadarrama Lezama, A. Y. (2017). Desarrollo de premezcla de harina de trigo duro obtenida por procesos de nixtamalizado tradicional y modificado. (Tesis). Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Química. P. 5-7.
- Chamorro, R. A. M., & Alegre, K. I. M. (2010). Elaboración de pan con sustitución parcial de harina pre cocida de ñuña (*Phaseoleus vulgaris L.*) y tarwi (*Lupinus mutabilis*). *Revista de Investigación en Ciencia y Tecnología de Alimentos* 1(1), 31-35.
- Cornejo-Ramírez, Y. I., Martínez-Cruz, O., Del Toro-Sánchez, C. L., Wong-Corral, .F.J., Borboa-Flores, J. & Cinco-Moroyoqui, F.J. (2018). Las características estructurales de los almidones y sus propiedades funcionales. *Journal of Food* 16(1), 1003-1017. En línea: <https://doi.org/10.1080/19476337.2018.1518343>.
- Cruz López, A. I., López, D., de Jesús, D., Espino Manzano, S. O., Alfaro Rodríguez, R. H., & Güemes Vera, N. (2016). Evaluación de los atributos de textura: suavidad y esponjosidad de un pan tipo pambazo con distintas formulaciones. Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. En línea:<https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icea/article/download/110/3973?inline=1>.
- Cruz R. (2008). Estudio del análisis de perfil de textura (APT), extensibilidad y adhesividad en masas y tortillas elaboradas con diferentes marcas comerciales de harina de trigo. (Tesis). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Instituto de Ciencias Agropecuarias. P.9-28.

- Delarue, J., & Sieffermann, J.M. (2004). Mapeo sensorial utilizando Flash Profile. Comparación con un método descriptivo convencional para la evaluación del sabor de los productos lácteos de frutas. *Food Quality and Preference* 15:383-392.
- Diario Oficial de la Federación. (2003). Norma Oficial Mexicana NOM-187-SSA1/SCFI-2002, Productos y servicios. Masa, tortillas, tostadas y harinas preparadas para su elaboración y establecimientos donde se procesan. Especificaciones sanitarias. Información comercial. Métodos de prueba. Recuperado, 9 de diciembre 2019, en línea: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/187ssa1scfi02.html>.
- Domínguez-López, A., Villanueva-Carvajal, A., Arriaga-Jordán, C. M., & Espinoza-Ortega, A. (2011). Alimentos artesanales y tradicionales: el queso Oaxaca como un caso de estudio del centro de México. *Estudios Sociales* 19(38), 165-193.
- Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (2018), INEGI, Secretaria de salud, Instituto Nacional de salud pública. Recuperado el 12 de febrero 2020, en línea: https://ensanut.insp.mx/encuestas/ensanut2018/doctos/informes/ensanut_2018_presentacion_resultados.pdf.
- Figueroa, L., Martínez, G. (2012). Caracterización de tortillas elaboradas con mezclas de sorgo y maíz. Memoria de Veranos de la Investigación Científica UG, P.674.
- Flores Vera, N. A. (2015). Entrenamiento de un panel de evaluación sensorial, para el Departamento de Nutrición de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile. (Tesis). Repositorio académico, Universidad de Chile. P. 5-7.
- Franco, D. (2011). Aplicaciones de aceites y grasas. Alimentos argentinos, Min Agri, 1-6. Recuperado el 23 de marzo del 2020, en línea: http://www.alimentosargentinos.gob.ar/contenido/sectores/aceites/Informes/AplicacionesAceitesGrasas_2011_11Nov.pdf.
- Fregoso, J. (2005). El zar de la tortilla. La Jornada de la economía. Sistemas la jornada. Recuperado el 12 de noviembre del 2019, en línea: <https://www.jornada.com.mx/2005/01/17/directorio.html>.

- Gasca-Mancera, J. C., & Casas-Alencáster, N. B. (2007). 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* 6(3), 317-328.
- Gómez, F. B., & Vasquez, D. L. T. (2017). Evaluación de la calidad proteica de la formulación de harinas de soya (*Glycine max*), avena (*Avena sativa L.*) y trigo (*Triticum aestivum L.*) (1: 1: 2) y su efecto sobre la recuperación de la desnutrición proteica inducida en ratas albinas (*Rattus norvegicus*). *Repositorio de Revistas de la Universidad Privada de Pucallpa* 2(01), 42-50.
- Goñi, I., García-Diz, L., Mañas, E. & Saura-Calixto, F. (1996). Análisis de almidón resistente: un método para alimentos y productos alimenticios. *Food Chemistry*, 56(4), 445-449.
- Grández Gil, G. (2008). Evaluación sensorial y físico-química de néctares mixtos de frutas a diferentes proporciones. (Tesis). Repositorio institucional, PIRHUA. P.11.
- He, W. & Chung, H.Y. (2019). Comparación entre el análisis descriptivo cuantitativo y el perfil flash en el perfil de las propiedades sensoriales del sufu rojo comercial (cuajada de soja fermentada china). *Journal of the Science of Food and Agriculture* 99 (6), 3024-3033.
- Hemdane, S., Jacobs, P.J., Dornez, E., Verspreet, J., Delcour, J.A. & Courtin, C.M. (2016). Trigo (*Triticum aestivum L.*) salvado en la fabricación de pan: una revisión crítica. *Revisiones exhaustivas en Ciencias de la Alimentación y Seguridad Alimentaria* 15 (1), 28-42.
- Hernández Córdova, N., Soto Carreño, F., & Plana Llerena, R. (2015). Comportamiento del crecimiento y rendimiento del cultivo del trigo (*Triticum aestivum L.*) en tres fechas de siembra. *Cultivos Tropicales* 36(1), 86-92.
- Hernández, E. (2005). Evaluación sensorial. Bogotá, D.C. Centro Nacional de Medios para el Aprendizaje. UNAD. P. 25, 45.
- Isuiza, G. G. P., & Saavedra, C. N. (2018). Caracterización sensorial mediante perfil Flash de dos marcas de hot-dog de pollo comerciales y dos muestras formulados por ingeniería Kansei Tipo II. *In Anales Científicos* 79(1), 94-200.

- Jiménez-Juárez, J. A., Arámbula-Villa, G., de la Cruz-Lázaro, E., & Aparicio-Trapala, M. A. (2015). Calidad nixtamalera y tortillera de maíces del trópico húmedo de México. *Phyton* 84(1), 1-7.
- Jung-Sun H. (2015). Almidón funcional: Un mejor uso del almidón en los alimentos. Laboratorio de Química de Alimentos y Bioquímica, Centro de Investigación en Ciencias de la Alimentación y Nutrición de Lovaina. Recuperado 16 de marzo 2010, en línea: https://koseabe.files.wordpress.com/2015/05/koseabe2015_e18492e185a9e186bce1848ce185a5e186bce18489e185a5e186abe18487e185a1e186a8e18489e185a1_functional-starch.pdf
- La Llemand. (1996). Producción de Tortilla de Harina. Lallemand, actualización de horneado, 2(4). Recuperado el 17 de agosto del 2019, en línea: https://lallemandmexico.com/wpcontent/uploads/2017/07/LBU2_4TORTILLA S.pdf
- Lanceta, R. P. (2017). Desarrollo de masas madre y evaluación de propiedades reológicas y tecnológicas de panificados. (Tesis), repositorio digital Universidad Nacional de Córdoba. P.1.
- Lestringant, P., Delarue, J., & Heymann, H. (2019). ¿Cómo se han utilizado realmente los métodos de análisis descriptivos convencionales? Una revisión sistemática de publicaciones. *Food Quality and Preference* 71, 1-7.
- Liu, J., Bredie, W.L., Sherman, E., Harbertson, J.F., & Heymann, H. (2018). Comparación de metodologías sensoriales descriptivas rápidas: perfiles de libre elección, perfil de Flash y perfil de Flash modificado. *Food Research International* 106, 892-900.
- López-Ortiz, N. C. (2015). La cuestión de las sensaciones gustativas básicas. *Perspectivas en Nutrición Humana* 17(2), 185-194.
- Lorido, L., Estévez, M., & Ventanas, S. (2018). Técnicas descriptivas rápidas y dinámicas (perfil de flash, intensidad de tiempo y dominio temporal de las sensaciones) para la caracterización sensorial de lomos curados en seco. *Meat Science* 145, 154-162.

- Mazón, N. V. C., Hermida, C. E. C., Yacelga, J. C. S., Machado, E. R. R., Murillo, P. L. G., & Mena, M. E. C. (2018). Uso de pruebas afectivas, discriminatorias y descriptivas de evaluación sensorial en el campo gastronómico. *Dominio de las Ciencias* 4(3), 253-263.
- Medina, G. (2010). Aceites y grasas comestibles. Universidad de Antioquía, Departamento de Farmacia Bromatología. P. 9.
- Mesas, J. M., & Alegre, M. T. (2002). El pan y su proceso de elaboración. *Journal of Food* 3(5), 307-313.
- Marqués, F. D., & Monteiro, D. R. (2015). Perfil Flash para un análisis descriptivo rápido en la caracterización sensorial del jugo de maracuyá. *Acta Scientiarum Tecnología* 37(3), 337-344.
- Moreno, Y. S., Herrera, P. P., Merino, J. C., & Rivas, L. A. Á. (2003). Relación de amilosa: amilopectina en el almidón de harina nixtamalizada de maíz y su efecto en la calidad de la tortilla. *Revista Fitotecnia* 26 (2), 115-121.
- Navas, J. (2006). Fundamentos de la reología de alimentos. Cali, Colombia: Ingeniería de alimentos. Recuperado el 13 de septiembre 2019, en línea: <https://tarwi.lamolina.edu.pe/~dsa/Fundamentos%20de%20Reologia.pdf>.
- Olivas-Gastélum, R., Nevárez-Moorillón, G. V., & Gastélum-Franco, M. G. (2009). Las pruebas de diferencia en el análisis sensorial de los alimentos. *Tecnociencia Chihuahua* 3(1), 1-7.
- Peralta Vásquez, M. J. (2016). Aplicación de decisión multicriterio para el desarrollo de evaluación sensorial en productos de la empresa "ITALIMENTOS.CÍA. LTDA". (Tesis), repositorio institucional, Universidad del Azuay. P. 25-26.
- Piñol del Olmo, M. (2017). Fabricación de tortillas de trigo: Formulación y parámetros de calidad. Asociación Española de Técnicos Cerealistas. Recuperado el 14 de octubre 2019, en línea: <http://www.aetc.es/wpcontent/uploads/2017/11/Fabricaci%C3%B3n-de-tortillas-detrigoFormulaci%C3%B3nypar%C3%A1metrosdecalidad.Merc%C3%A8pi%C3%B1ol.-BALCHEM-ENCAPSULATES.pdf>

- Quitral, V., Reyes, M. J., Albornoz, D., & Pinheiro, A. (2015). Efecto del contenido de sal en la calidad sensorial de pan. *Revista Chilena de Nutrición* 42(3), 291-296.
- Ramírez-Navas, J. S. (2012). Análisis sensorial: pruebas orientadas al consumidor. *Recitela, Universidad del Valle-Colombia*, 12(1), 94.
- Ramírez-Rivera, E., Camacho-Escobar, M. A., García-López, J. C., Reyes-Borques, V., & Rodríguez-Delatorre, M. (2012). Análisis sensorial de carne de pavo criolla con método de perfil flash. *Revista de Ciencias Animales* 2(1).
- Requena, J. (2013). Harinas y Derivados, Féculas y Almidones. *Innovación y Experiencias* (60)2. Recuperado el 24 de noviembre 2019, en línea: https://archivos.csif.es/archivos/andalucia/ensenanza/revistas/iee/Numero_60/JOSE_REQUENA_1.pdf.
- Ruilova, H., & Martha, P. (2013). Influencia de la sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum L.*) por Almidón de Achira (*Canna edulis*) en las Características Calóricas, Físico-Químicas y Organolépticas del Cupcake. (Tesis), repositorio digital, Universidad Amazónica, Facultad de Ciencias de la Tierra. P. 4.
- Saráuz Terán, J. A., & Tirira Freire, A. J. (2011). Diseño y construcción de una máquina para la elaboración de tortillas de harina de trigo para la empresa taquito's. (Tesis), repositorio digital, Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Mecánica. P. 8.
- Sarmiento Viteri, Y. L. (2015). Estudio de la sustitución parcial de la harina de trigo por la harina de amaranto crudo y tostado en la elaboración de pan. (Tesis), repositorio digital, Universidad Tecnológica Equinoccial, Facultad Ciencias de la Ingeniería. P. 32.
- Servicio de información agroalimentaria y pesquera (SIAP). (2018). Anuario estadístico de la producción agrícola (trigo en grano-año agrícola). Recuperado el 16 de marzo del 2020, en línea: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>.
- Synnott, A. (2003). Sociología del olor. *Revista mexicana de sociología*, 65(2), 431-464.

- Torres-González, M. P., Jiménez-Munguía, M. T., & Bárcenas-Pozos, M. E. (2014). Harinas de frutas y/o leguminosas y su combinación con harina de trigo. *Temas selectos de Ingeniería de Alimentos* 8(1), 94-102.
- Tuncil, Y.E., Jondiko, T., Castell-Perez, M.E., Puerta-Gomez, A.F., & Awika, J.M. (2016). Las propiedades reológicas de la deformación pequeña de la masa son herramientas útiles para predecir los efectos de la reducción moderada de sodio en la calidad de la tortilla de harina. *LWT-Food Science and Technology* 68, 329-333.
- Tuorila, H., & Monteleone, E. (2009). Ciencia sensorial de los alimentos en la sociedad cambiante: oportunidades, necesidades y desafíos. *Trends in Food Science & Technology* 20 (2):54-62.
- Uvidia, O., & Tatiana, Y. (2014). Determinación de fórmulas para la elaboración y conservación de chigüiles y tortillas artesanales de maíz, en la provincia de Bolívar 2013. (Tesis), repositorio digital, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. P. 55.
- Vaclavik V.A., & Christian E.W. (2008). Almidones en los alimentos. En: Elementos esenciales de la ciencia de los alimentos. Serie de Textos de Ciencia de Alimentos. Springer, Nueva York, NY. Recuperado el 12 de junio del 2010, en línea: https://doi.org/10.1007/978-0-387-69940-0_4.
- Varela, P., & Ares, G. (2012). Perfiles sensoriales, la línea borrosa entre la ciencia sensorial y la ciencia del consumidor. Una revisión de nuevos métodos para la caracterización del producto. *Food Research International* 48(2), 893-908.
- Vázquez Carrillo, M. G., Ávila Uribe, G., Hernández Montes, A., Castillo Merino, J., & Angulo Guerrero, O. (2011). Evaluación sensorial de tortillas de maíz recién elaboradas y empacadas. *Revista mexicana de ciencias agrícolas* 2(1), 161-167.
- Vilchis Velazquez, R. (2019). Evaluación de las propiedades físicas y viscoelásticas de granos de trigo (*Triticum aestivum* L.), centeno (*Secale cereale* L.) y triticale (*Triticosecale wittmack*). (Tesis), repositorio digital, UNAM, Facultad de Ciencias Agrícolas. P. 10-12.

Yeverino-Gutiérrez, M.L., Gracia-Vásquez Y.A., Arteaga-Mac K.G. (2010). Análisis fisicoquímico de las tortillas de harina de trigo que se expenden en el área metropolitana de Monterrey, N.L México. *Revista de Salud Pública y Nutrición UANL*, edición especial (10) 2010.

CAPÍTULO VII

7. ANEXOS

Anexo 1. ANOVA para Rollabilidad. **Anexo 2.** ANOVA para grosor.

Variable N R² R² Aj CV
Rollabilidad 40 0.35 0.30 54.66

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	148.66	3	49.55	6.45	0.0013
Muestra	148.66	3	49.55	6.45	0.0013
Error	276.78	36	7.69		
Total	425.44	39			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=2.51490

Error: 7.6884 gl: 36

Muestra Medias n E.E.

716 2.92 10 0.88 A

834 3.40 10 0.88 A

657 6.74 10 0.88 B

542 7.23 10 0.88 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Variable N R² R² Aj CV
Grosor 40 0.60 0.57 46.75

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	212.89	3	70.96	18.22	<0.0001
Muestra	212.89	3	70.96	18.22	<0.0001
Error	140.18	36	3.89		
Total	353.07	39			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.78977

Error: 3.8939 gl: 36

Muestra Medias n E.E.

657 1.22 10 0.62 A

542 2.74 10 0.62 A

716 6.31 10 0.62 B

834 6.61 10 0.62 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 3. ANOVA para Suavidad. **Anexo 4.** ANOVA para olor a harina.

Variable N R² R² Aj CV
Suavidad 40 0.25 0.19 58.37

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	83.45	3	27.82	4.09	0.0134
Muestra	83.45	3	27.82	4.09	0.0134
Error	244.74	36	6.80		
Total	328.19	39			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=2.36487

Error: 6.7984 gl: 36

Muestra Medias n E.E.

834 2.96 10 0.82 A

716 3.96 10 0.82 A

657 4.09 10 0.82 A

542 6.85 10 0.82 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Variable N R² R² Aj CV
Olor a harina 40 0.09 0.01 68.95

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	28.61	3	9.54	1.17	0.3331
Muestra	28.61	3	9.54	1.17	0.3331
Error	292.35	36	8.12		
Total	320.96	39			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=2.58468

Error: 8.1209 gl: 36

Muestra Medias n E.E.

657 2.88 10 0.90 A

542 3.87 10 0.90 A

716 4.69 10 0.90 A

834 5.09 10 0.90 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 5. ANOVA para Rugosidad.

Variable N R² R² Aj CV
Rugosidad 40 0.41 0.36 69.86

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	141.04	3	47.01	8.41	0.0002
Muestra	141.04	3	47.01	8.41	0.0002
Error	201.25	36	5.59		
Total	342.29	39			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=2.14447

Error: 5.5903 gl: 36

Muestra Medias n E.E.

542 1.08 10 0.75 A

657 3.01 10 0.75 A

716 3.14 10 0.75 A

834 6.31 10 0.75 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 6. ANOVA para Dulzor.

Variable N R² R² Aj CV
Dulzor 40 0.02 0.00 114.52

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5.54	3	1.85	0.27	0.8487
Muestra	5.54	3	1.85	0.27	0.8487
Error	248.90	36	6.91		
Total	254.44	39			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=2.38487

Error: 6.9139 gl: 36

Muestra Medias n E.E.

834 1.67 10 0.83 A

716 2.42 10 0.83 A

657 2.46 10 0.83 A

542 2.63 10 0.83 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 7. ANOVA para Salinidad.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Salabilidad	40	0.09	0.01	86.30

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	7.92	3	2.64	1.13	0.3501
Muestra	7.92	3	2.64	1.13	0.3501
Error	84.18	36	2.34		
Total	92.10	39			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.38695

Error: 2.3384 gl: 36

Muestra Medias n. E.E.

	n	E.E.	
716	10	0.48	A
657	10	0.48	A
542	10	0.48	A
834	10	0.48	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 8. ANOVA para Apariencia con ojos.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Apariencia con ojos	40	0.39	0.34	73.15

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	54.95	3	18.32	7.70	0.0004
Muestra	54.95	3	18.32	7.70	0.0004
Error	85.59	36	2.38		
Total	140.54	39			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.39852

Error: 2.3776 gl: 36

Muestra Medias n. E.E.

	n	E.E.	
542	10	0.49	A
716	10	0.49	A B
657	10	0.49	B C
834	10	0.49	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 9. ANOVA para Esponjosidad.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Esponjosidad	40	0.06	0.00	81.22

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3.85	3	1.28	0.78	0.5131
Muestra	3.85	3	1.28	0.78	0.5131
Error	59.29	36	1.65		
Total	63.14	39			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.16396

Error: 1.6469 gl: 36

Muestra Medias n. E.E.

	n	E.E.	
716	10	0.41	A
542	10	0.41	A
834	10	0.41	A
657	10	0.41	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 10. ANOVA para Sabor a Harina.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Sabor a harina	40	0.26	0.20	55.78

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	74.64	3	24.88	4.22	0.0117
Muestra	74.64	3	24.88	4.22	0.0117
Error	212.14	36	5.89		
Total	286.78	39			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=2.20172

Error: 5.8927 gl: 36

Muestra Medias n. E.E.

	n	E.E.	
542	10	0.77	A
657	10	0.77	B
716	10	0.77	B
834	10	0.77	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 11. ANOVA para Elasticidad.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Elastibilidad	40	0.02	0.00	87.87

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2.10	3	0.70	0.30	0.8284
Muestra	2.10	3	0.70	0.30	0.8284
Error	85.22	36	2.37		
Total	87.31	39			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.39544

Error: 2.3671 gl: 36

Muestra Medias n. E.E.

	n	E.E.	
657	10	0.49	A
716	10	0.49	A
542	10	0.49	A
834	10	0.49	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 12. ANOVA para Olor dulce.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Atributo Olor Dulce	40	0.01	0.00	144.71

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2.84	3	0.95	0.16	0.9217
Muestra	2.84	3	0.95	0.16	0.9217
Error	211.25	36	5.87		
Total	214.09	39			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=2.19709

Error: 5.8680 gl: 36

Muestra Medias n. E.E.

	n	E.E.	
657	10	0.77	A
716	10	0.77	A
542	10	0.77	A
834	10	0.77	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 13. ANOVA para Gomosidad.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Gomosidad	40	0.34	0.28	144.30

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	86.08	3	28.69	6.10	0.0018
Muestra	86.08	3	28.69	6.10	0.0018
Error	169.34	36	4.70		
Total	255.43	39			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.96714

Error: 4.7040 gl: 36

Muestra Medias n E.E.

Muestra	Medias	n	E.E.	
657	0.04	10	0.69	A
542	0.20	10	0.69	A
716	2.21	10	0.69	B
834	3.56	10	0.69	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 14. ANOVA para Homogenidad.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Homogeneidad	40	0.16	0.09	89.82

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	58.36	3	19.45	2.29	0.0945
Muestra	58.36	3	19.45	2.29	0.0945
Error	305.39	36	8.48		
Total	363.75	39			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=2.64166

Error: 8.4829 gl: 36

Muestra Medias n E.E.

Muestra	Medias	n	E.E.	
834	1.56	10	0.92	A
657	2.99	10	0.92	A B
716	3.47	10	0.92	A B
542	4.95	10	0.92	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 15. ANOVA para Olor a mantequilla.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Olor a Mantequilla	40	0.02	0.00	159.88

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4.78	3	1.59	0.29	0.8336
Muestra	4.78	3	1.59	0.29	0.8336
Error	199.26	36	5.54		
Total	204.04	39			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=2.13384

Error: 5.5350 gl: 36

Muestra Medias n E.E.

Muestra	Medias	n	E.E.	
716	0.99	10	0.74	A
834	1.30	10	0.74	A
542	1.80	10	0.74	A
657	1.80	10	0.74	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 16. ANOVA para Apariencia delgada.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Apariencia Delgada	40	0.25	0.19	115.34

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	35.04	3	11.68	3.96	0.0155
Muestra	35.04	3	11.68	3.96	0.0155
Error	106.25	36	2.95		
Total	141.29	39			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.55817

Error: 2.9514 gl: 36

Muestra Medias n E.E.

Muestra	Medias	n	E.E.	
716	0.58	10	0.54	A
834	0.65	10	0.54	A
542	1.91	10	0.54	A B
657	2.83	10	0.54	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 17. ANOVA para Sabor a grasa.

Anexo 18. ANOVA para Apariencia a grasa.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Sabor a grasas	40	0.13	0.05	114.26

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	38.05	3	12.68	1.72	0.1800
Muestra	38.05	3	12.68	1.72	0.1800
Error	265.31	36	7.37		
Total	303.36	39			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=2.46221

Error: 7.3696 gl: 36

Muestra	Medias	n	E.E.
657	0.94	10	0.86 A
716	2.16	10	0.86 A B
834	2.81	10	0.86 A B
542	3.60	10	0.86 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Apariencia a grasa	40	0.30	0.24	118.34

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	27.44	3	9.15	5.16	0.0045
Muestra	27.44	3	9.15	5.16	0.0045
Error	63.81	36	1.77		
Total	91.25	39			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.20753

Error: 1.7725 gl: 36

Muestra	Medias	n	E.E.
716	0.23	10	0.42 A
542	0.50	10	0.42 A
834	1.42	10	0.42 A B
657	2.34	10	0.42 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 19. ANOVA para Apariencia tostada. Anexo 20. ANOVA para Olor salado.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Apariencia Totada	40	0.03	0.00	78.03

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4.83	3	1.61	0.31	0.8177
Muestra	4.83	3	1.61	0.31	0.8177
Error	186.84	36	5.19		
Total	191.68	39			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=2.06629

Error: 5.1901 gl: 36

Muestra	Medias	n	E.E.
716	2.57	10	0.72 A
542	2.58	10	0.72 A
657	3.20	10	0.72 A
834	3.33	10	0.72 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Olor Salado	40	0.09	0.02	214.71

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	12.92	3	4.31	1.24	0.3101
Muestra	12.92	3	4.31	1.24	0.3101
Error	125.18	36	3.48		
Total	138.10	39			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.69130

Error: 3.4772 gl: 36

Muestra	Medias	n	E.E.
542	0.09	10	0.59 A
716	0.72	10	0.59 A
657	0.99	10	0.59 A
834	1.67	10	0.59 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 21. ANOVA para Olor a grasa.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Olor a grasa	40	0.15	0.08	121.29

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	19.46	3	6.49	2.15	0.1106
Muestra	19.46	3	6.49	2.15	0.1106
Error	108.44	36	3.01		
Total	127.90	39			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.57417

Error: 3.0123 gl: 36

Muestra	Medias	n	E.E.
716	0.65	10	0.55 A
657	0.99	10	0.55 A B
542	1.60	10	0.55 A B
834	2.48	10	0.55 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 22. ANOVA para Apariencia cruda.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Apariencia crudo	40	0.09	0.02	132.75

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4.53	3	1.51	1.22	0.3155
Muestra	4.53	3	1.51	1.22	0.3155
Error	44.49	36	1.24		
Total	49.03	39			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.00834

Error: 1.2360 gl: 36

Muestra	Medias	n	E.E.
716	0.27	10	0.35 A
542	0.88	10	0.35 A
657	1.09	10	0.35 A
834	1.10	10	0.35 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)