

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS



**“APLICACIÓN DE LOS MÉTODOS KANO Y CATA PARA EL
DESARROLLO DE *BROWNIE* LIBRE DE GLUTEN”**

Presentada por:

JHOSELYN FLORYAN LIÑAN PÉREZ

TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO

MAGÍSTER SCIENTIAE EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Lima – Perú

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

**“APLICACIÓN DE LOS MÉTODOS KANO Y CATA PARA EL
DESARROLLO DE *BROWNIE* LIBRE DE GLUTEN”**

TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO

MAGISTER SCIENTIAE

Presentada por:

JHOSELYN FLORYAN LIÑAN PÉREZ

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Dr. Luis Condezo Hoyos
PRESIDENTE

Dr. Carlos Núñez Saavedra
ASESOR

Mg. Sc. Diana Nolazco Cama
MIEMBRO

Mg. Sc. Walter Francisco Salas Valerio
MIEMBRO

DEDICATORIA

A Dios

A mis padres Consuelo y Fidel

Por darme una vida llena de amor y enseñanza

AGRADECIMIENTO

A Dios por ser mi apoyo espiritual, mi refugio y mi guía.

A mi asesor el Dr. Carlos Núñez Saavedra, por apostar por mí para formar parte de su equipo de investigación, por la dedicación, consejos y por su paciencia durante todo este período. Le agradezco por siempre tener palabras de aliento y por el empuje para seguir adelante con todo este proceso, por su apoyo totalmente desinteresado y pensando siempre en el aporte a la ciencia.

A los miembros del jurado el Dr. Luis Condezo Hoyos, la *Mg. Sc.* Diana Nolzco Cama y el *Mg Sc.* Francisco Salas Valerio; por su orientación y críticas constructivas en pro de la mejora de la presente investigación.

A mis padres Jesús Consuelo Pérez García y Fidel Santiago Liñan Vergaray, por ser mi motor y punto de apoyo, por sus mensajes de aliento y ser siempre mi ejemplo a seguir en la vida. Gracias por la confianza, el amor y la paciencia. Y por enseñarme que todo esfuerzo siempre tiene su recompensa.

A Gustavo Puma Isuiza, por siempre darme la perspectiva correcta, por todas las veces que hizo el papel de maestro y consejero y por darme el tiempo de apoyarme en todas las pruebas sensoriales aplicadas. Gracias por estar en los momentos correctos, pero más por estar en los difíciles, pues siempre tuviste las palabras apropiadas y cuando no fue así, me brindaste tu compañía y silencio respetuoso. Gracias vice.

A mi hermano Santiago Liñan Pérez, por ser un ejemplo de lucha, por demostrarme que la vida siempre nos pone pruebas, pero nunca es imposible superarlas. Gracias por ser mi inspiración.

A todas las personas que apoyaron en la presente investigación, estudiantes de la UNALM de las distintas facultades, a mis amigos y amigas, gracias por su tiempo y entusiasmo.

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1. MODELO KANO	5
2.1.1. ATRIBUTOS OBLIGATORIOS (<i>MUST – BE</i>)	5
2.1.2. ATRIBUTOS UNIDIMENSIONALES (<i>ONE – DIMENSIONAL</i>)	6
2.1.3. ATRIBUTOS ATRACTIVOS (<i>ATTRACTIVE</i>).....	6
2.1.4. OTROS ATRIBUTOS.....	6
2.1.5. APLICACIONES DEL MODELO KANO.....	7
2.2. PREGUNTAS CATA.....	8
2.2.1. DISEÑO DEL CUESTIONARIO	9
2.2.2. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	12
2.3. DESARROLLO DE PRODUCTOS.....	13
2.3.1. DESARROLLO DEL CONCEPTO	14
2.3.2. DISEÑO DEL PRODUCTO	15
2.3.3. DISEÑO DEL PROCESO.....	15
2.3.4. PRODUCCIÓN/ PRUEBAS PILOTO	15
2.3.5. MÉTODOS PARA INCLUIR LA VOZ DEL CLIENTE.....	15
2.4. EVALUACIÓN SENSORIAL DE ALIMENTOS	17
2.4.1. ANÁLISIS DISCRIMINATIVO.....	18
2.4.2. ANÁLISIS DESCRIPTIVO	21
2.4.3. PRUEBAS AFECTIVAS	22
2.4.4. MÉTODOS MODERNOS DE EVALUACIÓN SENSORIAL.....	24
2.4.5. MÉTODO DE LA REJILLA DE KELLY (<i>REPERTORY GRID, RG</i>)	26
2.4.6. PERFIL DE LIBRE ELECCIÓN (PLE)	27
2.4.7. ANÁLISIS GENERALIZADO DE PROCRUSTES (GPA).....	28
2.5. <i>BROWNIE</i>	30
2.5.1. HARINA SIN GLUTEN	30
2.5.2. SACAROSA.....	31

2.5.3. MARGARINA	32
2.5.4. HUEVOS	33
2.5.5. COBERTURA DE CHOCOLATE/ CACAO EN POLVO.....	33
2.6. IMPORTANCIA DE LOS PRODUCTOS LIBRES DE GLUTEN.....	33
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	35
3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN	35
3.2. MATERIA PRIMA E INSUMOS	35
3.3. MATERIALES Y EQUIPOS	36
3.3.1. MATERIALES	36
3.3.2. EQUIPOS	36
3.4. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	37
3.4.1. DETERMINACIÓN DEL MERCADO DE <i>BROWNIES</i> EN LIMA METROPOLITANA	38
3.4.2. SELECCIÓN DE CONSUMIDORES	38
3.4.3. ELABORACIÓN DE <i>BROWNIES</i> LIBRES DE GLUTEN	38
3.4.4. GENERACIÓN DE DESCRIPTORES (APLICACIÓN DEL <i>REPERTORY GRID</i> COMBINADO CON EL PERFIL DE LIBRE ELECCIÓN).....	42
3.4.5. DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE ENCANTAMIENTO (MODELO KANO).....	45
3.4.6. ELABORACIÓN DE PROTOTIPOS DE <i>BROWNIES</i> LIBRES DE GLUTEN	46
3.4.7. EVALUACIÓN DE LA PRESENCIA DE CARACTERÍSTICAS DE ENCANTAMIENTO (APLICACIÓN DE LAS PREGUNTAS CATA)	47
3.4.8. EVALUACIÓN DE LOS <i>BROWNIES</i> CON PANEL ENTRENADO.....	48
3.5. MÉTODOS DE EVALUACIÓN Y ANÁLISIS	52
3.5.1. EVALUACIÓN DE RESULTADOS.....	52
3.5.1.1. GRADO DE SATISFACCIÓN/INSATISFACCIÓN (KANO).....	52
3.5.1.2. TABLAS DE CONTINGENCIA (CATA).....	53
3.5.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	53
3.5.2.1. ANÁLISIS GENERALIZADO DE PROCRUSTES (GPA)	53
3.5.2.2. PRUEBA Q DE COCHRAN.....	53
3.5.2.3. ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIA (AC).....	54

3.5.2.4. ANÁLISIS SECUENCIAL	54
3.5.2.5. ANÁLISIS DE VARIANZA DEL PANEL ENTRENADO.....	55
3.5.2.6. ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES (PCA)	55
3.5.2.7. ANÁLISIS DE LA ASOCIACIÓN ENTRE LOS MÉTODOS CATA Y QDA ...	55
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	56
4.1. DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ATRACTIVAS DEL BROWNIE LIBRE DE GLUTEN A TRAVÉS DEL MODELO KANO Y CATA.....	56
4.1.1. GENERACIÓN DE LOS TÉRMINOS (DESCRIPTORES) PARA EL CUESTIONARIO KANO Y LA BOLETA DE EVALUACIÓN CATA, EMPLEANDO EL MÉTODO DE LA REJILLA COMBINADO CON EL PERFIL DE LIBRE ELECCIÓN	56
4.1.1.1. SELECCIÓN DE CONSUMIDORES PARA EL PERFIL DE LIBRE ELECCIÓN COMBINADO CON EL MÉTODO DE LA REJILLA.....	56
4.1.1.2. DESCRIPTORES	57
4.1.1.3. FACTORES DE ESCALA DE LOS EVALUADORES	58
4.1.1.4. VARIANZA RESIDUAL DE LOS EVALUADORES	59
4.1.1.5. GPA ESPACIO DE CONSENSO	60
4.1.1.6. ESQUEMA DE CLASIFICACIÓN DE LOS DESCRIPTORES	64
4.1.2. DETERMINACIÓN DE CARACTERÍSTICAS DE ENCANTAMIENTO DEL <i>BROWNIE</i> EMPLEANDO EL MODELO KANO	65
4.1.2.1. SELECCIÓN DE PARTICIPANTES DEL CUESTIONARIO KANO	65
4.1.2.2. DETERMINACIÓN DE LAS FRECUENCIAS DE LAS CATEGORÍAS KANO.....	65
4.1.2.3. DETERMINACIÓN DE LOS COEFICIENTES DE SATISFACCIÓN E INSATISFACCIÓN DE LOS ATRIBUTOS SENSORIALES DEL <i>BROWNIE</i>	66
4.1.3. EVALUACIÓN DE LA PRESENCIA DE CARACTERÍSTICAS DE ENCANTAMIENTO EMPLEANDO EL CUESTIONARIO CATA.	69
4.1.3.1. SELECCIÓN DE PARTICIPANTES	69
4.1.3.2. TABLA DE CONTINGENCIA	69
4.1.3.3. PRUEBA Q DE COCHRAN.....	71
4.1.3.4. ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIA (AC).....	72
4.2. CORRELACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE LAS PREGUNTAS CATA CON LA METODOLOGÍA EMPLEANDO UN PANEL DE JUECES ENTRENADO	75

4.2.1. CARACTERIZACIÓN SENSORIAL DEL <i>BROWNIE</i> EMPLEANDO UN PANEL ENTRENADO.....	75
4.2.2. COMPARACIÓN DE LAS METODOLOGÍAS A TRAVÉS DEL COEFICIENTE RV.....	78
V. CONCLUSIONES	79
VI. RECOMENDACIONES.....	81
VII.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82
VIII. ANEXOS.....	94

ÍNDICE DE TABLAS

Cuadro 1: Pasos para realizar una prueba de diferencia.....	19
Cuadro 2: Clasificación de las pruebas discriminativas más comunes	20
Cuadro 3: Clasificación de los métodos descriptivos más comunes	22
Cuadro 4: Nuevos enfoques para la investigación de la innovación	25
Cuadro 5: Composición química de <i>Brownies</i> comerciales	30
Cuadro 6: Formulaciones empleadas para la elaboración de <i>brownies</i> libres de gluten	42
Cuadro 7: Lista de <i>brownies</i> empleados en la prueba <i>Repertory Grid</i>	43
Cuadro 8: Tabla de evaluación para el cuestionario Kano	46
Cuadro 9: Lista de <i>brownies</i> empleados en la prueba CATA	46
Cuadro 10: Formulaciones empleadas para la elaboración de <i>brownies</i> libres de gluten ...	47
Cuadro 11: factores de escala de los evaluadores.....	58
Cuadro 12: Varianza residual y total de los evaluadores.....	59
Cuadro 13: Distribución de la varianza explicada entre las dimensiones de la configuración de consenso.....	60
Cuadro 14: Descriptores correlacionados con cada una de las dos dimensiones del espacio promedio generado por GPA (correlaciones superiores a 0.6).....	64
Cuadro 15: Tabla de contingencia de los datos de <i>brownies</i> con tres muestras (productos) y catorce atributos CATA.....	69
Cuadro 16: Valores -p de la prueba Q de Cochran para cada atributo sensorial.....	71
Cuadro 17: Puntajes promedio de los atributos sensoriales evaluados por el panel de jueces entrenados.....	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Modelo Kano	7
Figura 2: Proceso de diseño de un producto nuevo	13
Figura 3: Diagrama de flujo de desarrollo de productos.	14
Figura 4: Etapas de transformación del GPA. Ejemplo de configuraciones teóricas de dos evaluadores que evalúan tres muestras: (a) las configuraciones iniciales, (b) la traducción, (c) Escalado y (d) la Rotación	29
Figura 5: Diagrama de la metodología experimental para la caracterización sensorial del <i>brownie</i> libre de gluten.	37
Figura 6: Flujo de operaciones para la obtención de <i>Brownie</i> libre de gluten	39
Figura 7: Foto de los <i>brownies</i> comerciales empleados.	42
Figura 8: Diagrama de la metodología para la selección de un panel de jueces.	48
Figura 9: Distribución de las varianzas de consenso y residuales entre las muestras	61
Figura 10: Distribución de la verdadera varianza explicada por cada muestra en los dos primeros componentes principales	61
Figura 11: Resultado del consenso para cada formulación (A, B, C, D, E)	62
Figura 12: Distribución de los constructos (descriptores) a lo largo de los componentes principales 1 y 2.....	63
Figura 13: Distribuciones de las respuestas de los consumidores en las categorías de Kano	66
Figura 14: Representación de las nueve características mediante el coeficiente de satisfacción (CS) y el coeficiente de insatisfacción (CI) de Kano	67
Figura 15: Gráfico de barras del número de deducciones para cada producto, agrupados por atributo.....	70
Figura 16: Análisis de correspondencia para los datos de <i>brownies</i> utilizando la distancia χ^2	73
Figura 17: Análisis de Componentes Principales de los puntajes promedio de los atributos evaluados por los jueces utilizando escalas de intensidad en un QDA: representación de los atributos y representación de las muestras.	76

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: ENCUESTA DE EXPLORACIÓN A LOS POSIBLES PARTICIPANTES EN PRUEBAS DE CONSUMIDORES	94
ANEXO 2: TARJETA DE EVALUACIÓN INICIAL REPERTORY GRID: GENERACIÓN DE CONSTRUCTOS	97
ANEXO 3: TARJETA DE EVALUACIÓN FINAL REPERTORY GRID: EVALUACIÓN DE LA INTENSIDAD DE LOS CONSTRUCTOS.....	98
ANEXO 4: CUESTIONARIO KANO	99
ANEXO 5: PREGUNTAS CATA.....	103
ANEXO 6: FICHA DE EVALUACIÓN PARA LA IDENTIFICACIÓN DE SABORES BÁSICOS	104
ANEXO 7: FICHA DE EVALUACIÓN PRUEBA DE ORDENAMIENTO PARA LA CARACTERÍSTICA SENSORIAL DE DUREZA	105
ANEXO 8: PRUEBAS TRIANGULARES REALIZADAS PARA DETERMINAR EL GRADO DE ENTRENAMIENTO	106
ANEXO 9: FICHA DE EVALUACIÓN DE LA PRUEBA TRIANGULAR	108
ANEXO 10: RESULTADOS DE LAS PRUEBAS TRIANGULARES Y EL ANÁLISIS SECUENCIAL PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS MIEMBROS DEL PANEL DE JUECES.....	109
ANEXO 11: EJERCICIOS DE ESCALA	110
ANEXO 12: GLOSARIO SENSORIAL DE LOS BROWNIES	112
ANEXO 13: EVALUACIÓN DE LOS ATRIBUTOS EN SUS TRES ETAPAS MASTICATORIAS- QDA.....	114
ANEXO 14: MEDICIÓN DE LA INTENSIDAD DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL ALIMENTO- QDA	115
ANEXO 15: CÓDIGOS DEL SOFTWARE R-STUDIO.	116
ANEXO 16: ANÁLISIS DE VARIANCIA DEL ANÁLISIS DESCRIPTIVO CUANTITATIVO- QDA.....	119

RESUMEN

Se desarrolló un *brownie* libre de gluten con características atractivas para el consumidor obtenidas de la aplicación del modelo Kano y la metodología marque todo lo que corresponda (CATA). Se empleó el perfil de libre elección combinado con el método de la rejilla para obtener descriptores sensoriales los cuales se usaron en los cuestionarios Kano y CATA, estos fueron: dureza, suavidad, dulzor, salado, sabor a chocolate amargo, crocante, presencia de cristales de azúcar, chiclosidad, color oscuro, presencia de frutos secos, aceitosidad, humedad, superficie crujiente y ligamiento. Posteriormente se empleó el modelo Kano para determinar las características de atractivas de los *brownies*, las cuales resultaron: sabor a chocolate amargo, crocante y presencia de frutos secos. Se evaluaron tres muestras de *brownies*: dos formulaciones libres de gluten (F y G) y una marca comercial (D). La muestra F contuvo en su formulación cobertura de chocolate y castañas; y la muestra G contuvo cacao en polvo. La metodología CATA permitió describir sensorialmente a las muestras de *brownie*. La muestra D se asoció a los términos: crocante, superficie crujiente, presencia de cristales de azúcar, duro y de masa compacta; la muestra F a: presencia de frutos secos, húmedo y dulce; y la muestra G a: color oscuro, sabor a chocolate amargo y suave. Por otro lado, se caracterizaron a las mismas muestras empleando el análisis descriptivo cuantitativo (QDA). La muestra D se caracterizó por su dulzor y baja intensidad en color marrón y amargor; la muestra F se caracterizó por presentar los atributos de humedad, masa heterogénea, costra superficial y aceitosidad; y la muestra G se caracterizó por amargor y color marrón. Finalmente, se evaluó la asociación entre el QDA y CATA mediante el coeficiente RV el cual resultó 0,92 (p-valor = 0,00) sugiriendo una muy buena correlación entre estas metodologías de evaluación.

Palabras Clave: método de la rejilla, perfil de libre elección, análisis generalizado de Procrustes, análisis de correspondencia, análisis descriptivo cuantitativo.

ABSTRACT

A gluten-free brownie was developed with attractive characteristics for the consumer obtained from the application of the Kano model and the methodology check all that apply (CATA). The free choice profile combined with the repertory grid method was used to obtain sensory descriptors which were used in the Kano and CATA questionnaires, these were: hardness, softness, sweetness, salty, bitter chocolate flavor, crispy, presence of sugar crystals, chicosity, dark color, presence of nuts, oily, moisture, crunchy surface and ligature. Afterwards, the Kano model was used to determine the attractive characteristics of the brownies, which were: bitter chocolate flavor, crispy and presence of nuts. Three samples of brownies were evaluated: two gluten-free formulations (F and G) and one commercial brand (D). Sample F contained in its formulation chocolate baking bar and chestnuts; and sample G contained cocoa powder. The CATA methodology allowed sensory description of brownie samples. Sample D was associated with the terms: crispy, crunchy surface, presence of sugar crystals, hard and of compact mass; sample F: presence of nuts, moist and sweet; and the sample G: dark color, bitter chocolate flavor and soft. On the other hand, the same samples were characterized using quantitative descriptive analysis (QDA). Sample D was characterized by its sweetness and low intensity in brown and bitterness; sample F was characterized by presenting the attributes of moist, heterogeneous mass, surface crust and oiliness; and sample G was characterized by bitterness and brown color. Finally, the association between QDA and CATA was evaluated by means of the RV coefficient, which was 0,92 (p-value = 0,00), suggesting a very good correlation between these evaluation methodologies.

Keywords: repertory grid method, free choice profile, generalized Procrustes analysis, correspondence analysis, quantitative descriptive analysis.

I. INTRODUCCIÓN

Según Euromonitor Internacional (2016) la industria de la panificación entorno a los postres procesados es una categoría que va creciendo rápidamente en el Perú debido a las innovaciones y el aumento de la demanda, ya que sus productos se establecen como los aperitivos más preferidos a comer en el camino. Alrededor del 80 por ciento del consumo total de pastelillos se produce fuera de la casa. Los consumidores buscan productos que se pueden comer rápidamente para sustituir a las comidas o tener una opción de bocadillos durante todo el día. Esto es un reflejo de que la cantidad de personas que se encuentran fuera del hogar está en constante crecimiento.

Se tiene como perspectiva que las ventas del volumen de pastelillos registrarán una tasa anual compuesta del seis por ciento. Se espera un crecimiento continuo del rubro dado por el estilo de vida que mantiene el consumidor en la actualidad, debido a que van a pasar más tiempo fuera de casa por trabajar o estudiar. A su vez, se espera que se incrementen los productos saludables, pero que mantengan los precios similares a los productos estándar en la medida de lo posible para atraer a los consumidores (Euromonitor Internacional 2016).

Los productos libres de gluten pueden ser consumidos por todas las personas, es por ello que una gama de consumidores siguen dietas sin gluten. Dentro de dicho grupo de consumidores se encuentran aquellos con autismo, condiciones neurológicas, síndrome de intestino irritable, esclerosis múltiple, cáncer; pues lo ven como una dieta "saludable" (Nachay 2010).

Además, según el MINSA (2013) los estudios epidemiológicos realizados en Argentina y Brasil muestran una prevalencia de la enfermedad celiaca (EC) de 0,25 a 0,5 por ciento a diferencia de los países localizados en Norteamérica y Europa que muestran un porcentaje mayor al uno por ciento. El Perú no tiene evidencia de estudios epidemiológicos de la enfermedad celiaca, sin embargo, no existen motivos para pensar que la prevalencia es mayor a Brasil o Argentina.

No existe un respaldo por parte del Ministerio de Salud para el diagnóstico de EC lo cual significa que muchos peruanos viven sin diagnóstico estando expuestos al riesgo de consumir alimentos con gluten, el cual les generaría problemas de desnutrición. Esta incidencia de la EC y el resultante incremento de la demanda de productos libres de gluten, ha originado un creciente interés por parte de muchas compañías en investigar y desarrollar una amplia gama de productos sustitutos que puedan presentar una alta aceptabilidad sensorial (Pagliarini *et al.* 2010).

Debido a que el chocolate es el segundo sabor preferido por los peruanos según Belsuzarri *et al.* (2015), en el presente estudio se desarrollará un pastelillo llamado *brownie*. Este es un pastel de chocolate pequeño, típico de la gastronomía estadounidense. Se llama así por su color marrón oscuro. Este pastelillo se ha vuelto muy popular en los últimos años en nuestro país, por su sabor a chocolate y por la textura amelcochada que presenta

En el entorno en que actualmente se encuentra atravesando el planeta las barreras de mercado son casi nulas y la población tiene mayor acceso a la tecnología; asimismo el intercambio de información es cada vez más rápido. En este contexto se crea un universo en el que cada vez las características que requieren los consumidores, con referencia a los productos alimenticios, se vuelven más exigentes. Estos ya no sólo se buscan productos con mayor valor nutricional, sino que también exigen una mejor interacción del producto/servicio la cual satisfaga sus necesidades, incluso las emocionales.

Costa y Jongen (2006) y Stewart-Knox y Mitchell (2003) citados por Bruzzone (2014), mencionan que existen técnicas para desarrollar productos que incluyen la “voz del consumidor” y enfatizan la necesidad de involucrarlos desde las primeras etapas del desarrollo y en todos los aspectos del proceso, incluso luego de la inserción del producto en el mercado.

Una vez obtenidas las características del producto a desarrollar y se tiene claro su concepto, la siguiente etapa es obtener la formulación de este. Para lo cual se debe recurrir a herramientas de índole sensorial y hedónico, y obtener una relación entre ellas (Worch 2012; citado por Bruzzone 2014).

Las exigencias marcadas por el consumidor abarcan características referidas al aroma, sabor y textura de los alimentos. Además de otras como: el diseño del envase, tamaño de porción, condiciones de almacenamiento, plaza, precio, características que se acomodan a los requerimientos de usabilidad, practicidad, disponibilidad; las cuales determinan la decisión de compra final. Tales características sensoriales son determinadas a través de métodos clásicos de evaluación sensorial (por ejemplo en perfiles de sabor y textura), cuyas técnicas son aplicadas en la actualidad por paneles de jueces entrenados.

Contar con un panel entrenado podría considerarse un lujo para las empresas ya que los costos de tiempo de selección, entrenamiento, materiales para la evaluación; son demasiado altos. Por ello las empresas pequeñas optan por no usarlos, volviéndose exclusivos para compañías de gran capital económico. Por otro lado, las técnicas clásicas de evaluación sensorial manejan datos exploratorios que permiten describir o discriminar determinadas características en un producto, las cuales no involucran las necesidades afectivas relacionadas con una mejor interacción entre el producto y el consumidor.

La evaluación sensorial por consumidores se ha convertido en un tema de investigación para la ciencia sensorial en los últimos años. Cada vez existe mayor evidencia científica de que se pueden emplear panelistas sin entrenamiento para describir amplias características de un producto. Este hecho brinda una solución a la problemática presentada en las industrias de alimentos, y puede ser empleado como herramienta para el desarrollo y caracterización de productos altamente aceptados por el consumidor (Valera y Ares 2014).

Se han desarrollado diversas metodologías que pueden ser aplicadas para el desarrollo de productos obteniendo información acerca de los gustos, preferencias y necesidades de los consumidores. El profesor Noriaki Kano (1984) desarrolló el modelo Kano que es una técnica empleada para seleccionar características de atributos que merecen ser incluidos durante el desarrollo de productos, de modo que su presencia incrementará la satisfacción del cliente. Por otro lado, Varela y Ares (2014) realizaron un amplio estudio de diez de los nuevos métodos más empleados para el desarrollo de nuevos productos. Dentro de ellos se encuentra la metodología marque todo lo que corresponda (CATA), siendo una metodología de caracterización rápida de alimentos y sencilla de realizar por el consumidor.

Por lo anteriormente expuesto, se han planteado los siguientes objetivos para esta investigación:

- Desarrollar un *Brownie* libre de gluten con características atractivas para el consumidor obtenidas de la aplicación del Modelo Kano y la Metodología de las preguntas CATA (por sus siglas en inglés).
- Determinar las características sensoriales de encantamiento del *Brownie* para el consumidor de dos sectores del mercado de Lima Metropolitana (sectores B y C).
- Determinar el prototipo de *Brownie* libre de gluten que presente la mayor cantidad de características de encantamiento que sean atractivas al consumidor, empleando la metodología de las preguntas CATA.
- Determinar la asociación de los resultados obtenidos a través de la metodología CATA con los resultados del panel de jueces entrenados empleando el coeficiente de correlación vectorial RV.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. MODELO KANO

El modelo Kano es una técnica cuantitativa empleada para seleccionar características de atributos que valen la pena durante el desarrollo de productos o servicios. Dicho modelo fue creado en la década de 1980 por el Profesor Noriaki Kano. El modelo Kano de satisfacción del cliente divide los atributos del producto en tres tipos: obligatorio, unidimensional y emocional / atractivo. El desarrollo del modelo de Kano surgió de un estudio científico que investigó las diversas definiciones de calidad y su importancia (Kano *et al.* 1984; 1996).

La aplicación del modelo Kano se basa en varios principios: (a) El valor atrae a los clientes, (b) la calidad mantiene a los clientes y genera lealtad, (c) la innovación es necesaria para diferenciar y competir en el mercado, (d) no todos los atributos tienen el mismo valor para los clientes y (e) las necesidades de los consumidores evolucionan de tal manera que los atributos innovadores (atractivos) pueden ser esperados en el tiempo y se necesita una nueva innovación (Meilgaard *et al.* 2016).

2.1.1. ATRIBUTOS OBLIGATORIOS (*MUST – BE*)

Los atributos obligatorios son las características *must have* que se esperan, las que los consumidores a menudo dan por hecho y que ni siquiera mencionan. No aumentan el agrado, pero su ausencia o mala ejecución causa insatisfacción (Meilgaard *et al.* 2016).

Los atributos obligatorios son los elementos básicos de un producto. Su presencia conducirá solamente al cliente a un estado de no tener insatisfacción. El cliente percibe los atributos obligatorios como requisitos previos, él los asigna como concedidos y por lo tanto explícitamente no los exige. Estos son un factor competitivo decisivo y si no se satisfacen el cliente no estará interesado en el producto (Toro 2009).

2.1.2. ATRIBUTOS UNIDIMENSIONALES (*ONE – DIMENSIONAL*)

Son características de valor agregado que los consumidores desean. El agrado se incrementa cuando las características dan lo que esperan los consumidores. Con respecto a estos atributos, la satisfacción del cliente es proporcional al nivel del cumplimiento de ellos. Cuanto más alto es el nivel del cumplimiento, más alta es la satisfacción de cliente y viceversa. Los atributos unidimensionales generalmente son exigidos explícitamente por el cliente (Meilgaard *et al.* 2016; Coleman 2015).

2.1.3. ATRIBUTOS ATRACTIVOS (*ATTRACTIVE*)

Estos atributos son los elementos del producto que tienen la influencia más grande en cuán satisfecho estará un cliente con un producto determinado. Los atributos atractivos ni son expresados explícitamente ni son esperados por el cliente. Satisfacer estos atributos conduce a la satisfacción más que proporcional. Si no se encuentran, sin embargo, no hay sensación de insatisfacción (Toro 2009).

Son características latentes que los consumidores no pueden articular o imaginar conscientemente. Estas son características nuevas e inesperadas que proporcionan una experiencia "guau" y sirven para impresionar (Meilgaard *et al.* 2016).

2.1.4. OTROS ATRIBUTOS

Existen además los atributos indiferentes (*indifferent*), donde su presencia o ausencia no contribuye ni a aumentar ni a disminuir la satisfacción del cliente. Los atributos cuestionables (*questionable*) que producen valoraciones contradictorias, por lo que generalmente las respuestas no caen en esta categoría. Los resultados cuestionables significan que la pregunta fue expresada incorrectamente, o que la persona entrevistada entendía mal la pregunta o señaló una respuesta incorrecta por error. Los atributos opuestos (*reverse*) son características del producto que no solamente no son deseadas por el cliente sino que él incluso espera lo opuesto (Toro 2009; Coleman 2015).

Para categorizar características se selecciona la información de los siguientes medios: encuestas, reclamos de clientes, revisión de la competencia y otras fuentes; para crear una encuesta de satisfacción del cliente de Kano. La encuesta usa una serie de preguntas emparejadas de presencia y ausencia, y una escala hedónica de cinco puntos.

Se administra a una base legible de consumidores en el grupo objetivo. Los datos recopilados se evalúan para determinar los requisitos del cliente para los atributos estudiados (Meilgaard *et al.* 2016). La Figura 1 demuestra la relación entre la satisfacción del cliente y qué tan bien se ejecuta el atributo mediante el modelo Kano

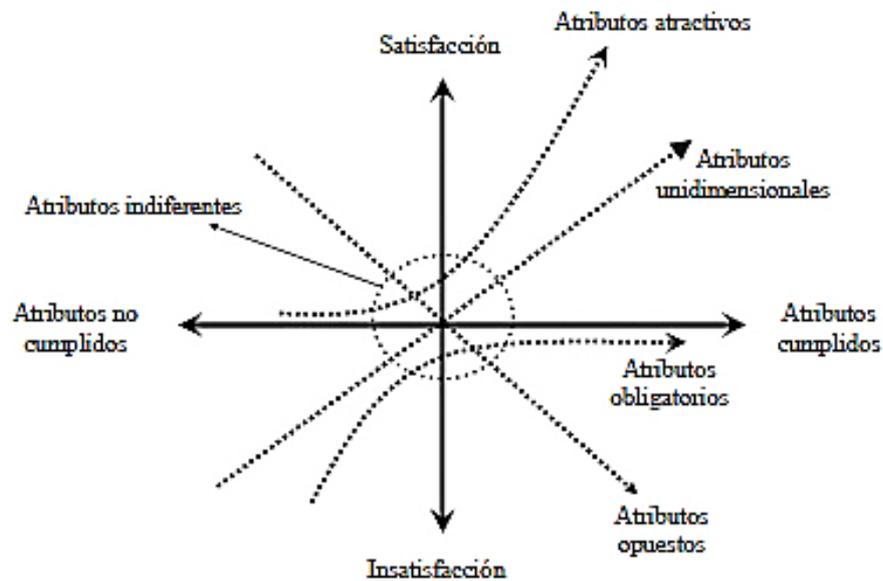


Figura 1: Modelo Kano

FUENTE: Adaptado de Coleman 2015 y Toro 2009.

La teoría de Kano indica que los atributos de un producto son dinámicos, esto significa que a través del tiempo un atributo cambiará de ser un atributo indiferente a ser uno atractivo y de ser un atributo atractivo a ser uno unidimensional, y de ser un atributo unidimensional a ser uno obligatorio (Toro 2009; Kano 2001).

2.1.5. APLICACIONES DEL MODELO KANO

Las aplicaciones más útiles del modelo Kano están en el área del diseño y mejora de los productos y servicios. Algunas de las ventajas de clasificar los atributos de un producto por medio del método Kano son las siguientes (Sauerwein *et al.* 1996):

- Establecer prioridades para el desarrollo del producto: mejorar atributos unidimensionales o atractivos pues tienen una mayor influencia en la calidad percibida del producto y por lo tanto en el nivel de la satisfacción del cliente.

- Los atributos del producto son mejor entendidos: los atributos que tienen la influencia más grande en la satisfacción del cliente pueden ser identificados y puede utilizarse para centrar los esfuerzos de desarrollo del producto de una mejor forma.
- El modelo Kano proporciona ayuda valiosa en situaciones de elección en la etapa del desarrollo de producto. Si dos atributos del producto no pueden ser colocados simultáneamente debido a razones técnicas o financieras, el modelo puede identificar cuál tiene la influencia más grande en la satisfacción del cliente.
- Los atributos obligatorios, unidimensionales y atractivos se diferencian, por lo general, de un segmento a otro de cliente. Conociendo cómo varían sus preferencias de un segmento a otro, las soluciones que se pudieran adoptar para cada cliente, creando productos más personalizados.
- El descubrir y satisfacer atributos atractivos crea una amplia gama de posibilidades para la diferenciación.

2.2. PREGUNTAS CATA

Marque todo lo que corresponda o *Check all that apply* (CATA) es un cuestionario de opción múltiple versátil en el que a los encuestados se les presenta una lista de palabras o frases y se les pide seleccionar todas las opciones que consideren adecuadas. Este formato de preguntas ha sido ampliamente utilizado en la investigación de mercados y es popular porque reduce la carga de respuesta del participante, no es un nuevo método *per se* pero representa una opción versátil de un formato de respuesta múltiple que se está aplicando cada vez más para una serie de propósitos diferentes en la ciencia sensorial y del consumidor. (Varela y Ares 2014; Ares y Jaeger 2013, 2015).

Las preguntas CATA se han introducido recientemente en la ciencia sensorial y del consumidor, para obtener información sobre la percepción de los consumidores sobre los productos (Adams *et al.* 2007; citado por Ares y Jaeger 2015).

Se presenta a los consumidores un conjunto de muestras y un cuestionario CATA para caracterizarlos. Se les pide que prueben dichas muestras y respondan las preguntas mediante la selección de todos los términos que se estimen apropiados para describir cada una de las muestras presentadas sin ninguna restricción en el número de descriptores a elegir (Ares y Jaeger 2015).

Por lo general un cuestionario CATA incluye sólo descriptores sensoriales de la muestra a evaluar. Sin embargo también puede incluir: expresiones hedónicas, ocasiones de uso, posicionamiento del producto y emociones. Por ello se podría proporcionar información acerca de cómo los consumidores perciben a los productos, qué tipo de emociones despiertan entre los consumidores y cómo todos estos pueden construir sus patrones de preferencia (Parente *et al.* 2011; Piqueras-Fiszman y Jaeger 2014).

El cuestionario CATA es una selección de una lista de términos que no posee ningún nivel de dificultad para la persona que lo realice, de modo que emplea un menor tiempo para su realización debido a que se requiere un menor esfuerzo cognitivo comparado a otras metodologías. Esto brinda naturalidad al consumidor, siendo una metodología que se apoya en la intuición y espontaneidad del consumidor (Smyth *et al.* 2006; Adams *et al.* 2007; citados por Parente *et al.* 2011).

Se ha determinado que el cuestionario CATA representa una alternativa rápida para recoger información acerca de la percepción del consumidor sobre las características sensoriales del producto a evaluar, y que proporciona información similar a la obtenida por medio de un análisis sensorial con panel entrenado (Dooley *et al.* 2010).

2.2.1. DISEÑO DEL CUESTIONARIO

a. Tipo y número de términos

La selección de la lista de palabras o frases incluidas en el cuestionario CATA es uno de los principales retos para la aplicación de la metodología. Los términos incluidos en las preguntas CATA deben ser sencillos de entender para los consumidores. Además, los términos relacionados con las características sensoriales del producto pueden ser seleccionados sobre la base de los descriptores usados por paneles entrenados para caracterizar los productos; pero se debe tener cuidado para asegurar que los consumidores puedan entender fácilmente los términos seleccionados (Ares y Jaeger 2015).

Se pueden incluir términos sensoriales y no sensoriales en el cuestionario CATA, cuya inclusión está limitada por el objetivo del estudio. Se puede obtener una descripción acerca de las características sensoriales del producto o hallar la relación entre las características

sensoriales y emocionales para determinar la acción del consumidor (Piqueras-Fiszman y Jaeger 2014; Jaeger *et al.* 2013a).

En una investigación del consumidor, el cuestionario CATA se compone normalmente de 10 a 40 términos. Usando listas cortas de términos se puede alentar a los consumidores a utilizar todos ellos disminuyendo de su capacidad para discriminar entre las muestras. Por otro lado las grandes listas de términos pueden alentar a los consumidores utilizar estrategias de satisfacción, que se depositen en las primeras alternativas de la lista, sin pensar cuidadosamente acerca de las características sensoriales del producto (Jaeger *et al.* 2015; Lee *et al.* 2013; Parente *et al.* 2010; Rasinski *et al.* 1994).

b. Orden de los términos

Se ha informado que el orden en que se presentan los términos puede sesgar las respuestas a las preguntas CATA en la comercialización y la investigación de la encuesta, también para su aplicación en la caracterización sensorial de productos alimentarios (Smyth *et al.* 2006; Lee *et al.* 2013).

Castura (2009), citado por Ares y Jaeger (2013), informó que los términos situados en las primeras posiciones dentro un bloque de términos aumentó desde 10 hasta 20 por ciento cuando los términos se encuentran en la primera fila y la primera columna. Estos resultados sugieren que la inclusión de los términos en un orden fijo puede sesgar fuertemente los resultados y debe evitarse.

Ares y Jaeger (2013) también informaron que el orden en que los términos están incluidos en los cuestionarios CATA afecta fuertemente su frecuencia de uso, y además ese orden en los términos también influye con respecto a las similitudes y diferencias entre las muestras.

Al comparar los resultados obtenidos utilizando dos tarjetas de evaluación CATA que incluían los términos en orden diferente, no hubo diferencias significativas entre las muestras. Esto implica que cada evaluador debe recibir el cuestionario CATA con los términos en un orden diferente. Sin embargo cuando las preguntas CATA se utilizan para una caracterización sensorial los participantes responden a la pregunta más de una vez. De este modo se espera que el sesgo pueda aparecer por de cada participante a medida que

avanza la evaluación, pues este puede seleccionar más frecuentemente los términos que capturan fácilmente su atención dentro de la lista de opciones. Por esta razón, para minimizar este sesgo que se produce entre los participantes, debe también emplearse la aleatorización. Esto implica que el orden en que los términos se presentan en el cuestionario CATA debe modificarse de muestra a muestra para cada evaluador (Ares *et al.* 2013).

c. Número de muestras

El número de muestras que se emplea para la caracterización sensorial utilizando preguntas CATA suele oscilar entre 1 y 12, dependiendo del objetivo específico del estudio y las características sensoriales de las muestras. Una de las ventajas del cuestionario CATA, en comparación con otras metodologías, es que puede ser usado para obtener información sobre las características sensoriales de los pequeños grupos de muestras o para evaluar grandes grupos de muestras en diferentes sesiones, debido al hecho de que la evaluación es monódica (Williams *et al.* 2011).

Las muestras se presentan en una secuencia monódica, codificadas con números aleatorios de tres dígitos, siguiendo un orden de rotación equilibrada (diseño cuadrado latino) para evitar orden de presentación por la transferencia de polarización. Por lo tanto, la mejor práctica requiere el uso de diseños experimentales para minimizar el sesgo de orden de presentación de la muestra y en el mismo panelista (Ares y Jaeger 2015).

d. Número de consumidores

Ares *et al.* (2014) evaluaron la influencia del número de consumidores utilizando un cuestionario CATA, sus resultados sugieren que cuando se trabaja con diferentes muestras un número de 40 a 80 consumidores puede ser considerado como razonable para obtener muestras y descriptor estables.

Teniendo en cuenta que en los cuestionarios CATA se pueden incluir pruebas hedónicas el mínimo número de consumidores necesarios para la obtención de las puntuaciones globales referidas al gusto debe ser considerado cuando se selecciona la cantidad de consumidores a ser incluidos en el estudio (Ares *et al.* 2010 (b); Dooley *et al.* 2010; Jaeger *et al.* 2013b).

Por esta razón, cuando las preguntas CATA son correlacionadas simultáneamente con las puntuaciones globales que reflejan el gusto, el número habitual de consumidores considerados en pruebas hedónicas apropiado es de 100 a 120 (Lawless y Heymann 2010).

2.2.2. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

a. Diferencias entre las muestras (Prueba Q de Cochran)

La prueba Q de Cochran se utiliza para evaluar si los consumidores detectaron diferencias significativas entre las muestras para cada uno de los términos del cuestionario CATA. La prueba Q de Cochran es una prueba estadística no paramétrica, que se utiliza en el análisis de diseños de bloques de dos vías aleatorio para comprobar si los tratamientos k (es decir, las muestras en la prueba) tienen idénticos efectos, cuando la variable respuesta es binaria (Manoukian 1986).

Para cada término del cuestionario CATA, se crea una matriz de datos que contiene a las muestras en las columnas, los consumidores en filas y donde cada celda indica si el término mencionado describe, o no, a cada muestra (1/0, respectivamente) (Varela y Ares 2014).

b. Configuración de muestras y términos

Se emplea una tabla de contingencia la cual permite una visualización, a priori, de los resultados obtenidos de la aplicación del cuestionario CATA, se puede considerar como una generalización del análisis de componentes principales para los datos ordinales y nominales. Se realiza el análisis de correspondencia el cual determina una proyección de los datos en dimensiones ortogonales de tal manera que se representan secuencialmente como gran parte de la variación en los datos como sea posible. Si bien hay múltiples resultados y medidas clave del análisis de correspondencia, por lo general se busca principalmente la dimensión de los dos primeros componentes (2D); si la variación explicada es insuficiente, se podrían considerar otras dimensiones también. La interpretación de la hoja de un análisis de correspondencia es el mismo que para biplots (gráficos de dispersión biespacial) (Ares y Jaeger 2015).

Legendre y Gallagher (2001) determinaron que la distancia χ^2 está mucho más influenciada por la inclusión de algunas características muy raras excepto en características muy abundantes.

2.3. DESARROLLO DE PRODUCTOS

La mayor parte de las empresas cuentan con un proceso organizado para el desarrollo de nuevos productos que sigue fases específicas. El objeto de tal proceso es ganar el control del desarrollo del producto y garantizar que el área de desarrollo abarque todos los procesos importantes. Las fases típicas que las empresas siguen para el desarrollo de nuevos productos se muestran en la Figura 2, y son: desarrollo del concepto, diseño del producto y producción/pruebas piloto (Schroeder 2004).

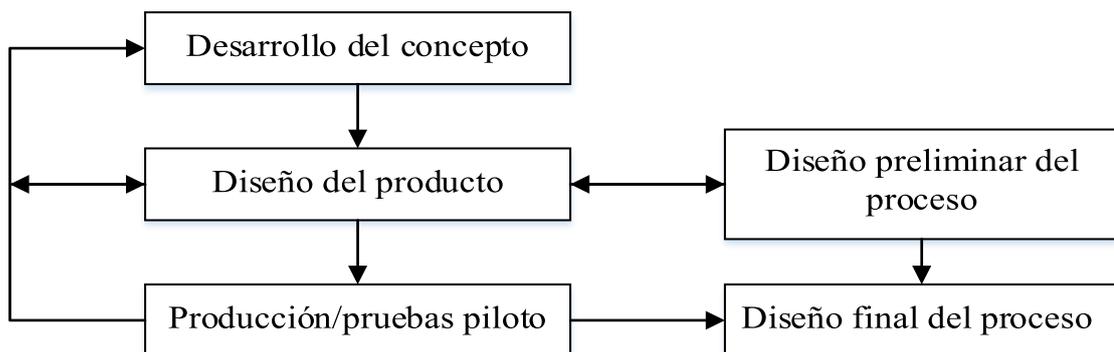


Figura 2: Proceso de diseño de un producto nuevo

FUENTE: Schroeder 2004.

Sin embargo existen riesgos a lo largo de la ruta de desarrollo del producto, y después de llevar a cabo proyectos de investigación y desarrollo no hay garantía de éxito. Desarrollar productos es fácil, desarrollar productos que atraigan a los consumidores es menos sencillo y desarrollar productos que atraigan a un número suficiente de consumidores y también lograr el éxito comercial es muy difícil (Stone y Sidel 2007).

Los consumidores pueden estar comprando nutrición, conveniencia e imagen. Lo más importante es que los consumidores están comprando propiedades sensoriales, desempeño sensorial y consistencia del producto (O'Sullivan *et al.* 2011).

Por lo tanto, es importante y necesario incluir la evaluación sensorial en todas las etapas del desarrollo del producto tal cual se muestra en la Figura 3.

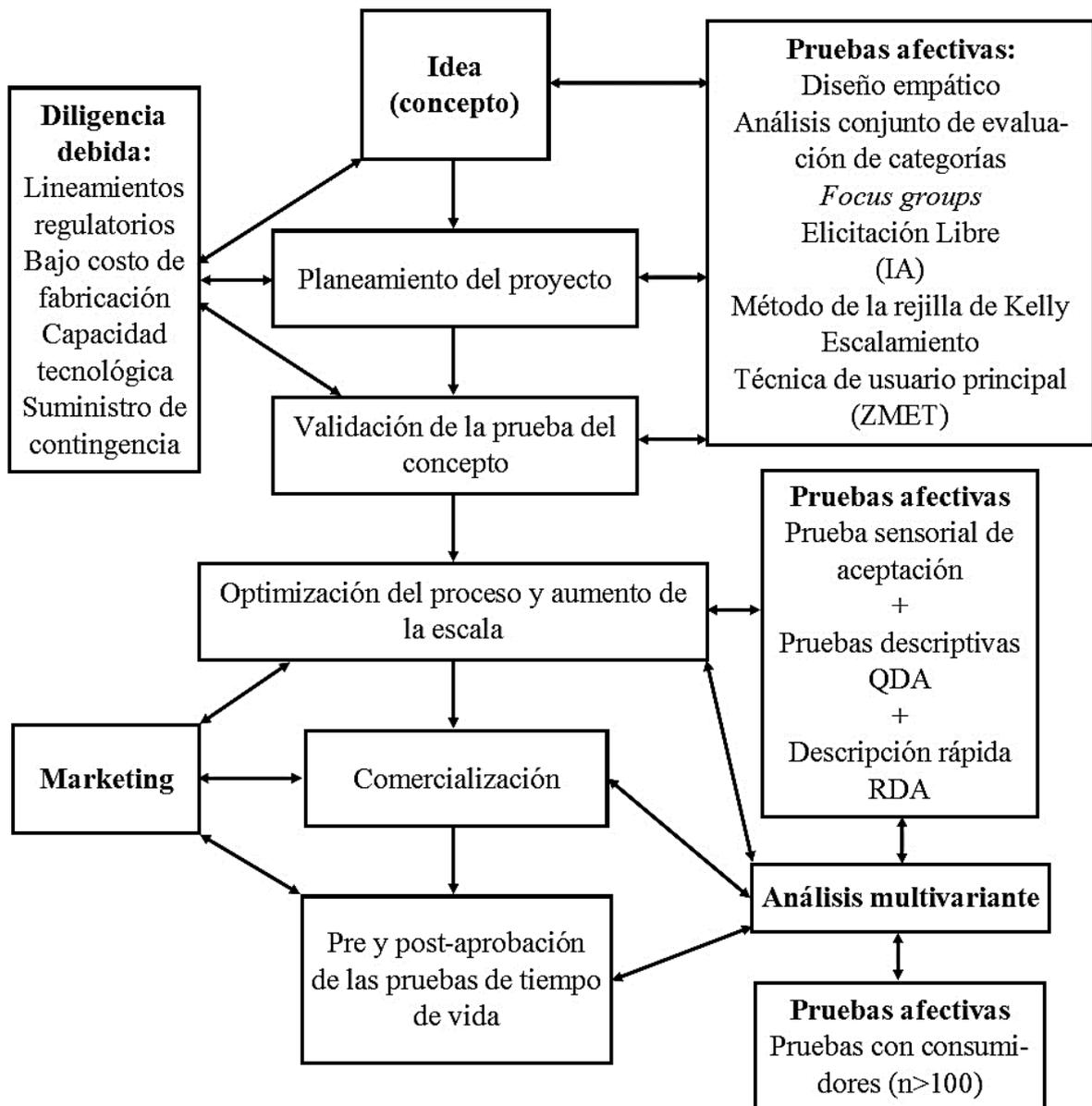


Figura 3: Diagrama de flujo de desarrollo de productos.

FUENTE: adaptado de O'Sullivan 2017.

2.3.1. DESARROLLO DEL CONCEPTO

Se refiere a la generación y a la evaluación de ideas alternativas para el producto nuevo. El producto físico no se diseña realmente durante el desarrollo del concepto, en vez de ello se consideran distintos enfoques para definir y para satisfacer la necesidad del mercado y la empresa selecciona el mejor de ellos. Se establecerá un equipo interfuncional para diseñar el nuevo producto (Schroeder 2004).

2.3.2. DISEÑO DEL PRODUCTO

Deben incluirse: los costos que se incurrirán en la fabricación del producto, el equipo y el personal necesarios, el embalaje, la aprobación y las pruebas, el envío, el almacenamiento y la comercialización. Un cálculo de bajo costo de fabricación debe ser una de las primeras actividades que realice un científico de desarrollo de productos una vez que se complete el concepto y se haya realizado una formulación inicial del prototipo del producto. Las áreas de mercadotecnia, operaciones y finanzas deben colaborar con la ingeniería durante esta etapa para llevar a cabo la elaboración del producto final (O'Sullivan 2017).

2.3.3. DISEÑO DEL PROCESO

Debe realizarse al mismo tiempo que el diseño del producto. No se debe esperar a que se termine el diseño final del producto para iniciar el diseño del proceso. Es recomendable que ambas etapas se diseñen en paralelo a fin de que puedan hacerse cambios en el producto que faciliten el proceso de producción antes de “congelar” el diseño del producto. En la Figura 2 se muestran la manera en que el diseño del proceso debe comportarse en paralelo al diseño del producto (Schroeder 2004).

2.3.4. PRODUCCIÓN/ PRUEBAS PILOTO

Durante esta fase se termina el proceso de producción. Como el diseño del producto se acerca a su terminación, el proceso se puede diseñar con gran detalle y es posible comprobar su habilidad para fabricar el producto que se ha diseñado. Debe considerarse la posibilidad de modificar tanto proceso como producto para optimizar el proceso antes de que se inicie su producción a gran escala y su introducción al mercado (Schroeder 2004).

2.3.5. MÉTODOS PARA INCLUIR LA VOZ DEL CLIENTE

Los requerimientos del cliente, expresados en sus propios términos, se denominan voz del cliente. Las organizaciones usan una variedad de métodos para recolectar información sobre las necesidades y expectativas del cliente, su importancia y su satisfacción con el desempeño de la compañía en estas medidas (Evans y Lindsay 2015).

Algunos de estos enfoques para recopilar información incluyen tarjetas de comentarios y encuestas formales, grupos de enfoque, contacto directo con el cliente, inteligencia de campo, análisis de quejas, y navegar por internet y las redes sociales (Evans y Lindsay 2015).

a. Encuestas formales

Los métodos de encuesta de recopilación de datos han servido bien a la ciencia del consumidor durante muchos años. Son medios fáciles para solicitar información al cliente. Por lo general, se concentran en medir la satisfacción del cliente y, a menudo, contienen preguntas concernientes a la percepción de los usuarios sobre la importancia de dimensiones particulares de calidad al igual que preguntas abiertas (Evans y Lindsay 2015; O'Sullivan 2017).

b. Grupos de enfoque y pruebas sensoriales con consumidores

Un grupo de enfoque es un panel de individuos que responden preguntas sobre los productos y servicios de una compañía. Este tipo de entrevista permite a una empresa seleccionar con cuidado la composición del panel y sondear a profundidad a sus integrantes sobre cuestiones importantes, como comparar las experiencias con las expectativas. Una de sus desventajas consiste en su mayor costo de implementación en comparación con otros tipos (Evans y Lindsay 2015).

c. Empleo de tecnología, internet y redes sociales

El internet y las redes sociales como *Facebook* ofrecen a las organizaciones un campo fértil para averiguar lo que piensan los clientes sobre sus productos. Los usuarios de internet con frecuencia buscan consejo de otros consumidores sobre las fortalezas y debilidades de los productos, comparten experiencias acerca de la calidad del servicio o plantean problemas específicos que necesitan resolver. El costo de supervisar las conversaciones en internet es mínimo comparado con los de otros tipos de encuesta y los clientes no tienen prejuicios respecto a las preguntas que puedan hacerseles. Sin embargo las conversaciones pueden ser menos estructuradas y poco definidas; y por tanto pueden contener menos información (Evans y Lindsay 2015).

Sin embargo, se presenta la desventaja de que al aplicar encuestas en línea, el investigador no tiene control sobre el entorno de evaluación o quién tiene acceso a la encuesta en línea (a través de ordenadores o dispositivos móviles) y puede tener dificultades para verificar a los encuestados (O'Sullivan 2017).

2.4. EVALUACIÓN SENSORIAL DE ALIMENTOS

El aumento del comercio inspiró las pruebas sensoriales formales. Se desarrolló literatura que utilizó el término “prueba organoléptica” para denotar la medición poco objetiva de los atributos sensoriales. Las pruebas eran subjetivas, los evaluadores eran muy pocos, y las interpretaciones se abrían al prejuicio (Pfenninger 1979; citado por Meilgaard *et al.* 2016).

El Departamento de Ciencias de los Alimentos de la Universidad de California en Davis desempeñó un papel importante en el desarrollo de las pruebas sensoriales, lo que dio como resultado el libro de Amerine *et al.* (1965) (Meilgaard *et al.* 2016).

Para definir la evaluación sensorial, Stone *et al.* (2012) citan a la División de Evaluación Sensorial del Instituto de Tecnólogos de Alimentos (1975) que proporciona información sobre el tema: “La evaluación sensorial es una disciplina científica utilizada para evocar, medir, analizar e interpretar las reacciones a las características de los alimentos y materiales tal como los perciben los sentidos de la vista, el olfato, el gusto, el tacto y el oído”.

Los científicos han desarrollado recientemente pruebas sensoriales como una metodología formalizada, estructurada y codificada, y continúan desarrollando nuevos métodos y refinando los existentes. El papel de la evaluación sensorial es proporcionar información válida y confiable a la investigación y desarrollo (I + D), producción y comercialización para que la administración pueda tomar decisiones comerciales sensatas sobre las propiedades sensoriales percibidas de los productos. El objetivo final de cualquier programa sensorial debe intentar encontrar el método más rentable y eficiente con el cual obtener la mayor información sensorial (Meilgaard *et al.* 2016).

La realización de las evaluaciones y análisis sensoriales requieren en forma imprescindible de la participación de grupos de personas (panelistas, jueces, catadores), quienes se convierten en los instrumentos de análisis. Así, la validez y utilidad de los resultados que se

obtienen dependen en gran medida del tamaño, características y funcionamiento de estos grupos. Por ello es importante conocer el grado de sensibilidad del grupo de panelistas participantes, lo mismo que su capacidad para repetir en condiciones similares las pruebas y obtener los mismos resultados (Anzaldúa-Morales 1994).

Con relación a ello Arias y Salcedo (2009), citados por Aguilar (2009), manifiestan que la evaluación sensorial en los alimentos es el análisis por medio de los sentidos, tan importante como los métodos químicos, físicos y microbiológicos. Teniendo la ventaja de que la persona que efectúa las mediciones lleva consigo sus propios instrumentos de medición (sus cinco sentidos), para ello existen tres tipos de pruebas en la evaluación sensorial clásica: pruebas discriminativas, descriptivas y afectivas.

2.4.1. ANÁLISIS DISCRIMINATIVO

Las pruebas de discriminación deben usarse cuando el especialista sensorial desea determinar si dos muestras son perceptiblemente diferentes. Las pruebas de diferencia implican un comportamiento de elección, el sujeto debe seleccionar un producto como diferente de otro o, de acuerdo con criterios específicos, seleccionar el que tiene más de una característica específica (Amerine *et al.* 1965; Meilgaard *et al.* 2016; Stone *et al.* 2012).

Las pruebas de discriminación se pueden usar cuando los desarrolladores de productos reformulan un producto mediante el uso de diferentes ingredientes, al tiempo que no desean que el consumidor detecte la diferencia. También cuando se realiza un cambio de procesamiento en el que el productor espera que este no afecte a las características sensoriales del producto. En ambos casos, el objetivo de la prueba de discriminación no es rechazar la hipótesis nula. Sin embargo cuando una compañía reformula un producto para hacer una versión "nueva" o "mejorada", la prueba de discriminación podría usarse para indicar que las dos formulaciones se perciben como diferentes. En este caso, el objetivo de la discriminación es rechazar la hipótesis nula. Los pasos para conducir una prueba discriminativa se muestran en el Cuadro 1 (Lawless y Heymann 2010).

Cuadro 1: Pasos para realizar una prueba de diferencia

-
1. Obtener las muestras y determinar los objetivos, detalles, cronograma y capacitación de los jueces, con el cliente.
 2. Decidir las condiciones de la prueba (tamaño de muestra, volumen, temperatura, etc.).
 3. Definir las instrucciones y elaborar una guía.
 4. Reclutar posibles panelistas.
 5. Escanear la agudeza de los panelistas.
 6. Entrenar para hacer una prueba de diferencia específica.
 7. Configurar pruebas balanceadas
 8. Asignar códigos de tres dígitos al azar y etiquetar vasos/platos de muestra.
 9. Realizar la prueba.
 10. Analizar los resultados.
 11. Comunicar los resultados al cliente o usuario final.
-

FUENTE: Lawless y Heymann 2010.

La prueba de discriminación es más útil cuando las diferencias entre las muestras son sutiles, sin embargo estas diferencias aumentan el riesgo de cometer errores de tipo II. Las pruebas de discriminación generalmente se realizan cuando solo hay dos muestras. Es posible hacer múltiples pruebas de diferencia para comparar más de dos productos, pero esto no es eficiente ni estadísticamente defendible. Los tres tipos de pruebas de discriminación que se utilizan con mayor frecuencia son la comparación pareada, dúo-trío y triángulo. Se han desarrollado varios otros tipos de prueba, pero debido a su aplicación limitada, no se justifican más que para un examen superficial (Lawless y Heymann 2010; Stone *et al.* 2012).

Estas pruebas se pueden clasificar de varias maneras. Todas pueden considerarse tareas de clasificación, y algunas lo son, como el procedimiento de la tétrada. Otras son tareas de elección, como la elección forzada de tres alternativas. En muchos casos se desconoce la naturaleza exacta de la diferencia y para ello son aplicables pruebas de diferencia global, incluyendo procedimientos de emparejamiento, como dúo-trío. Algunas pruebas implican la elección de una respuesta. Estas son la prueba A – no – A, que son esencialmente procedimientos de sí / no que intentan clasificar los elementos presentados individualmente como un ejemplo de un producto presentado anteriormente en una sesión de capacitación. Una clasificación de pruebas discriminativas se muestra en el Cuadro 2 (Lawless 2013).

Cuadro 2: Clasificación de las pruebas discriminativas más comunes

TIPO DE PRUEBA	PRUEBA	MUESTRAS		TAREAS/ INSTRUCCIONES	P. DE ACIER-TO
		FASE INSPECCIÓN	FASE PRUEBA		
Emparejamiento	Dúo-Trío	Ref-A	A, B	Emparejar la muestra a la referencia	1/2
	2AFCR-M	Ref. dada 2da	A, B	Emparejar la muestra un elemento central de la serie	1/2
	Escoger-2	Ref-A	A, A', B, B'	Emparejar dos muestras a la referencia	1/6
Elección-forzada	Comparación pareada	(ninguna)	A, B	Elegir muestra con mucho del atributo especificado	1//2
	3-AFC	(ninguna)	A, A', B	Elegir muestra con mucho del atributo especificado	1/3
	n-AFC	(ninguna)	A ₁ - A _{n-1} , B	Elegir muestra con mucho del atributo especificado	1/n
	Pareada doble	(ninguna)	A, B y A, A'	Elegir A,B (diferente a su par)	1/2
	Triangular	(ninguna)	A, A', B	Elegir la muestra más diferente	1/3
	Clasificación	2 de 5	(ninguna)	A,A',B,B'B''	Clasificar en dos grupos
4/8 "Harris Kalmus"		(ninguna)	A ₁ -A _d , B ₁ -B _d	Clasificar en dos grupos	1/70
Tétrada/no direccionada		(ninguna)	A, A', B, B'	Clasificar en dos grupos	1/3
Tétrada/direccionada		(ninguna)	A, A', B, B'	Clasificar en dos grupos (decir B es diferente)	1/3
Igual/diferente		(ninguna)	A, A' ó A, B	Elegir respuesta: "igual" o "diferente"	N/A*
Si/no	A, no A	Ref-A	A ó B	Elegir respuesta: "A" o "no A"	N/A*

* Para las pruebas de sí / no, cada individuo puede establecer un criterio y, por lo tanto, la probabilidad de probabilidad puede no ser igual a 1/2.

FUENTE: Lawless 2013.

2.4.2. ANÁLISIS DESCRIPTIVO

Los análisis sensoriales descriptivos son las herramientas más sofisticadas en el arsenal del científico sensorial. Estas técnicas permiten obtener descripciones sensoriales completas de los productos, identificar los ingredientes subyacentes y las variables del proceso. Los métodos descriptivos implican el entrenamiento de jueces para determinar cuantitativamente los atributos sensoriales en una muestra. Los evaluadores están capacitados para medir los atributos asociados con las modalidades sensoriales relevantes de apariencia, aroma, sabor, textura, sabor y regusto (Lawless y Heymann 2010; Stone *et al.* 2012; O'Sullivan 2017).

Los análisis descriptivos son generalmente útiles en cualquier situación en la que se desee una especificación detallada de los atributos sensoriales de un producto. El análisis descriptivo puede indicar exactamente cómo en la dimensión sensorial el producto del competidor es diferente al propio. Las técnicas descriptivas se utilizan con frecuencia en el desarrollo de productos para medir cuán cerca está un nuevo producto del objetivo, o para evaluar la idoneidad de los prototipos de productos (Lawless y Heymann 2010).

La prueba descriptiva es un sistema dinámico en el cual el investigador debe tomar numerosas decisiones al organizar un panel de jueces entrenado, ya sea reclutando y seleccionando un nuevo panel, revisando los registros de desempeño para el siguiente panel, decidiendo el diseño apropiado, decidiendo cuándo y dónde los productos serán evaluados o reportando resultados. Sin un conocimiento suficiente sobre el comportamiento humano y los objetivos de una prueba, se podrían tomar decisiones inadecuadas o incorrectas sobre los productos (Stone *et al.* 2012).

Un análisis descriptivo generalmente tendrá entre 6 y 10 panelistas que habrían sido capacitados, con el uso de estándares de referencia, para comprender y acordar el significado de los atributos utilizados. Por lo general, utilizarían una escala cuantitativa de intensidad que permite que los datos se analicen estadísticamente (Lawless y Heymann 2010).

En el Cuadro 3, se muestra una clasificación de los métodos descriptivos más comunes, el tipo de panelistas que requiere su empleo y el análisis estadístico de sus datos respectivos.

Cuadro 3: Clasificación de los métodos descriptivos más comunes

MÉTODO	TIPO DE PANELISTAS	ANÁLISIS DE DATOS
Análisis del Perfil del sabor®	Seleccionado por su interés, habilidad para discriminar diferencias y resultados reproducibles.	Representación gráfica Componentes principales y Análisis de varianza multivariado
Análisis del Perfil de Textura®	Agudeza sensorial normal.	Representación gráfica Componentes Principales, y Análisis de varianza multivariado
Análisis Descriptivo Cuantitativo (QDA)®	Recalificación periódica.	Análisis de varianza, Análisis de Regresión, Análisis Factorial, Representación gráfica

FUENTE: Meilgaard *et al.* 2016.

Estas técnicas son ideales para las pruebas de vida útil, especialmente si los jueces están bien entrenados y son consistentes en el tiempo. En el área de calidad, las técnicas descriptivas pueden ser invaluableles cuando se deben definir los aspectos sensoriales de un problema. Las técnicas descriptivas tienden a ser demasiado costosas para las situaciones cotidianas de control de calidad, pero los métodos son útiles cuando se resuelven las principales quejas de los consumidores. La mayoría de los métodos descriptivos se pueden usar para definir relaciones sensoriales-instrumentales (Lawless y Heymann 2010).

2.4.3. PRUEBAS AFECTIVAS

El objetivo principal de las pruebas afectivas es evaluar la respuesta personal (preferencia o aceptación) de los clientes actuales o potenciales de un producto, de una idea de producto o de características específicas del producto. En el proceso de evaluación del producto, las pruebas afectivas usualmente siguen a las pruebas sensoriales analíticas de discriminación y análisis descriptivo. Desde una perspectiva de la ciencia sensorial, las pruebas de aceptación deben tener un significado específico con respecto al objetivo de la investigación, la metodología, los criterios de calificación de los participantes y los resultados clave. La

experiencia ha demostrado que las pruebas de aceptación sensorial son rentables y una herramienta de evaluación muy útil antes de que se realicen compromisos de proyectos a gran escala (Amerine *et al.* 1965; Meilgaard *et al.* 2016; Stone *et al.* 2012).

Un panel de jueces entrenados debería haber demostrado diferencias sensoriales que pueden recomendarse para proceder a pruebas de consumo a mayor escala, generalmente realizadas por estudios de mercado o información del consumidor. Esta tarea de evaluación se conoce como aceptación, preferencia, orientación o prueba del consumidor. Estas etiquetas pueden tener diferentes significados dependiendo de la experiencia y las responsabilidades profesionales (Stone *et al.* 2012).

Los diseños de estudios deben adaptarse cuidadosamente al grupo de consumidores esperado. Desde la perspectiva del proyecto, las razones para realizar las pruebas de consumo por lo general caen en una de las siguientes categorías (Meilgaard *et al.* 2016):

- Mantenimiento del producto
- Mejora / optimización del producto
- Desarrollo de nuevos productos
- Evaluación del potencial de mercado
- Revisión / evaluación comparativa de la categoría del producto
- Soporte para reclamos publicitarios

La preferencia es esa expresión de atractivo de un producto frente a otro. La preferencia puede medirse directamente mediante la comparación de dos o más productos entre sí. Es decir, cuál de dos o más productos es el preferido. Para ser más eficiente, la ciencia sensorial debe enfatizar la medición del gusto / aceptación del producto en pruebas multi-producto y, a partir de estos datos, determinar indirectamente las preferencias (Stone *et al.* 2012).

No se puede invertir en un producto que no fue del agrado del consumidor debido a una deficiencia sensorial. Por lo tanto, se estableció una metodología de prueba que dará una estimación de la aceptación del producto basado en lo que Cardello y Schutz (2003) llaman sus propiedades sensoriales intrínsecas (por ejemplo, relacionadas con los ingredientes y el proceso). Sin embargo, esta medida de aceptación sensorial no garantiza el éxito en el mercado ya que la presencia de las variables extrínsecas como: el empaquetado, el precio, la

publicidad y la segmentación del mercado, tendrán un efecto significativo. Sin embargo, sí proporciona una buena indicación del potencial del producto en sí (Stone *et al.* 2012).

Además, la prueba de aceptación sensorial no implica una participación en el mercado porque este tema está más allá del alcance y la responsabilidad de la evaluación sensorial. En ese sentido, la respuesta sensorial es una medida pasiva, es decir que no se infiere ninguna acción del encuestado. Es posible obtener una medida más orientada a la acción mediante el uso de la escala de calificación de la acción alimentaria (Schutz 1965). Esta escala requiere que el sujeto calcule la frecuencia de consumo (o uso) de un producto. Finalmente, la aceptación sensorial también puede y debe medirse como una función del producto en una situación de consumo normal (Stone *et al.* 2012).

2.4.4. MÉTODOS MODERNOS DE EVALUACIÓN SENSORIAL

El alto costo económico y tiempo de tener un panel descriptivo entrenado puede ser un problema en los entornos industriales y académicos. Las pequeñas empresas no pueden permitirse tener un panel entrenado y los proyectos a corto plazo, o la falta de financiación, pueden ocasionar dificultades en el ámbito académico para establecerlos y mantenerlos. Por ello es lógico pensar que la ciencia sensorial fluiría hacia herramientas sensoriales más flexibles y rápidas que darían agilidad extra para la caracterización sensorial, tanto en términos de requisitos de tiempo y de formación (Varela y Ares 2012).

La aplicación de herramientas desde la antropología, la etnografía y las ideas creativas para la resolución de problemas se pueden utilizar en combinación con los métodos sensoriales tradicionales. Estos enfoques adicionales están destinados a: crear resultados procesables y ampliar los horizontes de los profesionales sensoriales. Un objetivo principal de los profesionales sensoriales es agregar conocimiento y valor al desarrollo de productos y la innovación. El entorno de investigación y desarrollo debe estar equipado con herramientas y enfoques para vincular ese conocimiento técnico con la información sobre los consumidores (Meilgaard *et al.* 2016).

El Cuadro 4 sugiere enfoques para la investigación de la innovación. Estas nuevas técnicas pretenden ser mejoras y avances en las herramientas básicas.

Cuadro 4: Nuevos enfoques para la investigación de la innovación

SITUACIONES	ENFOQUES SUGERIDOS
Nuevos formatos	Innovación de inicio-fin, mapeo de secuencia, experiencia icónica, percepción del beneficio, conducta económica, investigación en contexto
Desarrollo del concepto/ideación	Innovación de inicio-fin, cocreación del consumidor, Kano, percepción del beneficio, conducta económica, investigación en contexto
Producto en línea de expansión	Experiencia icónica, mapeo de secuencia, cocreación del consumidor, evaluación de categoría, Kano
Nueva expansión de categoría de producto	Mapeo de secuencia, evaluación de categoría, Kano, reclamos publicitarios

FUENTE: Meilgaard *et al.* 2016.

El desarrollo de los métodos de Perfil de Libre Elección y *Repertory Grid* en la década de los ochenta fue un punto de inflexión, ya que abrió la puerta al empleo de consumidores para la descripción sensorial. Desde entonces el análisis descriptivo dio cabida a lo que es hoy una amplia gama de métodos que varían en su enfoque y resultados, con diferentes grados de dificultad y que se pueden usar con los paneles que varían en número de personas y el grado de formación (Valera y Ares 2014).

En términos generales, las nuevas metodologías para la caracterización sensorial o técnicas de perfil del consumidor se basan en diferentes enfoques. Hay métodos basados en la evaluación de los atributos individuales, como los comúnmente realizados en el perfil convencional: perfil de libre elección, CATA y el perfil *flash*. Otros métodos se basan en la evaluación de las diferencias globales como: *Sorting*® y *Napping*®. Otras alternativas son el posicionamiento sensorial polarizado (PSP) y los métodos basados en la evaluación o descripción de los productos individuales, como las preguntas globales abiertas. Cada enfoque es el más adecuado para diferentes aplicaciones particulares (Valera y Ares 2014).

2.4.5. MÉTODO DE LA REJILLA DE KELLY (*REPERTORY GRID*, RG)

El método de la rejilla o *Repertory Grid* (RG) es una integración de la teoría de los constructos personales de George Kelly. Kelly (1955) define un constructo como "una forma en la que dos cosas son iguales y, de la misma manera, diferentes de una tercera". Según esta teoría las personas actúan como científicos cuando evalúan el entorno que los rodea: formulando, probando, verificando y actualizando hipótesis sobre el mundo y su relación con ellos mismos. Estas hipótesis se realizan como constructos, o dimensiones bipolares, que describen dos polos contrastantes que están dispuestos jerárquicamente en redes de constructos relacionados entre sí. Para comprender las preferencias alimentarias se deben investigar los constructos relacionados con la preferencia y la elección, y aquellos constructos relacionados con la percepción del consumidor de los alimentos, para luego relacionarlos entre sí (Meiselman *et al.* 1994).

En la práctica, la técnica funciona de la siguiente manera. Los objetos se organizan en grupos de tres (tríadas), de modo que cada objeto aparece en al menos una tríada, en la cual se toma un objeto y ese objeto se traslada a la siguiente tríada. Cada tríada se presenta al evaluador y dos de los objetos dentro de esa tríada se asocian arbitrariamente entre sí y se disocian del tercero. Luego se le pide al sujeto que describa cómo piensa que los dos objetos asociados son similares y, de la misma manera, diferentes del tercero. Según lo aplicado por el autor, el procedimiento se amplía para solicitar a los sujetos que describan los extremos de cada construcción provocada, a fin de formar una escala en la que los objetos puedan cuantificarse posteriormente. Una vez que el sujeto ha agotado todas sus construcciones para esa combinación, las dos combinaciones restantes dentro de la tríada se presentan de manera similar al sujeto y las construcciones se obtienen de la misma manera. Este procedimiento se repite para cada una de las tríadas restantes, lo que da como resultado una lista exhaustiva de constructos (y extremos asociados) que describen los términos en los que ese sujeto percibe los objetos bajo investigación (Thomson y McEwan 1988).

Las construcciones pueden entonces asociarse con una escala analógica visual de 100 mm (o cualquier otra escala apropiada), cuyos polos están etiquetados con los extremos de la construcción descrita por el sujeto. Los participantes pueden usar sus listas individuales de construcciones, con escalas correspondientes, para calificar cada uno de los objetos de

interés. Por lo tanto, cada sujeto define una matriz de datos que representa una configuración multidimensional particular de los objetos (Thomson y McEwan 1988).

El método de la rejilla proporciona una tecnología lo suficientemente flexible como para adaptarse a las necesidades de cada estudio, pero suficientemente estructurada como para permitir a los consumidores verbalizar completamente sus percepciones de los productos bajo investigación. Aliado con el análisis generalizado de Procrustes (GPA) y otros procedimientos estadísticos multivariantes, ofrece una ruta confiable para comprender cómo perciben los consumidores cualquier gama de productos en términos de características sensoriales, características generales, imagen y empaque de los productos mismos, en términos de contextos dentro de los cuales los diferentes consumidores usan los productos, y en términos de quién podría usar el producto (McEwan y Thomson 1989; Jaeger *et al.* 2005; González-Tomás y Costell 2006).

2.4.6. PERFIL DE LIBRE ELECCIÓN (PLE)

El Perfil de Libre Elección (PLE) es una técnica sensorial que, como otras técnicas descriptivas (análisis descriptivo genérico, perfil de sabor, análisis descriptivo cuantitativo y *Spectrum*®), se puede utilizar para describir un producto en función de sus características sensoriales; es decir la apariencia, sabor, aroma o textura (Oreskovich *et al.* 1991).

El principio básico del PLE es que cada evaluador utiliza su propia lista de características sensoriales para evaluar los productos. Fue desarrollado en 1981 por Williams *et al.* como un nuevo enfoque de análisis de perfil adecuado para los evaluadores con bajo grado de formación, reduciendo o evitando el tiempo y los costes de formación y mantenimiento de los paneles convencionales. En esta técnica se asume que los individuos no difieren en cómo perciben las características sensoriales de los productos, pero sí en la forma en que etiquetan o expresan esas características, asumiendo también que estos individuos son capaces de calificar consistentemente un conjunto de productos (Varela y Ares 2014).

Aunque los evaluadores entrenados usan términos definidos con precisión de descriptores sensoriales y los resultados en general muestran un alto grado de fiabilidad y precisión, no siempre reflejan lo que perciben los consumidores. Cuando se les pide a los consumidores que definan sus propios términos, utilizan un vocabulario más común o un vocabulario más

fácil de comprender, pero posiblemente difícil de comprender para otros consumidores (Piggott *et al.* 1990).

El PLE se ha utilizado para describir las diferencias sensoriales entre los productos comerciales o experimentales incluyendo una amplia variedad de tipos de alimentos como: jaleas de uva (Tang y Heymann 2002); limonadas con base de naranja (Lachnit *et al.* 2003); mieles (González Viñas *et al.* 2003); zumos de maracuyá (Deliza *et al.* 2005); postres lácteos (González-Tomas y Costell 2006); zumos de naranja (Pérez-Aparicio *et al.* 2007); bebidas lácteas (Arancibia *et al.* 2011); y galletas (Tarancón *et al.* 2013).

Los resultados individuales y los resultados del panel se analizan utilizando el análisis generalizado de Procrustes. Este tipo de análisis factorial analiza los datos hasta que se logra un resultado aceptable, generalmente al excluir los datos seleccionados. Este procedimiento se usa con frecuencia, pero no está claro que los investigadores comprendan las implicaciones de excluir selectivamente los datos hasta que se obtenga un resultado satisfactorio (Stone *et al.* 2012).

2.4.7. ANÁLISIS GENERALIZADO DE PROCRUSTES (GPA)

El análisis generalizado de Procrustes (GPA) (Gower 1975) es una técnica multivariante que permite emparejar las configuraciones obtenidas de los evaluadores mediante la transformación de los espacios individuales en tres pasos: traducción, escalamiento y rotación. Y las adecúa para producir un espacio común o promedio. El GPA luego elimina las tres fuentes de variación generada por los evaluadores: el nivel de puntuación, el uso idiosincrásico de descriptores y el rango de puntuación (Arnold y Williams 1986).

El primer paso es una traducción de superponer las configuraciones de los evaluadores en un centro común. Este paso sigue siendo válido aun cuando las dimensiones representan diferentes atributos de evaluador a evaluador. El segundo paso es un escalado isotrópico donde las configuraciones se encogen o se estiran para obtener nuevas configuraciones que son aproximadamente del mismo tamaño pero manteniendo constante la distancia relativa entre las muestras. En este paso, los efectos de usar de diferentes rangos de escalas por los evaluadores se eliminan. Por último, la tercera etapa consiste en rotaciones para hacer coincidir las configuraciones tanto como sea posible (Varela y Ares 2014).

Después de estos pasos, se computariza una configuración común como el medio para toda configuración individual transformada. El GPA a través de una serie de iteraciones, repite los pasos hasta que la distancia entre las configuraciones transformadas y la configuración media (consenso) se minimiza (Varela y Ares 2014).

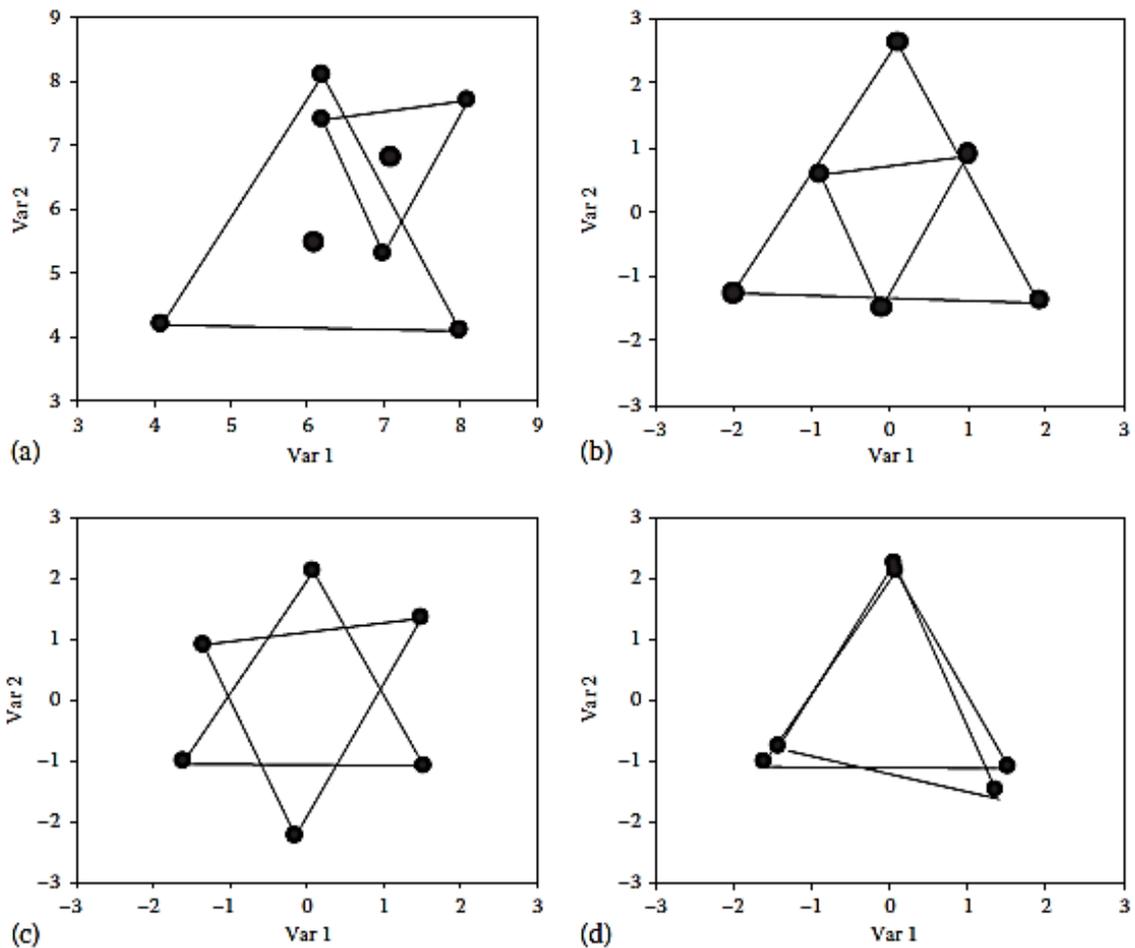


Figura 4: Etapas de transformación del GPA. Ejemplo de configuraciones teóricas de dos evaluadores que evalúan tres muestras: (a) las configuraciones iniciales, (b) la traducción, (c) Escalado y (d) la Rotación

FUENTE: Varela y Ares 2014.

2.5. BROWNIE

Un *brownie* es un dulce plano y en forma de caja (rectangular) con sabor a chocolate que se compone de ingredientes básicos como: harina, mantequilla, chocolate, huevos y azúcar. Por lo general se consume como postre y la textura puede ser o bien chocolata o pastosa, dependiendo de las preferencias individuales (Selvakumaran *et al.* 2017).

Otra definición indica que los *brownies* son pastelillos dulces, pequeños, que tienen una cubierta de chocolate. Pueden incluir en su interior trocitos de nuez, chocolate, mantequilla de maní y una variedad de ingredientes. Su característica principal es que en el centro la masa aparenta estar húmeda. Poseen una textura un tanto gomosa y tienen una superficie crujiente (Islas-Rubio *et al.* 2012).

En el Cuadro 5 se observa la composición química de los *brownies* industrializados:

Cuadro 5: Composición química de *Brownies* comerciales

COMPONENTE	(g/100g)
Humedad	9,01+- 0,2
Proteína	4,7+- 0,1
Grasa	26,3+- 0,4
Cenizas	1,3+- 0,1
Carbohidratos totales	58,7

FUENTE: Islas-Rubio *et al.* 2012.

A continuación se definen los insumos usados en la producción de *brownie* libre de gluten:

2.5.1. HARINA SIN GLUTEN

La sustitución de toda la harina de trigo por un almidón, generalmente harina de arroz muy fina o almidón de papa, producirá un producto horneado aceptable. Una mezcla de almidones derivados de arroz, papas y yuca puede utilizarse para reemplazar la harina de trigo en la cocción de productos de panificación. Las proporciones de almidón de maíz, almidón de yuca y harina de arroz deben optimizarse para que el producto sin gluten producido cumpla con los requisitos de calidad (Mauksch 1997; Sánchez *et al.* 2002).

En la actualidad existen marcas comerciales de harinas libres de gluten cuyas formulaciones están perfectamente diseñadas para crear productos horneados con buen sabor y textura. Una de estas marcas es Bob's Red Mill, que cuenta con las certificaciones *gluten free*, *Kosher* y *vegan*. Dentro de su línea de harinas libres de gluten, Bob's Red Mill cuenta con la marca *Gluten free 1-to-1 baking flour*, cuya formulación presenta los siguientes insumos: harina de arroz dulce, de arroz integral, almidón de papa, harina de sorgo, harina de yuca y goma xantana. Los cuales crean una combinación que funciona para recetas que requieren leudantes, como los *brownies* (Bob's Red Mill 2017).

Se agrega goma xantan para proporcionarle al producto su estructura y prevenir su desmoronamiento. La goma xantan es la opción preferida ya que la goma guar tiene un efecto laxante en algunas personas (Zhou y Hui 2014).

Louis (2003), citado por Zhou y Hui (2014), recomienda el uso de harina de sorgo como sustitutos de la harina de trigo en productos horneados. El sorgo es especialmente ideal para hacer panes, galletas y pasteles. Es nutricionalmente similar a la harina, de color claro y tiene un sabor suave.

Se debe asegurar que todo el equipo utilizado esté libre de harina que contenga gluten. En la cocción comercial se requerirá la creación de un área de producción separada para los productos sin gluten. No debe haber contaminación por cereales que contengan gluten durante la producción de productos sin gluten. Además del trigo, el centeno, la avena y la cebada, también deben evitarse (Hagman 2000).

2.5.2. SACAROSA

Además de brindar dulzura, la sacarosa proporciona volumen. Tiene un impacto en la estructura y textura de los productos horneados, ayuda a la crema a mantener el aire entre la grasa y la humedad. También controla las transformaciones macromoleculares, juega un papel en la estabilidad emulsionante-coloidal de los sistemas, modifica y mejora el sabor en muchos productos basados en cereales, contribuye a la propagación y crujiente en las galletas, actúa como un ingrediente suavizante / ablandador, proporciona color de corteza en los productos, y más (Pareyt y Delcour 2008).

A continuación se presentan dos funcionalidades de la sacarosa en productos horneados:

a. Sacarosa y dulzura

La sacarosa es el edulcorante estándar al que se comparan todos los demás edulcorantes. La dulzura percibida es subjetiva y puede ser modificada por una serie de factores. La composición química y física del medio en el que se dispersa el edulcorante tiene un impacto en el sabor y la intensidad. La concentración del edulcorante, la temperatura a la que se consume el producto, el pH, otros ingredientes en el producto y la sensibilidad del catador son todos importantes (O'Brien Nabors 2001).

La respuesta de dulzura también varía con el tiempo y, en algunos casos, los efectos psicológicos pueden influir en la sensación dulce. La sacarosa es el estándar habitual (el dulzor suele establecerse igual a 1) y la intensidad del dulzor de una sustancia se establece en relación con la sacarosa (dulzura relativa) (Zhou y Hui 2014).

b. Sacarosa y textura

Durante el proceso de mezcla la sacarosa atrapa el agua y compite con las proteínas de la harina. En formulaciones complejas, la disminución inicial en la consistencia podría ser causada por la reacción del agua con sólidos solubles para formar una solución que permanece libre en el sistema y hace que el agua no pueda reaccionar con las partículas de harina, para ello se debe aumentar el tiempo requerido para desarrollar la mezcla (Mariotti y Alamprese 2012).

2.5.3. MARGARINA

La grasa contribuye significativamente al sabor y al color. Se prefiere la mantequilla, pero el costo y las limitaciones con el rango de temperatura de procesamiento implican que la margarina se use con más frecuencia. La margarina es funcional y aporta un sabor agradable, aroma y sensación en la boca a la masa. La grasa añadida a la masa mejora las propiedades de manejo de la masa y la suavidad del queque. Las cantidades pueden variar desde ocho (masa magra) hasta veinte por ciento (masa muy rica). La grasa de la masa sirve para lubricar la estructura de las proteínas de la harina y facilita el proceso de laminación. Sin embargo, los pasteles de buena calidad se pueden producir sin grasa (Zhou y Hui 2014).

2.5.4. HUEVOS

Dependiendo del tipo de pastel, se usa huevo entero o solo albúmina (clara). Al ser el *brownie* un pastelillo que contiene alta proporción de grasa que debe dispersarse y emulsionarse durante la etapa de mezcla de ingredientes. En su formulación se deben incluir las yemas. Estas presentan excelentes propiedades emulsionantes en comparación con las proteínas de clara de huevo debido a la función que desempeñan con éxito las lipoproteínas presentes en ella (Shepherd y Yoell 1976; citados por Zhou y Hui 2014).

El desarrollo de la estructura de la masa está dado principalmente por la interacción entre constituyentes funcionales que se originan del huevo y la harina. Obligando a depender de la cantidad y la relación de estos ingredientes. Las proteínas del huevo son agentes emulsionantes y espumantes desde el inicio del proceso de preparación de tortas y formación de masa. Mientras que su desnaturalización durante el intermedio y principalmente durante la fase final de cocción ayuda a consolidar la estructura final de la torta (Zhou y Hui 2014).

2.5.5. COBERTURA DE CHOCOLATE/ CACAO EN POLVO

El chocolate en cobertura (tableta) se usa en una variedad de formas en la pastelería. Las formulaciones están diseñadas para optimizar el sabor y tienden a tener una baja viscosidad para lograr un recubrimiento delgado. El chocolate diseñado para pasteles que deben cortarse con un cuchillo a menudo tiene un mayor contenido de grasa láctea, lo que resulta en una textura más suave para evitar el agrietamiento y facilitar el corte. Se puede usar también cacao en polvo para lograr un color más oscuro y un sabor de cacao más fuerte para contrarrestar la dulzura de la torta si es necesario (Talbot 2009).

2.6. IMPORTANCIA DE LOS PRODUCTOS LIBRES DE GLUTEN

El gluten es un complejo proteico, que funciona como la proteína principal de almacenamiento en el trigo, el centeno y la cebada. Desde una perspectiva tecnológica es responsable de las propiedades viscoelásticas de la masa. Esta estructura consiste en miles de pequeños bolsillos, con forma de globo, producidos por la hidratación y el amasado del gluten en la masa. Este atrapa las burbujas de aire a medida que se inflan con los gases producidos durante la fermentación y la cocción. Una vez horneado, produce la característica estructura aireada del pan. El gluten es un compuesto importante que contribuye a las propiedades sensoriales de los productos de panificación (O'Sullivan 2017).

Dos formas de susceptibilidad al gluten en las dietas individuales son la enfermedad celíaca o celíaca y la intolerancia al gluten. La enfermedad celíaca es una intolerancia intestinal a las proteínas de almacenamiento del trigo (es decir, todas las especies de *Triticum*), el centeno y la cebada (y algunas veces avena). Es una enteropatía mediada por el sistema inmune causada por la ingestión de gluten en individuos genéticamente susceptibles y es uno de los trastornos más comunes de por vida. Por otro lado, la intolerancia al gluten no involucra al sistema inmune sino que ocurre durante un período más prolongado, es menos severa que una alergia alimentaria y en la mayoría de los casos requiere ingerir grandes cantidades de alimentos antes de que se manifiesten los síntomas. La prevalencia mundial de la enfermedad celíaca se estima entre 0,5 y 1,0 por ciento, pero se ha encontrado que la población árabe del Sáhara Occidental tiene una incidencia más alta de 5,6 por ciento (Masure *et al.* 2016).

La sensibilidad al gluten desencadena una respuesta inmune que daña la capa mucosa del intestino delgado y evita la absorción de nutrientes. Los síntomas de intolerancia al gluten o enfermedad celíaca incluyen: diarrea, estreñimiento, pérdida de peso, cansancio crónico, anemia, retraso del crecimiento en los niños, úlceras crónicas en la boca, dolor de estómago e hinchazón, indigestión, dolor óseo, malhumor o depresión, infertilidad y abortos espontáneos recurrentes (Celiac Society of Ireland 2016; Pahlavan *et al.* 2016).

En la actualidad, el único tratamiento disponible para la enfermedad celíaca es una dieta estricta sin gluten. Por ello para garantizar la seguridad de los consumidores sensibles al gluten el Codex Alimentarius, el Reglamento de la Comisión Europea y la Administración de Alimentos y Medicamentos de los EE. UU, han especificado 20 mg / kg como umbral máximo de gluten en alimentos etiquetados sin gluten (Fasano y Catassi 2012; Masure *et al.* 2016; Pahlavan *et al.* 2016).

La población celíaca ha impulsado el crecimiento del sector de productos "sin gluten" con compañías que producen una amplia gama de productos sensorialmente aceptables. El crecimiento de este sector se ha ampliado aún más cuando los consumidores normales eligen evitar el gluten porque creen que los productos sin gluten son una opción "más saludable" y es una forma eficaz de control de peso. Aunque no hay evidencia científica que respalde estas creencias (Capriles *et al.* 2016).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

La presente investigación se desarrolló con la colaboración de la Panificadora Torres, ubicada en el distrito de Santa María de Huachipa (Lima), quien prestó sus instalaciones para llevar a cabo la elaboración de los *brownies* formulados; por otro lado, el desarrollo de las pruebas con consumidores se efectuó en las aulas y campus de la Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima-Perú; durante el período de octubre del 2017 a abril del 2018.

3.2. MATERIA PRIMA E INSUMOS

- Harina libre de gluten (Bob's Red Mill 1 to 1, Oregon, Estados Unidos)
- Margarina (Sello de Oro, Lima, Perú)
- Huevos pardos (La Calera, Lima, Perú)
- Cobertura de chocolate (Negussa, Lima, Perú)
- Azúcar rubia (Metro, Lima, Perú)
- Cocoa en polvo (Winter's, Lima, Perú)
- Polvo de hornear (Fleishmann, Lima, Perú)
- Esencia de vainilla (Negrita, Lima, Perú)
- Leche evaporada (Gloria, Lima, Perú)
- Castañas partidas a granel (Mercado Central de Lima, Lima, Perú)
- Sal yodada (Emsal, Lima, Perú)
- *Brownie* comercial de Fudge (Gustozzi, Lima, Perú)
- *Brownie* comercial Marmoleado (Gustozzi, Lima, Perú)
- Agua de mesa (Cielo, Lima, Perú)

3.3. MATERIALES Y EQUIPOS

3.3.1. MATERIALES

- Azúcar blanca (Metro, Lima, Perú)
- Sal (Emsal, Lima, Perú)
- Ácido cítrico (Aromas del Perú, Lima, Perú)
- Cafeína (Aromas del Perú, Lima, Perú)
- Tazones de acero inoxidable
- Molde para hornear
- Espátula de silicona
- Cuchillos de acero inoxidable
- Cazuela de acero inoxidable
- *Tapers* de plástico
- Vasos descartables de plástico de 2 y 4 onzas.
- Platos descartables de plástico #15
- Servilletas
- Plumones o lapiceros marcadores
- Fichas de evaluación
- Lápices o lapiceros y borrador
- Regla de acero de 30 cm
- Cabinas de evaluación sensorial portátiles
- *Software*: XLSTAST® versión 2016 y R® versión 3.1.3. R Studio

3.3.2. EQUIPOS

- Batidora de mano (Oster®, Florida, Estados Unidos)
- Horno rotativo (Nova®, Lima, Perú)
- Balanza gramera (Kitchen Scale®, electrónica, China)
- Computadora Intel® Core® i3-4005U, CPU 1.70 GHz, 4 GB RAM
- Impresora Epson® TX220

3.4. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

En la Figura 5 se muestra la metodología experimental empleada en la presente investigación, para la obtención del *brownie* libre de gluten caracterizado sensorialmente.

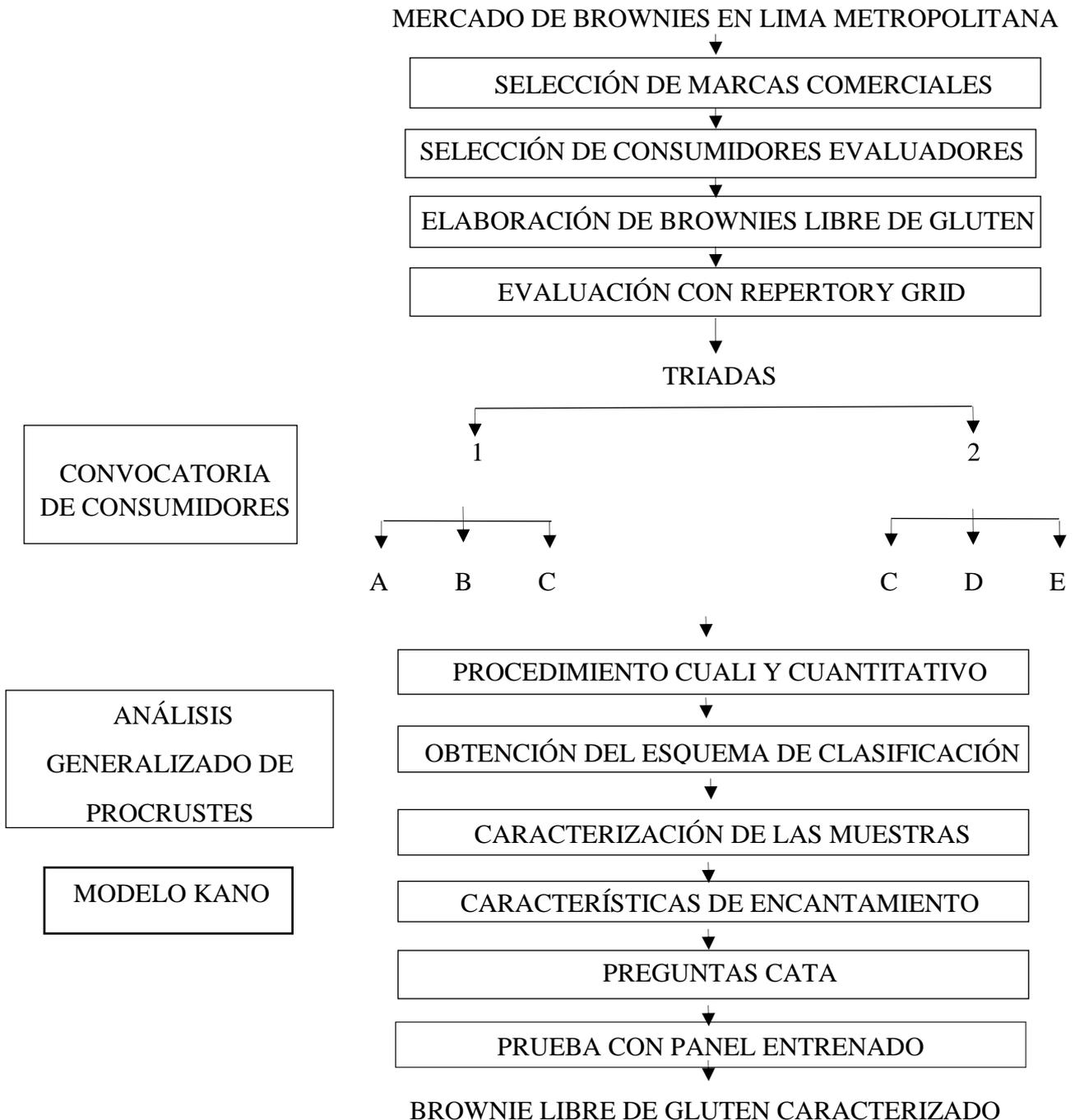


Figura 5: Diagrama de la metodología experimental para la caracterización sensorial del *brownie* libre de gluten.

A continuación se describen los procedimientos abordados:

3.4.1. DETERMINACIÓN DEL MERCADO DE *BROWNIES* EN LIMA METROPOLITANA

Se realizó una inspección en los puestos de venta pertenecientes al campus de la UNALM y en las cadenas de supermercados más populares de Lima Metropolitana (Metro, Plaza Vea, Tottus) de los distritos con predominancia socioeconómica B y C (La Molina, Surco, San Miguel, San Martín de Porres, San Juan de Lurigancho, Los Olivos; Villa María del Triunfo, Cercado de Lima) (APEIM 2017).

Se determinó que no existían muchas marcas de *brownies* comerciales que se expendieran al por mayor y menor, y que estén al alcance del consumidor. De hecho sólo una marca comercial está presente en el mercado de *brownies*, por lo cual se empleó esta marca (Gustozzi) que además ofrecía el producto en tres distintas variedades.

3.4.2. SELECCIÓN DE CONSUMIDORES

Debido al segundo objetivo de la presente investigación se seleccionaron a los participantes de todas las pruebas sensoriales realizadas en este estudio mediante una encuesta que tuvo ciertos lineamientos como: la edad del panelista (se prefirió un rango de edad entre 18 a 35 años), ocupación, nivel socioeconómico (se estableció que se reclutarían participantes pertenecientes a los niveles socioeconómicos B y C). Además se consideró su frecuencia de consumo de *brownies*, así como su interés y disponibilidad para participar del estudio (Ver ANEXO 1). Al momento del reclutamiento no se dio información acerca del objetivo específico del estudio, y al término de la prueba se brindó un presente por participar.

3.4.3. ELABORACIÓN DE *BROWNIES* LIBRES DE GLUTEN

En la Figura 6 se muestra la metodología empleada para la elaboración de *brownies* libres de gluten:

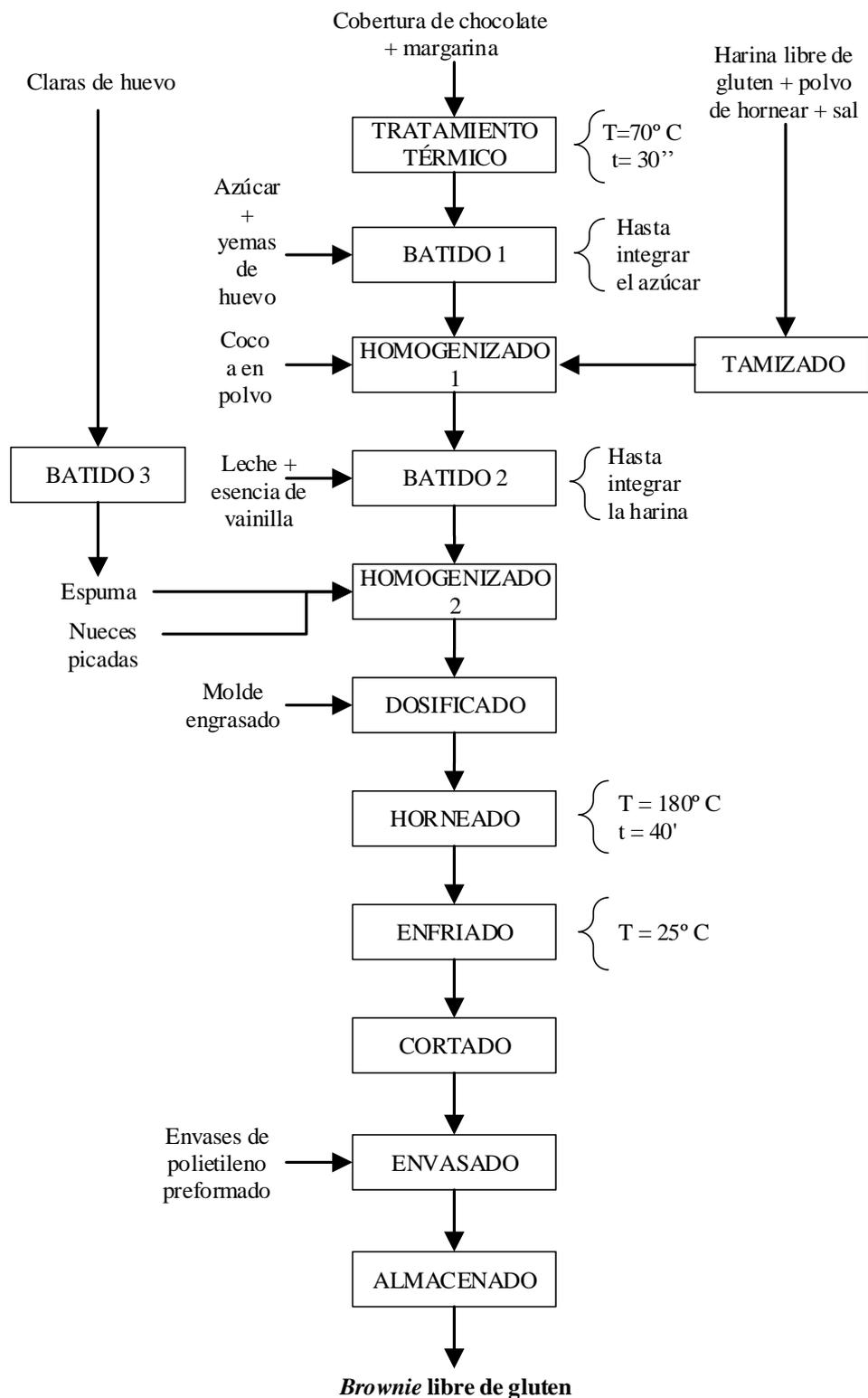


Figura 6: Flujo de operaciones para la obtención de *Brownie* libre de gluten

A continuación se describen las operaciones unitarias del proceso tecnológico:

1. Tratamiento térmico

Se colocó en una cazuela la margarina junto con la cobertura de chocolate, se llevaron a la estufa por 30 segundos a 70°C, sin dejar de revolver. Pasado el tiempo, se retiraron del fuego y se agitó hasta que el chocolate se disolvió completamente.

2. Batido 1

Se vertieron la margarina y chocolate derretidos en un tazón de acero inoxidable y se batió incorporando poco a poco el azúcar, hasta que se integró completamente y no quedaron grumos. Finalmente se agregaron las yemas de huevo y se batió hasta homogenizar.

3. Tamizado

En un tazón de acero inoxidable, se cernió la harina libre de gluten (Bob's Red Mill 1 to 1) junto con el polvo de hornear con la finalidad de que no se formen grumos en la mezcla, se agregó la sal a la mezcla cernida.

4. Homogenizado 1

Se vació poco a poco la mezcla cernida en el tazón con la mezcla de chocolate y se mezcló con una espátula de silicona, además, se incorporó poco a poco la cocoa en polvo y se vertió un chorro de agua a 20° C para ayudar a la homogenización.

5. Batido 2

Se batió para incorporar aire a la mezcla, finalmente se agregó la leche (solo en la formulación 1) y la esencia de vainilla.

6. Batido 3

Por otro lado, se batieron las claras de huevo hasta llegar a punto nieve.

7. Homogenizado 2

Con la ayuda de una espátula de silicona, se vaciaron las claras batidas sobre la mezcla y se removió hasta homogenizar la mezcla, luego se agregaron las nueces picadas (solo en la formulación 1).

8. Dosificado

Se vertió todo el contenido del tazón en un molde previamente engrasado, y se llevó al horno precalentado a 180° C por 10 minutos.

9. Horneado

Se sometió la mezcla a una temperatura de 180° C por 40 minutos aproximadamente.

10. Enfriado

Una vez listo el *brownie*, se retiró del horno y se dejó enfriar en su molde hasta alcanzar la temperatura ambiente.

11. Cortado

Con la ayuda de un cuchillo, se dividió el *brownie* en pastillitos de 4x3 cm² aproximadamente.

12. Envasado

Se colocaron los pastillitos dentro de un taper de polietileno preformado comercial, además se recubrieron con capas de aluminio para cocina para minimizar la transferencia de agua, y evitar que las muestras se sequen o ganen humedad y se contaminen con hongos.

13. Almacenado

Los *brownies* se almacenaron a temperatura ambiente en un anaquel protegidos del sol y las altas temperaturas, alejados de zonas con alta humedad relativa y sin contacto con productos que puedan presentar agentes de contaminación que puedan reducir la vida útil y comprometer la integridad de los mismos.

Para elaborar el *brownie* libre de gluten, se tuvieron en cuenta las tres formulaciones mostradas en el Cuadro 6.

Cuadro 6: Formulaciones empleadas para la elaboración de *brownies* libres de gluten

Insumo	Formulación 1	Formulación 2	Formulación 3
	(%)		
Harina sin gluten Bob's Red	15,0	15,0	15,0
Azúcar rubia	30,0	30,0	30,0
Margarina con sal	15,0	15,0	35,0
Cobertura de chocolate	20,0	20,0	-
Cocoa en polvo	-	-	5,0
Huevos pardos	15,0	20,0	15,0
Leche evaporada	5,0	-	-
Polvo de hornear	0,1	0,1	0,1
Sal yodada	0,1	0,1	0,1
Esencia de vainilla	0,3	0,3	0,3
Castañas partidas	3,5	-	-

3.4.4. GENERACIÓN DE DESCRIPTORES (APLICACIÓN DEL *REPERTORY GRID* COMBINADO CON EL PERFIL DE LIBRE ELECCIÓN)

a. Muestras

Los *brownies* seleccionados eran de la marca Gustozzi de los cuales se emplearon el sabor Fudge y la presentación en Marmoleado (con mayor sabor a vainilla, ver Figura 7).



Figura 7: Foto de los *brownies* comerciales empleados.

Fuente: Gustozzi 2017.

Además se emplearon los *brownies* formulados (Cuadro 6). La lista de los *brownies* se muestra en el Cuadro 7 con su respectiva codificación.

Cuadro 7: Lista de *brownies* empleados en la prueba *Repertory Grid*

Muestra de <i>brownie</i>	Codificación
Formulación 1	A
Formulación 2	B
Formulación 3	C
Marmoleado Gustozzi	D
Fudge Gustozzi	E

b. Evaluadores

Hubieron 20 participantes: 9 hombres y 11 mujeres, con edades comprendidas entre los 20 y los 31 años. Todos eran alumnos de la Universidad Nacional Agraria La Molina, que estudiaban una amplia variedad de disciplinas y en distintos niveles (pregrado, maestría y doctorado). Los estudiantes fueron seleccionados especialmente por su grado de consumo de *brownies*, o alimentos similares, y por su deseo de participar en la prueba pues esta consistió de dos partes, por lo cual debieron acudir en dos fechas distintas. Todo ello se manejó de acuerdo a los lineamientos propuestos por Thomson y McEwan (1988).

c. Procedimiento Cualitativo

Las muestras de *brownies* fueron arregladas en tríadas seleccionando primero tres *brownies* al azar del grupo inicial de cinco (tríada 1). La segunda tríada (tríada 2) se construyó seleccionando al azar uno de los *brownies* de la tríada 1 y los otros dos sobrantes del grupo. En total se trabajó con dos triadas (Thompson y McEwan 1988).

En la primera entrevista se presentaron a los participantes las muestras con su propio ordenamiento individual aleatorizado de las dos tríadas, cada entrevista duró entre 20 a 30 minutos. Todas las entrevistas se realizaron en un salón de estudio en el campus de la UNALM, por el mismo entrevistador experimentado. Se asociaron aleatoria y arbitrariamente dos de las muestras de *brownie* dentro de una tríada, y luego se pidió al participante que describa cómo piensa que los dos *brownies* asociados fueron similares entre

sí y diferentes del tercero (a y b frente a c). En la identificación de estos constructos, se pidió a los sujetos que describieran los dos polos de cada constructo (por ejemplo, "firmeza": resistencia del *brownie* a romperse, con polos: suave y duro). Cuando todas los constructos surgieron para una comparación particular (a y b frente a c), se asociaron otros dos *brownies* dentro de la misma tríada y se compararon con una tercera (b y c frente a) y se repitió el proceso de definición de constructos. Este procedimiento se repitió de nuevo para la combinación final dentro de la tríada. La siguiente tríada restante se trató de forma similar. El resultado final, fue una lista de constructos por cada individuo describiendo cómo esa persona percibió los cinco *brownies*. La ficha de evaluación se muestra en el ANEXO 2 (McEwan y Colwill 1989).

d. Procedimiento cuantitativo

Los constructos n identificados por cada individuo, usando el método de *Repertory Grid*, fueron compilados en una lista. Cada constructo se asoció con una escala de 100 mm de línea continua (análogo visual), donde en cada polo se colocaron los descriptores generados por el participante en sus entrevistas originales. Así, cada sujeto usó su propia lista de constructos para calificar cada una de las cinco muestras de *brownies*. Las calificaciones otorgadas a cada *brownie* representaban el perfil cuantitativo de este. La calificación tuvo lugar dentro de los siete días posteriores a la generación de los constructos y se realizó en el horario que estableció el participante. Un modelo de ficha de evaluación se muestra en el ANEXO 3 (Thomson y McEwan 1988).

e. Esquema de clasificación de descriptores (constructos)

El *repertory grid* produce un gran número de construcciones diferentes dentro y entre individuos. Para ayudar a la interpretación de los constructos de cada sujeto y por lo tanto del espacio perceptual consensuado, se registraron las definiciones verbales de los constructos del participante a medida que emergían durante las entrevistas. Todas las definiciones de los sujetos fueron revisadas y se desarrolló un esquema general de clasificación. Utilizando el esquema de clasificación, en combinación con las cargas del vector del análisis generalizado de Procrustes, se calculó la proporción del número total de constructos que se producían dentro de cada clase para los dos primeros componentes principales. Con lo cual se determinaron los descriptores (constructos) mejor percibidos por los consumidores, los cuales se usaron para determinar las características de encantamiento.

3.4.5. DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE ENCANTAMIENTO (MODELO KANO)

a. Elaboración del cuestionario Kano

El cuestionario Kano se compuso de dos preguntas por cada uno de los atributos (constructos) que se obtuvieron del método de la rejilla, de los cuales se consideraron doce como los principales. Se elaboró el cuestionario empleando dos preguntas para cada atributo. La primera de estas preguntas fue la llamada funcional porque midió la respuesta de los encuestados si tuvieran el atributo en cuestión. Y la segunda pregunta fue la llamada disfuncional porque midió la respuesta de los encuestados si no tuvieran el atributo que se está midiendo. El modelo del cuestionario Kano se presenta en el ANEXO 4. Cabe mencionar que se realizó una encuesta previa con 10 consumidores a los cuales se les presentó el cuestionario Kano a modo de observar si lo comprendían o si se debía realizar alguna modificación en cuanto a la formulación de las preguntas (Toro 2009).

b. Encuesta

El cuestionario se realizó con la presencia de: 18 hombres y 23 mujeres, todos con edades comprendidas entre los 18 y 27 años. Todos fueron alumnos de la Universidad Nacional Agraria La Molina, que estudiaban una amplia variedad de disciplinas y en distintos grados. Los estudiantes fueron seleccionados especialmente por su nivel de consumo de *brownies*, o alimentos similares, y por su deseo de participar en la prueba ya que se dispuso de un tiempo para explicar el cuestionario.

c. Evaluación de respuestas

Las respuestas que se obtuvieron del cuestionario fueron examinadas según una tabla de evaluación, la cual se muestra en el Cuadro 8.

El cuadro 8 se trabajó de la siguiente manera: por ejemplo, si las respuestas del participante fueron “Me gustaría” en la forma funcional y “soy neutral” en la forma disfuncional de la pregunta, la combinación de dicha respuesta en la tabla de la evaluación produciría la categoría A (atributos atractivos). Indicando que dicho atributo resulta ser atractivo desde el punto de vista del consumidor. Se trabajó de la siguiente manera para cada uno de los doce descriptores y los cuarenta y un cuestionarios (Sauerwein *et al.* 1996).

Cuadro 8: Tabla de evaluación para el cuestionario Kano

Atributos		Preguntas disfuncionales (negativas)				
		Me gustaría	Debe ser así	Soy neutral	Puedo tolerarlo	No me gustaría
Preguntas funcionales (positivas)	Me gustaría	Q	A	A	A	O
	Debe ser así	R	I	I	I	M
	Soy neutral	R	I	I	I	M
	Puedo tolerarlo	R	I	I	I	M
	No me gustaría	R	R	R	R	Q

* A: atractivo, M: obligatorio, R: opuesto, O: unidimensional, Q: cuestionable, I: indiferente.

FUENTE: Adaptado de Sauerwein *et al.* 1996.

d. Determinación de las características de encantamiento

Empleando el análisis del grado de satisfacción e insatisfacción de los descriptores se determinaron las características de encantamiento, las cuales se incluyeron en la elaboración de nuevos *brownies* libres de gluten.

3.4.6. ELABORACIÓN DE PROTOTIPOS DE *BROWNIES* LIBRES DE GLUTEN

Se emplearon tres prototipos de *brownies* libres de gluten bien diferenciados de acuerdo a sus características de encantamiento siguiendo los procedimientos mencionados en el apartado 3.4.1. Se formularon dos tipos de *brownies* libres de gluten y se empleó un *brownie* comercial (Marmoleado marca Gustozzi) para la realización del cuestionario CATA.

Cuadro 9: Lista de *brownies* empleados en la prueba CATA

Muestra de <i>Brownie</i>	Codificación
Marmoleado Gustozzi	D
Formulación 4	F
Formulación 5	G

Las formulaciones empleadas para los *brownies* F y G, se muestran en el Cuadro 10:

Cuadro 10: Formulaciones empleadas para la elaboración de *brownies* libres de gluten

Insumo	Formulación 4	Formulación 5
	(%)	
Harina sin gluten	15,0	15,0
Azúcar rubia	30,0	35,0
Margarina con sal	15,0	20,0
Cobertura de chocolate	15,0	-
Cocoa en polvo	-	5,0
Huevos pardos	20,0	25,0
Leche evaporada	5,0	-
Polvo de hornear	0,15	0,15
Esencia de vainilla	0,35	0,35
Castañas partidas	3,5	-

3.4.7. EVALUACIÓN DE LA PRESENCIA DE CARACTERÍSTICAS DE ENCANTAMIENTO (APLICACIÓN DE LAS PREGUNTAS CATA)

a. Elaboración de las boletas de evaluación

Los términos incluidos en el cuestionario CATA fueron los que se generaron en el método de la rejilla. De acuerdo a lo recomendado por Ares y Jaeger (2013), el orden de presentación de los términos en la cartilla de evaluación se balanceó entre las muestras y entre los consumidores, de modo que cada consumidor evaluó cada una de las tres muestras con los términos agrupados en distinto orden. En la lista, que constó de atributos de diferentes tipos, se mantuvo la agrupación de los atributos de determinado tipo. Y el orden de los primeros grupos se generó de forma aleatoria, sólo se mantuvo el orden de los atributos dentro de cada grupo. En el ANEXO 5 se presenta un ejemplo de la boleta utilizada.

b. Encuesta

El cuestionario se llevó a cabo con la presencia de 41 personas, entre hombres (17) y mujeres (24), con edades comprendidas entre los 18 y 30 años. Todos eran estudiantes en la Universidad Nacional Agraria La Molina, que cursaban una amplia variedad de disciplinas

y en distintos grados. Los estudiantes fueron seleccionados especialmente por su nivel de consumo de *brownies*, o alimentos similares, y por su deseo de participar en la prueba.

Las muestras se presentaron en forma de ortoedros de 4,5 cm de largo por 4 cm de ancho y 2,5 cm de espesor aproximadamente. Fueron preparadas 24 horas antes de la evaluación. Se presentaron a temperatura ambiente en platos de plástico libres de olores y etiquetados con códigos aleatorios de tres dígitos. El orden de presentación fue monódico, siguiendo un diseño equilibrado por orden de presentación. Los descansos entre las muestras fueron de noventa segundos y se empleó agua de mesa para la limpieza del paladar (Ares *et al.* 2015).

3.4.8. EVALUACIÓN DE LOS *BROWNIES* CON PANEL ENTRENADO

Para obtener el panel entrenado se cumplieron las etapas recomendadas por varios autores (ASTM 1981; citado por Meilgaard *et al.* 2016). Dichas etapas se muestran en la Figura 8:

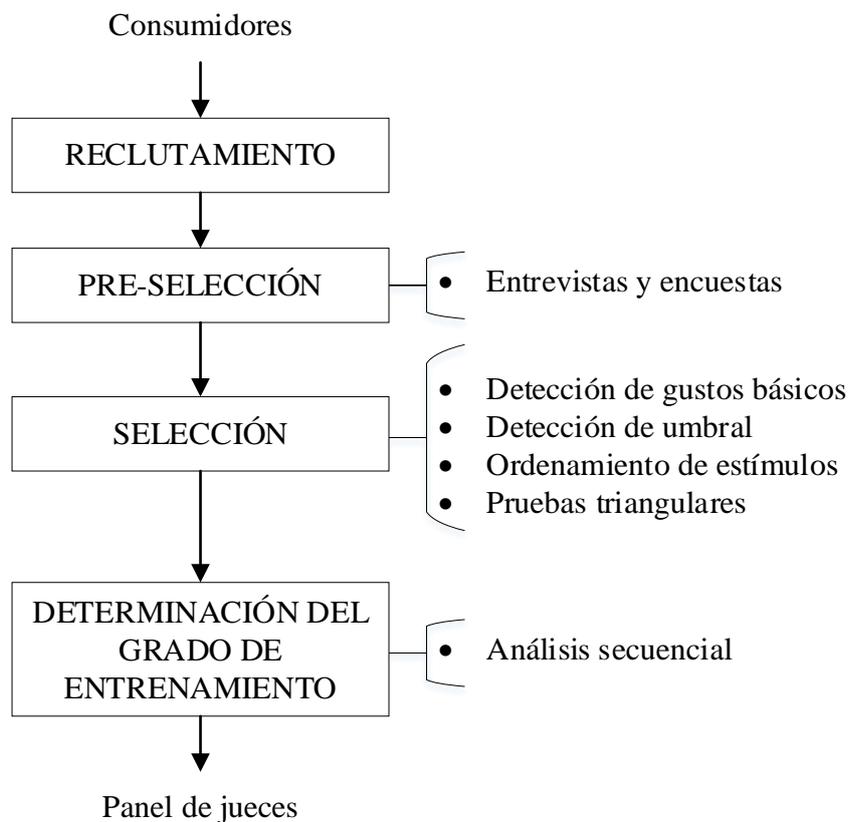


Figura 8: Diagrama de la metodología para la selección de un panel de jueces.

Para la formación del panel sensorial, se reclutó a 14 personas entre egresados de la Facultad de Industrias Alimentarias y estudiantes de la Escuela de Postgrado de la UNALM. De acuerdo a lo indicado por Bourne (2002) se debe reclutar a más del doble de jueces que formarán parte del panel entrenado.

Debido a los objetivos de la presente investigación se identificó a los participantes mediante una breve encuesta que tuvo ciertos lineamientos como: la edad del panelista, ocupación, nivel socioeconómico (B y C). Además se consideró la frecuencia de consumo de *brownies* así como su interés y disponibilidad para participar del estudio (Ver ANEXO 1).

Después de cada prueba realizada, se incentivó la participación de los panelistas con bolsas que contuvieron: galletas, barras de cereal, caramelos, chocolates, néctar, entre otros productos. Esto se dio pues se consideró lo importante que es la gratificación de los panelistas por su desempeño. Se aplicaron las pruebas básicas para la selección de panel como se indica a continuación:

a. Detección de gustos básicos

Se presentaron muestras en vasos con códigos de tres dígitos al azar de soluciones de NaCl (0,1%), ácido cítrico (0,05%), sacarosa (0,8%), cafeína (0,04%), agua y una repetición de éstas, con la finalidad de determinar la capacidad de los panelistas para detectar los gustos básicos. La boleta de evaluación se presenta en el ANEXO 6 (Watts *et al.* 1992; citado por Valdez 1999).

b. Detección de umbrales

Se presentaron muestras en vasos con códigos de tres dígitos al azar en concentración decreciente de cada gusto básico con la finalidad de determinar la mínima concentración que cada panelista era capaz de detectar. La determinación del umbral de cada gusto básico se realizó en días diferentes con la finalidad de evitar fatiga y saturación de los receptores gustativos (Meilgaard *et al.* 1999). Las soluciones se prepararon con sustancias químicamente puras y se presentaron en la siguiente concentración:

NaCl: 0,0; 0,02%; 0,06%; 0,1%; 0,15%; 0,18%; 0,2%

Sacarosa: 0,0; 0,05%; 0,1%; 0,3%; 0,5%; 0,8%; 1,00%

Cafeína: 0,0; 0,003%; 0,005%; 0,008%; 0,015%; 0,02%; 0,03%

c. Ordenamiento de estímulos

En el proceso de selección de cada candidato se les presentó 10 muestras consecutivas de la escala de dureza de Szczesniak (1963), citado por Bourne (2002), adaptadas a alimento que se encuentran en Lima. Se colocaron las muestras en orden aleatorio, y se les solicitó que las ordenen en forma creciente a la dureza. Para tal caso, se utilizó la ficha de evaluación presentada en el ANEXO 7.

d. Pruebas triangulares

La fase final del entrenamiento estuvo conformada por pruebas triangulares. Se realizaron en total once pruebas con dos repeticiones cada una, dando un total de 22 pruebas. Dichas evaluaciones se detallan en el ANEXO 8 y la ficha de evaluación empleada se muestra en el ANEXO 9.

Al finalizar el entrenamiento se aplicó en análisis estadístico secuencial a los resultados obtenidos de las pruebas triangulares. Esto con la finalidad de determinar qué panelistas llegaron a un nivel óptimo de entrenamiento. Para ello se siguió el procedimiento de cálculos, según la norma ISO (1998).

Los resultados se muestran en el ANEXO 10 y en ellos se observa que el panel de jueces obtenido estuvo conformado por ocho integrantes, sin embargo dos de ellos (por motivos personales) abandonaron el posterior entrenamiento. Por lo cual el panel de jueces estuvo conformado por seis personas, con edades entre 20 y 35 años, cuatro mujeres y dos hombres. Todos contaron con un mínimo de 200 horas de experiencia en pruebas discriminativas y de ordenamiento en evaluación de pastelillos de chocolate y productos similares a este.

En adición a las pruebas sensoriales, se realizó un ejercicio de escalas empleando figuras como parte del entrenamiento (ANEXO 11). El objetivo fue determinar la capacidad de los jueces de asociar las áreas sombreadas con la proporción que estos representaban en la escala y así familiarizarlos con el uso de la escala no estructurada (Meilgaard *et al.* 2013).

Finalmente se efectuó el análisis descriptivo cuantitativo (QDA) empleando el panel de jueces, mediante el cual se caracterizaron sensorialmente las mismas muestras de *brownie* empleadas en la prueba CATA (Cuadro 9). En cada una de las evaluaciones, las muestras

fueron presentadas en forma de ortoedros de 4,5 cm de largo, 4 cm de ancho y 2,5cm de espesor, aproximadamente. Además las muestras fueron preparadas 24 horas antes de la evaluación y se presentaron a temperatura ambiente en platos de plástico libres de olores, etiquetadas con códigos aleatorios de 3 dígitos. Se empleó agua de mesa como borrador entre muestras.

Todas las fases de la prueba se realizaron en un área apropiada para la evaluación sensorial de acuerdo a la norma ISO (con iluminación blanca, controlando el flujo de aire y la temperatura 21 – 23 °C). Se emplearon cabinas sensoriales portátiles, para lo cual se tuvieron en cuenta los pasos siguientes (ISO 1988):

a. Desarrollo de descriptores

Se presentó a los miembros del panel un glosario sensorial de *brownies* (ANEXO 12) el cual contenía descriptores, su definición y su forma de evaluación. En sesión abierta, se ofreció a los jueces varias muestras de cada producto a evaluar con la finalidad de familiarizarlos con éstos y generar la mayor cantidad de características sensoriales (del listado) que permitieran describirlos. Es importante resaltar que durante la aplicación de las pruebas triangulares, los panelistas evaluaron en varias oportunidades alimentos similares a los *brownies*, lo que permitió familiarizarlos con este tipo de producto durante un tiempo considerable. Se solicitó a los jueces evaluar las muestras en relación a la apariencia, olor, sabor, textura y sensación residual. Para lo cual se empleó la ficha de evaluación mostrada en el ANEXO 13.

b. Consenso de descriptores

Los atributos sensoriales obtenidos en la primera reunión, por cada miembro del panel entrenado, fueron sometidos a consenso. Se solicitó al grupo nombrar a un líder del panel, de modo que este sea la persona encargada de hacer que todos los integrantes participen expresando sus ideas sobre la caracterización del producto. Los descriptores a evaluar fueron corroborados por todos los panelistas durante una segunda evaluación del *brownie*, en otra sesión.

c. Determinación de la intensidad de los descriptores

Una vez establecidos los descriptores a evaluar, se solicitó a los panelistas generar alimentos de referencia usando productos comerciales que todos hayan probado, según fuese lo requerido. Se establecieron anclas mínimas y máximas para cada uno de los descriptores. Dichas anclas también fueron generadas en sesión abierta sometidas a consenso por los integrantes del panel.

En sesión privada (empleando cabinas portátiles), los panelistas evaluaron la intensidad de cada atributo. Esta se evaluó mediante el uso de una escala no estructurada de 10 cm. La tarjeta de evaluación empleada se muestra en el ANEXO 14.

Se caracterizaron cada una de las muestras de *brownie* (D, F y G) empleando el QDA. Dichos resultados se correlacionaron con la prueba descriptiva CATA a través del coeficiente de correlación vectorial RV (Robert y Escoufier 1976).

3.5. MÉTODOS DE EVALUACIÓN Y ANÁLISIS

3.5.1. EVALUACIÓN DE RESULTADOS

3.5.1.1. GRADO DE SATISFACCIÓN/INSATISFACCIÓN (KANO)

Se realizó la contabilidad de la frecuencia de las respuestas y se aplicó la siguiente ecuación:

$$\text{Grado de Satisfacción (CS):}$$
$$\frac{\text{Atractivos} + \text{Unidimensionales}}{\text{Atractivos} + \text{Unidimensionales} + \text{Obligatorios} + \text{Indiferentes}}$$

$$\text{Grado de Insatisfacción (DS):}$$
$$\frac{\text{Obligatorios} + \text{Unidimensionales}}{\text{Atractivos} + \text{Unidimensionales} + \text{Obligatorios} + \text{Indiferentes}} (-1)$$

El signo menos se colocó delante del coeficiente de insatisfacción (DS) para acentuar su influencia negativa en la satisfacción de cliente si este atributo del producto no se cumple. El coeficiente de satisfacción (CS) positivo se extiende a partir de 0 hasta 1, mientras más cercano sea a 1 más alta es la influencia en la satisfacción del cliente (Sauerwein *et al.* 1996).

3.5.1.2. TABLAS DE CONTINGENCIA (CATA)

La tabla contiene el recuento del número de consumidores que seleccionaron cada atributo correspondiente a cada producto. Los conteos son fusionados y se muestran en formato de tabla. Esta se muestra a menudo utilizando gráficos de barras para facilitar las comparaciones entre los productos y los atributos, por lo que también se elaboró el gráfico de barras. En ellos se muestra como una barra el porcentaje (o número absoluto) de los evaluadores que percibieron un atributo para cualquier muestra evaluada (Varela y Ares 2014).

3.5.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

3.5.2.1. ANÁLISIS GENERALIZADO DE PROCRUSTES (GPA)

El análisis de datos está dispuesto en K matrices (uno por cada evaluador) incluyendo cada una de las evaluaciones dadas por el evaluador a M atributos (usualmente columnas) en N productos (usualmente filas). El resultado es una representación de consenso de los productos en un espacio multidimensional que puede ser interpretado en el nivel individual ya que incluye los descriptores de cada evaluador (Varela y Ares 2014).

Los datos correspondientes a cada evaluador (cada una de las matrices K) pueden ser vistos como una configuración de N puntos (muestras) en un espacio de M (atributos) dimensiones. Mediante el uso de transformaciones geométricas, el GPA ajusta las configuraciones y los empareja entre sí tanto como sea posible (Dijksterhuis y Gower 1992).

3.5.2.2. PRUEBA Q DE COCHRAN

Esta prueba se utiliza ampliamente en un contexto CATA para la inferencia estadística de las diferencias entre productos por atributo. Bajo la hipótesis nula de que no existe ninguna diferencia entre los productos. Si tenemos k productos y n consumidores, necesitamos los totales de columna C_j , los totales de fila R_i y el total general de casillas marcadas para esta palabra o atributo en particular. El estadístico Q de Cochran es asintótico χ^2 -distribuido con $(nk - 1)$ grados de libertad, donde “nk” es el número de productos. Los cálculos se pueden hacer de la siguiente manera:

$$Q = \frac{(k-1) \left[k \sum_{j=1}^k C_j^2 - \left(\sum_{j=1}^k C_j \right)^2 \right]}{k \sum_{i=1}^N R_i - \sum_{i=1}^N R_i^2}$$

Para un atributo dado, la prueba Q de Cochran permite comprobar el efecto de los productos sobre si los consumidores sienten el atributo o no. Un valor-p bajo más allá del umbral de significación indica que los productos difieren significativamente entre sí (Manoukian 1986).

3.5.2.3. ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIA (AC)

El análisis de correspondencia determina una proyección de los datos en dimensiones ortogonales de tal manera que se representan secuencialmente como gran parte de la variación de los datos como sea posible. Si bien hay múltiples resultados y medidas clave del AC, generalmente se busca a los dos primeros componentes. Si la variación explicada es insuficiente, se podrían considerar otras dimensiones (Varela y Ares 2014).

Un clásico análisis de correspondencia se basa en las llamadas distancia χ^2 . Al revisar las críticas anteriores de la aplicación de esta medida para los datos de abundancia de las especies, Legendre y Gallagher (2001) cuentan que la distancia χ^2 está mucho más influenciada por la inclusión de algunas especies muy raras excepto en especies muy abundantes.

3.5.2.4. ANÁLISIS SECUENCIAL

Se siguió el procedimiento de cálculos, según la norma ISO (1998). Se aplicaron las siguientes fórmulas para la demarcación de límites inferior (1) y superior (2) en la determinación del grado de entrenamiento de los panelistas:

Límite inferior:

$$d_0 = \frac{\text{Log}(\beta) - \text{Log}(1-\alpha) - n * \text{Log}(1-\rho_1) + n * \text{Log}(1-\rho_0)}{\text{Log}(\rho_1) - \text{Log}(\rho_0) - \text{Log}(1-\rho_1) + \text{Log}(1-\rho_0)} \dots (1)$$

Límite superior:

$$d_1 = \frac{\text{Log}(1-\beta) - \text{Log}(\alpha) - n * \text{Log}(1-\rho_1) + n * \text{Log}(1-\rho_0)}{\text{Log}(\rho_1) - \text{Log}(\rho_0) - \text{Log}(1-\rho_1) + \text{Log}(1-\rho_0)} \dots (2)$$

Donde:

$\beta = 0,10$ probabilidad de rechazar un panelista aceptable

$\alpha = 0,05$ probabilidad de aceptar un panelista rechazable

$\rho_0 = \frac{1}{3}$. Valor de probabilidad de aciertos en la prueba de triángulo.

$\rho_1 = \frac{2}{3}$. Probabilidad mínima de detección de la muestra diferente, en la mitad del número total de ocasiones ($\rho_d = 0,50$)

n = número de pruebas

3.5.2.5. ANÁLISIS DE VARIANZA DEL PANEL ENTRENADO

Se comprobó la normalidad y homogeneidad de variancias de todos los datos obtenidos y analizados estadísticamente como criterios estadísticos para llevar a cabo el análisis de variancia. Se realizó un análisis de varianza (ANVA) sobre los puntajes considerando como factores de variación: muestra, juez y las interacciones de segundo grado entre ellos. Se consideró un nivel de confianza del cinco por ciento. Cuando el efecto resultó significativo se aplicó la prueba de Tukey.

3.5.2.6. ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES (PCA)

Se realizó un análisis de componentes principales (PCA) sobre la matriz de covarianza de los puntajes promedio de los jueces para las características sensoriales que presentaron diferencias significativas entre las muestras D, F y G (Varela y Ares 2014).

3.5.2.7. ANÁLISIS DE LA ASOCIACIÓN ENTRE LOS MÉTODOS CATA Y QDA

Con el objetivo de comparar los espacios sensoriales obtenidos por los jueces y por los consumidores, se calculó el coeficiente RV entre las matrices de las coordenadas de las muestras en las dos primeras dimensiones del PCA de los datos del QDA y el AC obtenido a partir de los resultados de las preguntas CATA (Robert y Escoufier 1976).

Los códigos de programación para los análisis en los que se empleó el *software* R – Studio se muestran en el ANEXO 15.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ATRACTIVAS DEL BROWNIE LIBRE DE GLUTEN A TRAVÉS DEL MODELO KANO Y CATA

4.1.1. GENERACIÓN DE LOS TÉRMINOS (DESCRIPTORES) PARA EL CUESTIONARIO KANO Y LA BOLETA DE EVALUACIÓN CATA, EMPLEANDO EL MÉTODO DE LA REJILLA COMBINADO CON EL PERFIL DE LIBRE ELECCIÓN

4.1.1.1. SELECCIÓN DE CONSUMIDORES PARA EL PERFIL DE LIBRE ELECCIÓN COMBINADO CON EL MÉTODO DE LA REJILLA

Los participantes en la etapa de generación de descriptores tuvieron que coincidir con las características del grupo destinatario, por lo que fueron una muestra que representó a la población del grupo objetivo. Se eligió un grupo homogéneo de personas (desde el punto de vista de las características personales y socio económicos) que sean afines al consumo de *brownies* comerciales. Es decir *brownies* que se expenden al por mayor y menor y son asequibles al consumidor promedio, cuyo costo es bajo y son fáciles de encontrar, ya sea en bodegas, kioskos o supermercados.

Por ello, se estableció como público objetivo a consumidores de *brownies* de 18 a 35 años, de los sectores B y C de Lima Metropolitana. Pues estos ocupan aproximadamente el 66,7 por ciento de la población total de Lima Metropolitana (APEIM 2017).

Se reclutó un total de veinte consumidores, esta cantidad se basa en un estudio en donde se investiga la percepción de los consumidores sobre los alimentos empleando el método de la rejilla, en el cual se emplean 16 y 30 consumidores. También se tomó en cuenta otro estudio en donde se aplica el método de la rejilla en la investigación de mercado sobre confitería de

chocolate, en el cual emplearon veintiséis consumidores (Thompson y McEwan 1988; McEwan y Thompson 1989).

Estos veinte consumidores fueron sometidos a una encuesta de exploración, para determinar su nivel socioeconómico (ANEXO 1). Los resultados de dicha encuesta revelaron que el total de los participantes se encontraba dentro de los sectores determinados para este estudio (B y C). Esto se definió por las respuestas brindadas en la encuesta previa, las cuales incluyeron: vivir en distritos de predominancia socioeconómica B y C (San Juan de Lurigancho, Breña, San Miguel, Surco, Santa Anita, Ate, Villa María del Triunfo), poseer casa independiente, que el material de la pared de los exteriores de sus viviendas fuera ladrillo, que el material del piso fuera de cemento, el material del techo fuera concreto, que no poseyeran servicio doméstico, que el gasto familiar promedio mensual fuera de 3500 soles y el ingreso familiar promedio mensual fuera alrededor de 5000 soles (APEIM 2017).

4.1.1.2. DESCRIPTORES

En total los consumidores generaron 179 términos divididos en: apariencia (27), textura (61) y sabor (91). El número de descriptores varió de 3 a 17 con un promedio de 10 descriptores por consumidor. Muchos evaluadores utilizaron descriptores idénticos o similares. Los términos más frecuentes empleados por los participantes al describir los *brownies* fueron: dulzor, salado, color oscuro, crocante, presencia de frutos secos y superficie crujiente dados por el 70, 45, 35, 35, 30 y 35 por ciento de los participantes, respectivamente.

Según Fiszman *et al.* (2015) al emplear el *Repertory Grid* los consumidores generan más términos ya que tienen que describir las muestras más de una vez. Esto aumenta su capacidad para verbalizar percepciones sensoriales, ya que tal vez se centran en diferencias más detalladas o sutiles para obtener el vocabulario. Esto sugiere que cuando se trata de productos complejos, como los *brownies*, el *Repertory Grid* podría ser más ventajoso que otros métodos para alentar a los consumidores a generar un rico vocabulario sensorial.

Los consumidores emplearon principalmente términos relacionados con el sabor y la textura para describir las muestras, aunque los términos de apariencia también fueron frecuentes para los *brownies*.

Cuando se evaluaron los *brownies* los términos que se obtuvieron fueron más diversos. Sin embargo las características de textura relacionadas con la masticación oral, tales como: duras, crujientes, blandas o superficie crocante, se mencionaron con frecuencia. Fizman *et al.* (2015), compararon métodos de generación de vocabulario sensorial empleando *Repertory grid* en bizcochos, ellos mencionan que la posible explicación a esto es que este tipo de productos se pueden sostener en la mano y se observan antes de ponerse en la boca.

4.1.1.3. FACTORES DE ESCALA DE LOS EVALUADORES

La evaluación de las muestras por PLE – RG proporcionó 20 matrices individuales. Cada matriz incluía las puntuaciones de intensidad para las cinco muestras (filas) para el número de atributos generados por cada evaluador (columnas). El análisis generalizado de Procrustes se aplicó a estos datos para obtener configuración de consenso/promedio.

Los factores de escala individuales indican hasta qué punto las configuraciones iniciales de los evaluadores se han estirado (valores superiores a 1) o encogido (valores inferiores a 1) para ajustarse a la configuración media, estos se indican en el Cuadro 11. El evaluador 17 tenía el más alto factor de escala (4,01) indicando que la configuración ha sido estirada porque él o ella utilizó una gama más reducida de escala, mientras que el evaluador 4 tenía el factor más bajo de escala (0,61) lo que indica que la configuración se ha reducido debido a que él o ella utilizó una gama mucho más amplia de la escala (Oreskovich *et al.* 1991).

Cuadro 11: Factores de escala de los evaluadores

SUJETO	FACTOR	SUJETO	FACTOR
1	0,76	11	1,13
2	0,84	12	1,75
3	0,73	13	2,66
4	0,61	14	1,04
5	1,96	15	1,91
6	0,77	16	1,62
7	0,84	17	4,01
8	0,79	18	1,58
9	0,87	19	1,36
10	1,14	20	0,97

4.1.1.4. VARIANZA RESIDUAL DE LOS EVALUADORES

Como se mencionó anteriormente, el GPA es una combinación de Procrustes y el análisis de varianza (ANVA). Los resultados del ANVA se presentan en el Cuadro 12, y se pueden examinar para identificar puntos de acuerdo y desacuerdo entre los puntos de vista de los participantes sobre ellos mismos y sus pares. Los residuos son los más útiles para este proceso y pueden examinarse con respecto a sus magnitudes relativas (Grice y Assad 2009).

Cuadro 12: Varianza residual y total de los evaluadores

EVALUADORES	VARIANZA RESIDUAL	VARIANZA TOTAL
Evaluador 1	0,63	5,36
Evaluador 2	0,83	5,05
Evaluador 3	0,67	5,30
Evaluador 4	0,95	4,87
Evaluador 5	0,50	5,56
Evaluador 6	1,09	4,66
Evaluador 7	0,80	5,09
Evaluador 8	0,53	5,51
Evaluador 9	0,43	5,66
Evaluador 10	0,57	5,46
Evaluador 11	0,67	5,30
Evaluador 12	0,86	5,01
Evaluador 13	0,44	5,65
Evaluador 14	0,93	4,91
Evaluador 15	1,51	4,02
Evaluador 16	1,80	3,57
Evaluador 17	1,54	3,96
Evaluador 18	0,54	5,50
Evaluador 19	1,08	4,67
Evaluador 20	0,94	4,88
Sumatoria	17,28	100,00

En el Cuadro 12 se observa que los valores residuales de los evaluadores son relativamente homogéneos, indicando la ausencia de valores atípicos, su valor varía de 0,43 a 1,80. La varianza residual del evaluador 16 produjo el mayor residuo, lo que indica que sus calificaciones se desviaron más de la matriz de consenso. Mientras que la varianza del evaluador 9 mostró el mayor grado de acuerdo con el consenso al tener el menor residuo.

Según Grice y Assad (2009), estos residuos pueden usarse para identificar valores atípicos. Es decir, personas que se desvían de la vista promedio de las cifras calificadas. Por ejemplo, las opiniones discrepantes de una persona en un grupo focal podrían ser identificadas.

En otros estudios, cuando la varianza es considerablemente mayor, la decisión final podría haber sido tomada comparando los resultados obtenidos con o sin considerar los valores atípicos. Si después de la eliminación de los datos de los consumidores el GPA ofrece un espacio promedio de una muestra diferente, los evaluadores pueden ser considerados atípicos y pueden ser removidos antes de realizar el análisis de datos (González-Tomas y Costell 2006).

4.1.1.5. GPA ESPACIO DE CONSENSO

La distribución de la varianza explicada entre las dimensiones de la configuración consenso se muestra en el Cuadro 13. Se observa que las cuatro primeras dimensiones explicaron el 100 por ciento de la varianza total, sin embargo en este estudio sólo se consideraron las dos primeras dimensiones con un total de 67 por ciento de variación total explicada.

Cuadro 13: Distribución de la varianza explicada entre las dimensiones de la configuración de consenso.

DIMENSIÓN	CONSENSO	RESIDUAL	TOTAL
1	39,43	6,15	45,58
2	17,49	3,89	21,39
3	16,91	4,87	21,78
4	8,89	2,37	11,26
Total	82,72	17,28	100,00

La distribución de la varianza residual entre las muestras también se puede observar en la Figura 9. El mejor acuerdo entre los consumidores se encontró para la muestra D con el valor más bajo de la varianza residual (2,27). Mientras que para la muestra E el residual fue máximo (4,43), indicando mayor desacuerdo entre los evaluadores en la posición de esta muestra en el espacio de consenso.

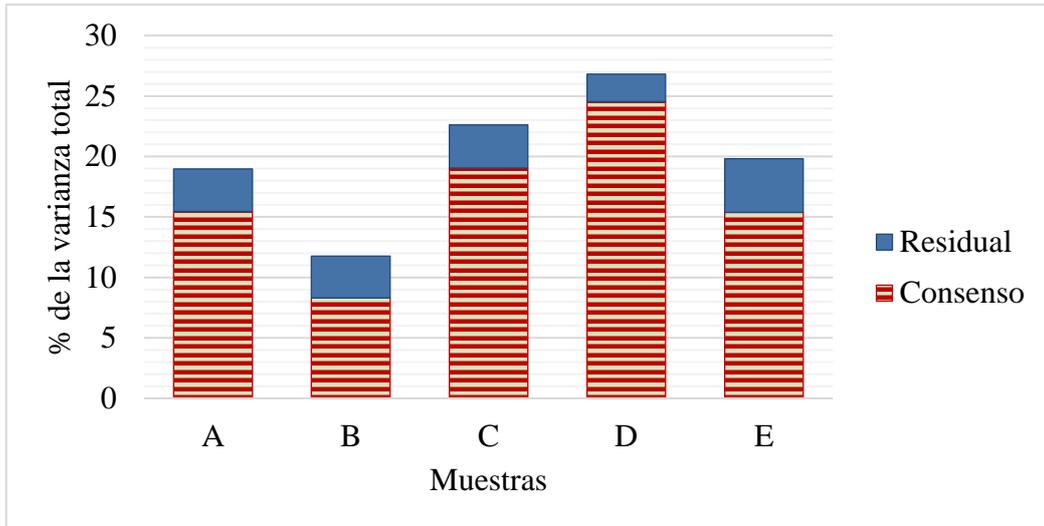


Figura 9: Distribución de las varianzas de consenso y residuales entre las muestras

La distribución de la varianza entre las muestras también puede ser útil en la interpretación de la trama de consenso de GPA para determinar las diferencias en las características sensoriales entre las muestras (Varela y Ares 2014).

En la Figura 10, para las muestras B, C, D y E, la mayor parte de la variabilidad se explica principalmente por la primera dimensión, indicando que estas muestras se caracterizan principalmente por los atributos que constituyen la dimensión 1. En el caso de la muestra A, la variabilidad se explica principalmente por la segunda dimensión.

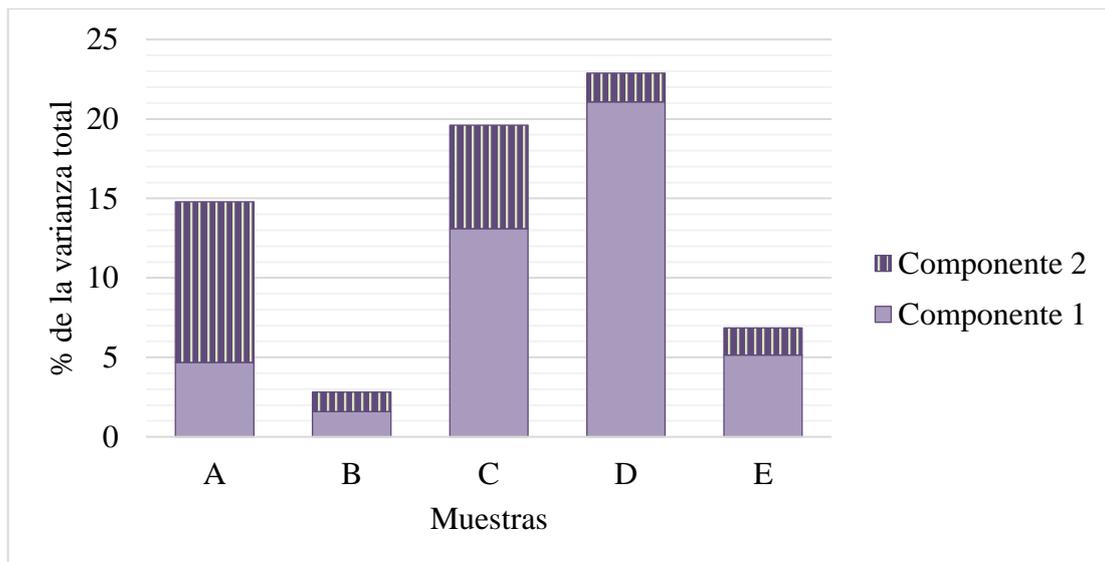


Figura 10: Distribución de la verdadera varianza explicada por cada muestra en los dos primeros componentes principales

Una gran cantidad de varianza puede atribuirse a las muestras A, C, D y E que por lo tanto se esparcen sobre el espacio de la muestra perceptual (Figura 11), mientras que una cantidad muy baja de la varianza fue atribuido a la muestra B la cual permanece en el centro del espacio muestral, su posición central sugiere que ha sido evaluada de manera diferente por cada individuo (Dijksterhuis y Punter 1990).

La configuración de consenso de las muestras se representa en dos dimensiones (Dimensiones 1 y 2) que muestran a las cinco muestras distribuidas de acuerdo a las diferencias y similitudes en cuanto a apariencia, sabor y textura (Figura 11). Se observa que las muestras C, B y A se encuentran en el lado negativo de la dimensión 1, mientras que las muestras D y E se encuentran en el lado positivo. La dimensión 2 separó las muestras A y E en el lado inferior del espacio; y a las muestras C, B y D en el lado superior de dicha dimensión (Figura 11).

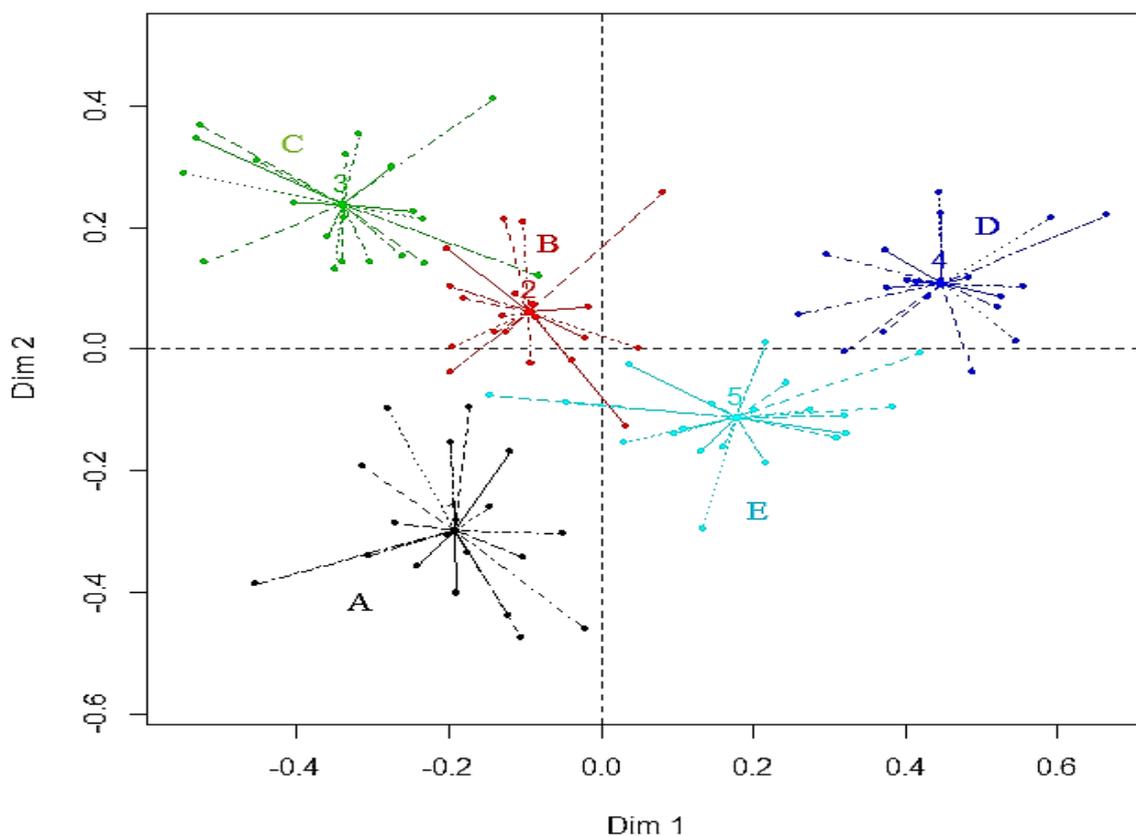


Figura 11: Resultado del consenso para cada formulación (A, B, C, D, E)

Por último, para interpretar el espacio de muestras, es necesario conocer qué atributos están relacionados con cada dimensión. Para ello, se estudian las correlaciones de cada uno de los atributos con cada dimensión del espacio (Varela y Ares 2014).

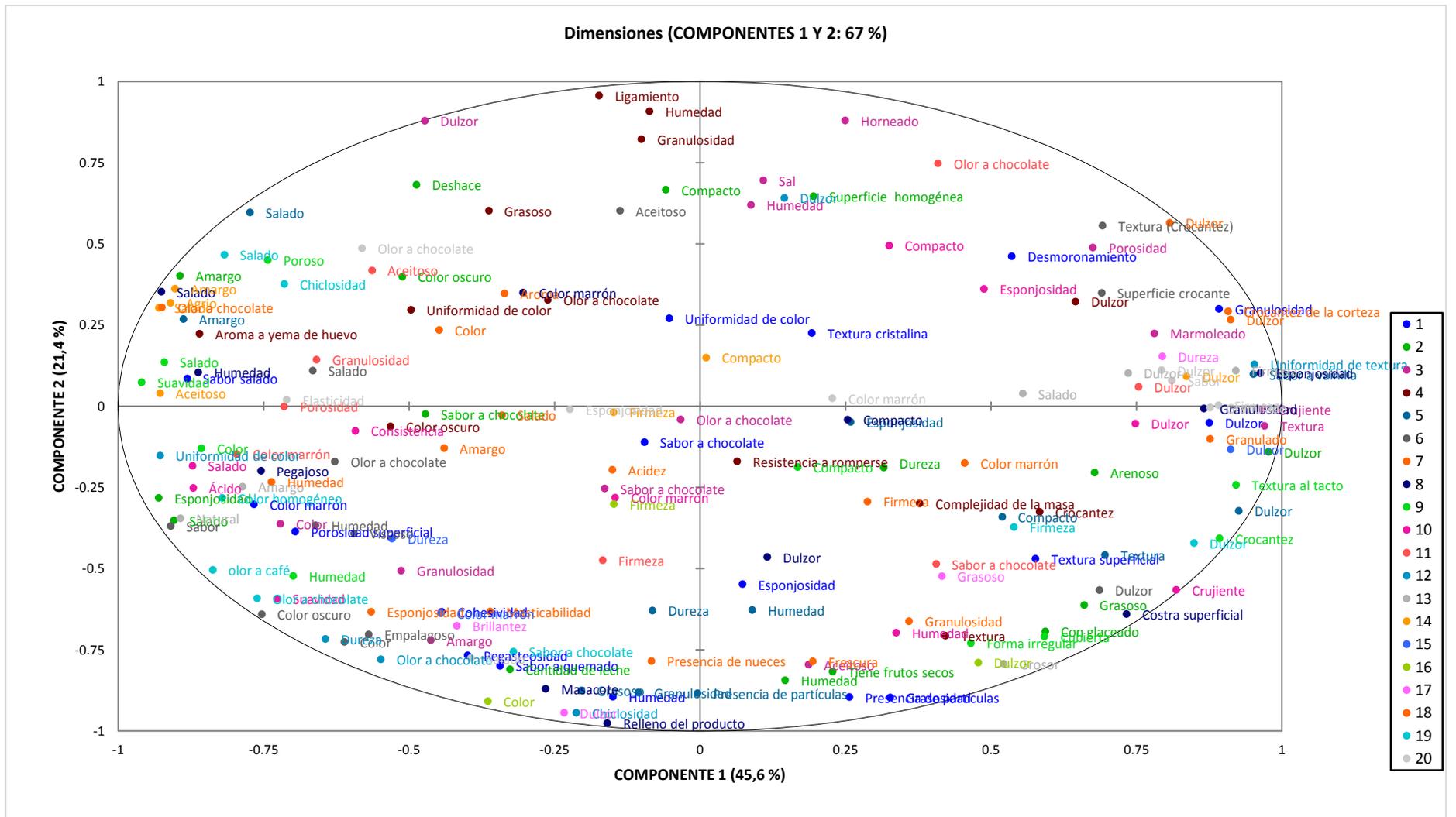


Figura 12: Distribución de los constructos (descriptores) a lo largo de los componentes principales 1 y 2

4.1.1.6. ESQUEMA DE CLASIFICACIÓN DE LOS DESCRIPTORES

Los descriptores obtenidos por todos los participantes en la evaluación (ya sean repetidos o no) se muestran en la Figura 12. Donde se observa la distribución en las dos primeras dimensiones y sus coeficientes de correlación. Además, los descriptores más cercanos a la elipse se correlacionan mejor con la dimensión en la cual se encuentran. Para objetos de esta investigación se consideraron los descriptores con coeficiente de correlación > 0.6 y se agruparon en el Cuadro 14.

El Cuadro 14 ayuda a interpretar las dimensiones del espacio medio, mostrando descriptores con correlaciones superiores a 0,60. La dimensión 1 separó las muestras principalmente por firmeza del *brownie* (dureza, suave), por sabor (dulce, salado, sabor a chocolate amargo), textura al morder (crocante, presencia de cristales de azúcar, chiclosidad) y por color (color oscuro). Esta dimensión dividió las muestras en tres grupos. La dimensión 2 se relacionó principalmente con los atributos de textura visual (presencia de frutos secos) y textura al tacto (aceitosidad, humedad, superficie crujiente y ligamiento).

Cuadro 14: Descriptores correlacionados con cada una de las dos dimensiones del espacio promedio generado por GPA (correlaciones superiores a 0,6).

DIMENSIONES	CORRELACIÓN(+/-)	DESCRIPTORES
1	Positivo	Dulzor (14), Dureza (6), Crocante (7), Presencia de cristales de azúcar (5).
	Negativo	Salado (9), Sabor a chocolate amargo (5), Color oscuro (7), Suavidad (2), Chiclosidad (3).
2	Positivo	Ligamiento (o masa compacta) (2)
	Negativo	Presencia de frutos secos (6) Aceitosidad (5), Humedad (5) Superficie crujiente (7).

Nota: Entre paréntesis, los números de veces que un descriptos tuvo mayor correlación a 0,60.

Considerando los atributos relacionados con la dimensión 1, las diferencias sensoriales más importantes fueron observadas entre la muestra D, que fue percibida como dura, dulce, crocante y con presencia de cristales de azúcar.

La muestra C, que fue percibida como salada, con sabor a chocolate amargo, color oscuro, suave y chiclosa; ambas muestras se mostraron más ligadas indicando que, de acuerdo a lo definido por los participantes, la masa no se desmoronó fácilmente. La muestra E, presentó similares características que la muestra D; sin embargo estas fueron percibidas con menor intensidad; además la muestra E se desmoronaba con facilidad. La muestra A, que se encuentra en el lado negativo de la dimensión 2 fue percibida con mayor presencia de frutos secos, aceitosa, húmeda, con superficie crujiente.

Por último, la muestra B no puede caracterizarse por ningún descriptor en particular, lo que se apoya en la baja varianza explicada.

4.1.2. DETERMINACIÓN DE CARACTERÍSTICAS DE ENCANTAMIENTO DEL *BROWNIE* EMPLEANDO EL MODELO KANO

4.1.2.1. SELECCIÓN DE PARTICIPANTES DEL CUESTIONARIO KANO

Se reclutaron un total de cuarenta y un consumidores, con edades comprendidas entre los 18 y 27 años, la cantidad de consumidores que realizaron el cuestionario Kano se basó en la investigación hecha por Puma (2017), quien encuestó a un total de cuarenta participantes para la determinación del espacio de propiedades en un estudio de ingeniería Kansei en *hot-dog* de pollo. Estos consumidores se encontraron en los sectores socioeconómicos B y C, determinados por una encuesta exploratoria previa (ANEXO 1).

4.1.2.2. DETERMINACIÓN DE LAS FRECUENCIAS DE LAS CATEGORÍAS KANO

Se tabuló la frecuencia de cada categoría de Kano, es decir: atractiva (A), obligatoria (M), unidimensional (O), indiferente (I), reversible u opuesto (R) y cuestionable (Q), se tabularon y trazaron en la Figura 13.

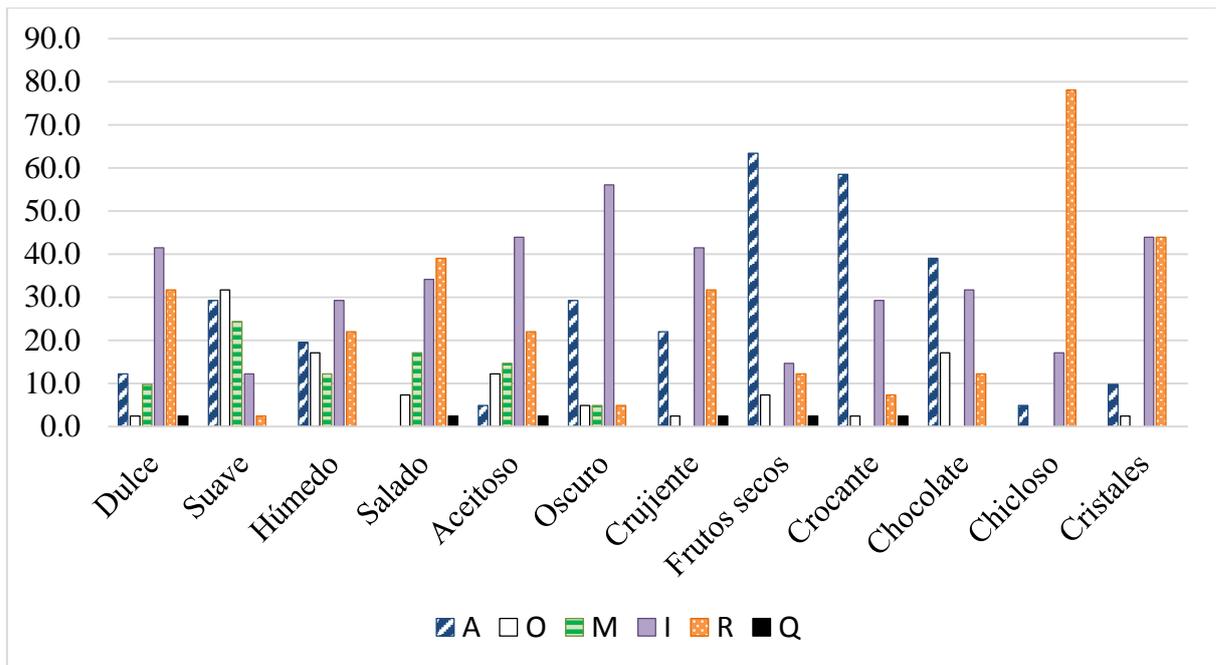


Figura 13: Distribuciones de las respuestas de los consumidores en las categorías de Kano

La categoría del atributo Kano es aquella en la que tiene el mayor porcentaje de respuestas de los consumidores. En el caso del dulzor se tuvo mayor respuesta del consumidor (alrededor del 41 por ciento) en la categoría de indiferente. Por ello, el dulzor en el *brownie* es un atributo indiferente; otros atributos que podrían pertenecer a la categoría indiferente son: húmedo, aceitoso, oscuro y crujiente, los cuales tuvieron el mayor porcentaje de respuestas de los consumidores en dicha categoría. Por el contrario, se encontró que los otros atributos que tenían las respuestas de consumidor más altas en la categoría atractivo fueron: presencia de frutos secos (63,4%), crocante (58,5%) y sabor a chocolate amargo (39%), lo cual los vuelve atributos de encantamiento para el consumidor de *brownies*.

4.1.2.3. DETERMINACIÓN DE LOS COEFICIENTES DE SATISFACCIÓN E INSATISFACCIÓN DE LOS ATRIBUTOS SENSORIALES DEL *BROWNIE*

Para detectar aún más la importancia de los atributos sensoriales del *brownie* y proporcionar un producto con características que proporcionen mayor satisfacción al consumidor, es necesario utilizar algún índice de Kano para llevar a cabo el análisis. Como se observa en la Figura 14, en el eje de la ordenada se ubica el coeficiente de satisfacción de Kano (CS) y en el eje de la abscisa se ubica el coeficiente de insatisfacción de Kano (CI).

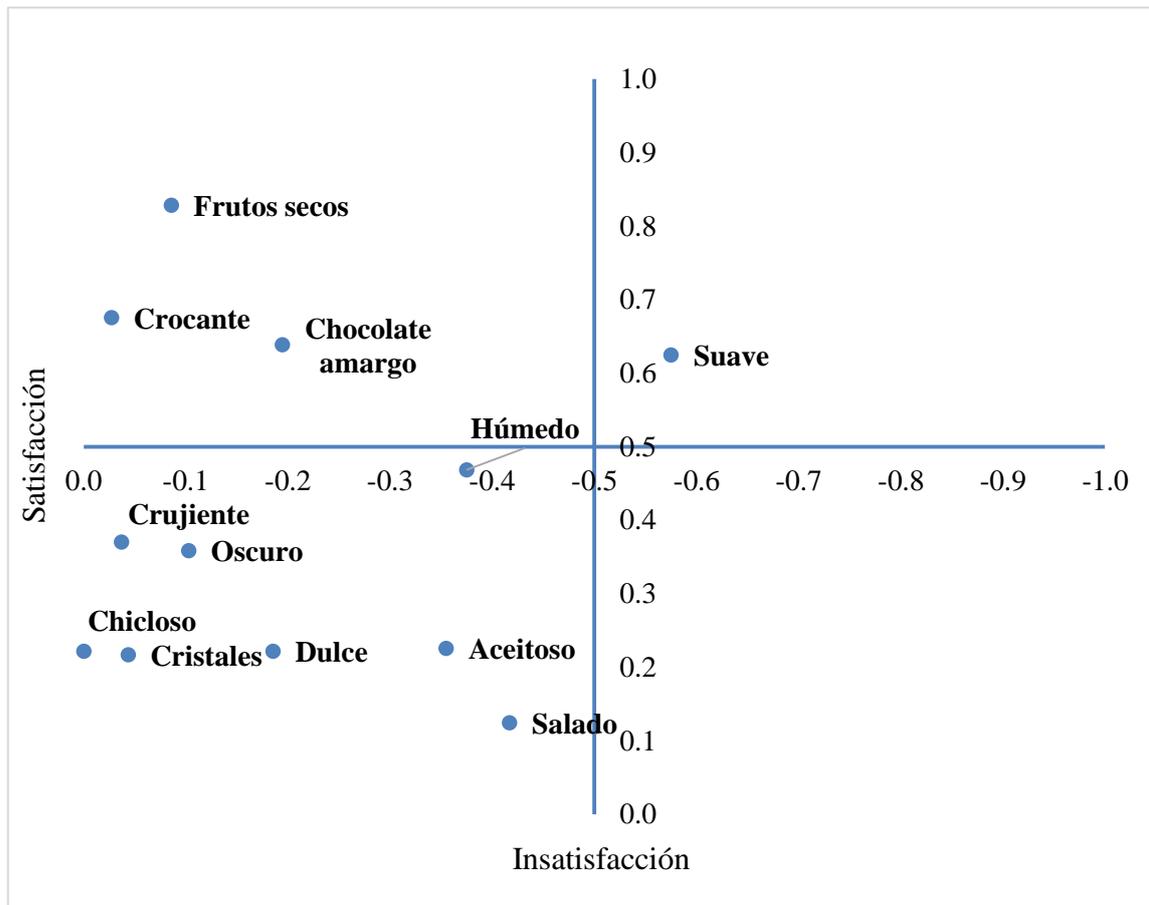


Figura 14: Representación de las nueve características mediante el coeficiente de satisfacción (CS) y el coeficiente de insatisfacción (CI) de Kano

Los coeficientes CS y CI son un indicativo de la fuerza con la que un producto puede influir en la satisfacción o, en caso de su incumplimiento, en la insatisfacción del cliente (Matzler *et al.* 2004).

El CS calcula el índice de satisfacción de los clientes mediante la pregunta funcional o positiva y el CI calcula el índice de insatisfacción mediante la pregunta disfuncional o negativa. Estos dos índices se representan en un diagrama de dispersión dividido en cuatro cuadrantes. Los atributos se clasifican como: unidimensionales, de encantamiento, neutros o área no significativa y características obligatorias o factores básicos, en los cuadrantes I, II, III y IV, respectivamente (Llinares y Page 2011).

En la Figura 14 se observa que las características: sabor a chocolate amargo (- 0,2; 0,6), crocante (0,0; 0,7) y presencia de frutos secos (- 0,1; 0,8) son consideradas características de

encantamiento relevantes, puesto que tienen un CS mayor a 0,50 lo cual puede interpretarse de la siguiente manera: si las características están presente en el producto van a aumentar la satisfacción del cliente, pero si no están presentes no genera insatisfacción ($CI > -0,50$). La característica suave (- 0,6; 0,6) es considerada unidimensional, lo que significa que si la característica está presente genera mayor satisfacción en el cliente, por lo contrario, si no está presente en el producto genera alta insatisfacción en el cliente. Las características: crujiente (0,0; 0,4), color oscuro (- 0,1; 0,4), chicloso (0,0; 0,2), dulce (-0,2; 0,2), húmedo (- 0,4; 0,5), aceitoso (- 0,4; 0,2) y salado (- 0,4; 0,1), son consideradas características indiferentes, estos son los atributos se pueden eliminar sin incurrir en un impacto negativo significativo en la satisfacción del cliente.

Existe poca información de la aplicación de la metodología Kano en la industria de alimentos. Li (2011) determinó las categorías de los atributos de Kano y propuso un método para medir el rendimiento del atributo para dirigir la optimización del producto empleando escalas JAR en zumo de naranja. Por otro lado, Puma (2017) aplicó el modelo Kano en estudios de Ingeniería Kansei para determinar las características sensoriales altamente emocionales de *hot-dog* de pollo evaluando los Kansei que tienen influencia en el factor de compra del consumidor. Logró obtener información sobre la influencia de la combinación de categorías para cada Kansei, lo cual implicó tener, después de la etapa de síntesis, una serie de prototipos de *hot-dog* de pollo.

Teniendo en consideración los resultados del análisis de la metodología Kano, se estableció que las características de encantamiento para el consumidor de *brownies* son: la presencia de frutos secos, la característica crocante del *brownie* al morderlo y el sabor a chocolate amargo. Además la característica de suavidad sensorial en la textura del producto es obligatoria y se consideró para la formulación de nuevas muestras de *brownie* a los cuales se les evaluó posteriormente, mediante el empleo del cuestionario CATA. Por otro lado, no se consideró la modificación de las características indiferentes al generar las nuevas formulaciones de *brownies*.

4.1.3. EVALUACIÓN DE LA PRESENCIA DE CARACTERÍSTICAS DE ENCANTAMIENTO EMPLEANDO EL CUESTIONARIO CATA.

4.1.3.1. SELECCIÓN DE PARTICIPANTES

Se reclutaron un total de cuarenta y un consumidores, con edades comprendidas entre los 18 y 30 años, esta cantidad de participantes se basó en lo indicado por Ares *et al.* (2014) quienes evaluaron la influencia del número de consumidores empleando el cuestionario CATA, ellos determinaron que no existió diferencia significativa entre el empleo de un número bajo de consumidores (43 - 46), comparado con un número alto (80 - 100), pues dicha cantidad dependió del grado de diferenciación de las muestras evaluadas y de la complejidad de sus formulaciones. Y de hecho, en el presente estudio se emplearon muestras de *brownie* altamente diferenciadas. Además, estos consumidores se encontraron en los sectores socioeconómicos B y C, determinados por una encuesta exploratoria previa (ANEXO 1).

4.1.3.2. TABLA DE CONTINGENCIA

El cuestionario CATA se aplicó utilizando catorce descriptores sensoriales, dos de los cuales describieron la apariencia, tres el sabor y nueve la textura. Para resumir los datos del cuestionario CATA se creó una tabla de contingencia (Cuadro 15).

Cuadro 15: Tabla de contingencia de los datos de *brownies* con tres muestras (productos) y catorce atributos CATA

Brownie	Color oscuro	Presencia de frutos	Duro	Superficie crujiente	Suave	Crocante	Cristales de azúcar	Masa compacta	Aceitoso	Chicloso	Húmedo	Salado	Chocolate amargo	Dulce
D	5	25	5	36	26	22	21	27	20	4	24	4	0	37
F	10	40	2	16	35	12	9	20	13	11	20	6	9	33
G	35	1	2	0	37	1	8	21	11	8	17	9	25	27

La tabla de contingencia contiene el recuento del número de consumidores que seleccionaron cada característica sensorial correspondiente para cada muestra de *brownie*. Para la muestra D, los atributos más comunes citados fueron: presencia de frutos secos (25), superficie crujiente (36), suave (26), masa compacta (27), húmedo (24) y dulce (37). Para la muestra F se seleccionaron con mayor frecuencia: presencia de frutos secos (40), suave (35) y dulce (33). Finalmente, para la muestra G, los atributos con mayor frecuencia seleccionados fueron: color oscuro (35), suave (37), sabor a chocolate amargo (25) y dulce (27).

En lo que respecta a las frecuencias del uso de los términos se puede observar que los más utilizados fueron: suave, masa compacta, húmedo y dulce. Las características de textura mencionadas concuerdan con las presentada por Muñoz y Civil (1987), en la caracterización textural del *brownie*.

En la Figura 15 se visualizan los datos seleccionados para las características sensoriales presentadas en el cuestionario CATA. Se observa que la mayoría de los consumidores caracterizan la muestra D como: crocante, de superficie crujiente, con presencia de cristales de azúcar, de masa compacta, aceitosa, húmeda y dulce; la muestra F como: suave, dulce y con presencia de frutos secos; y la muestra G como: de color oscuro, suave y con sabor a chocolate amargo. Pese a que se presentan estos datos, no se deben tomar en cuenta aún, ya que algunos presentan una recuento bajo.

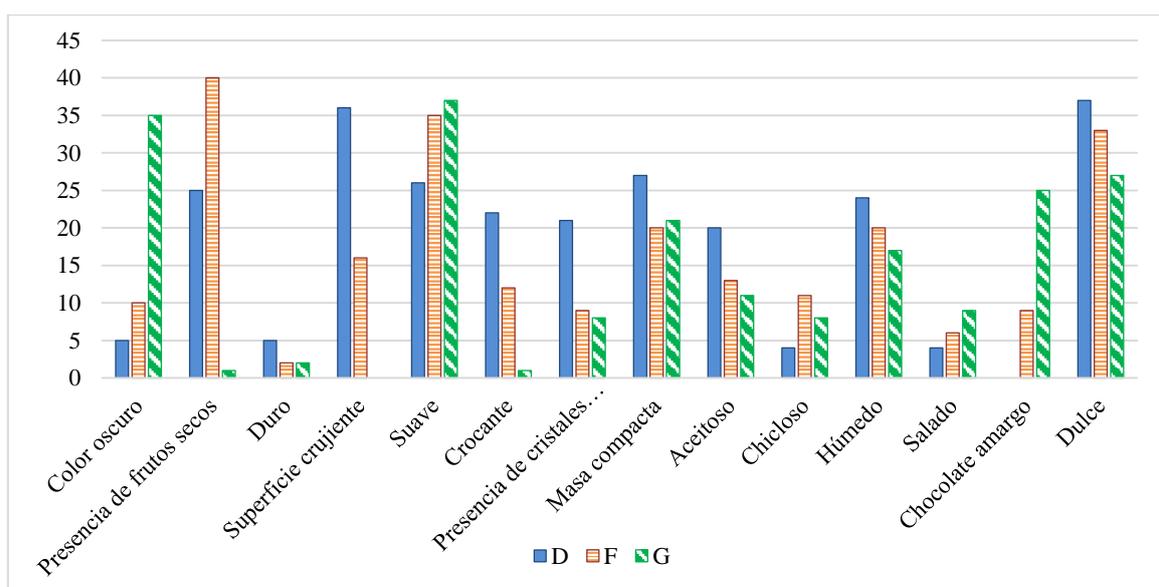


Figura 15: Gráfico de barras del número de deducciones para cada producto, agrupados por atributo

4.1.3.3. PRUEBA Q DE COCHRAN

La prueba Q de Cochran se utilizó para identificar diferencias significativas entre muestras para cada uno de los términos sensoriales. En el Cuadro 16 se presentan los resultados de los valores p basados en la prueba Q de Cochran y en el enfoque de la asignación al azar respectiva usando 1000 asignaciones al azar (Varela y Ares 2014).

Según la prueba Q de Cochran las diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en 8 de los 14 términos de las preguntas CATA, que se utilizaron para describir las muestras de *brownies*, sugirieron que los consumidores percibieron diferencias en las características sensoriales de los *brownies* evaluados (Cuadro 16).

Cuadro 16: Valores -p de la prueba Q de Cochran para cada atributo sensorial

ATRIBUTOS	valores-p	D	F	G
Color oscuro	0,0000	0,122 (a)	0,244 (a)	0,854 (b)
Presencia de frutos secos	0,0000	0,610 (b)	0,976 (c)	0,024 (a)
Duro ^{ns}	0,3247	0,122 (a)	0,049 (a)	0,049 (a)
Superficie crujiente	0,0000	0,878 (c)	0,390 (b)	0,000 (a)
Suave	0,0044	0,634 (a)	0,854 (b)	0,902 (b)
Crocante	0,0000	0,537 (c)	0,293 (b)	0,024 (a)
Presencia de cristales de azúcar	0,0024	0,512 (b)	0,220 (a)	0,195 (a)
Masa compacta ^{ns}	0,2034	0,659 (a)	0,488 (a)	0,512 (a)
Aceitoso ^{ns}	0,0686	0,488 (a)	0,317 (a)	0,268 (a)
Chicloso ^{ns}	0,1280	0,098 (a)	0,268 (a)	0,195 (a)
Húmedo ^{ns}	0,2540	0,585 (a)	0,488 (a)	0,415 (a)
Salado ^{ns}	0,2319	0,098 (a)	0,146 (a)	0,220 (a)
Chocolate amargo	0,0000	0,000 (a)	0,220 (a)	0,610 (b)
Dulce	0,0044	0,902 (b)	0,805 (ab)	0,659 (a)

*^{ns} Indica diferencias no significativas entre muestras según la prueba Cochran Q.

** Dos productos que compartan la(s) misma(s) letra(s) no difieren significativamente. Dos productos que no tengan letras en común, difieren significativamente.

Los conteos CATA de los consumidores fueron significativamente diferentes para las muestras evaluadas, lo que sugiere que esta técnica fue capaz de detectar diferencias en la percepción de los consumidores de los *brownies* y también para identificar los atributos sensoriales que podrían tener un efecto en las preferencias de los consumidores. La principal ventaja de este tipo de pregunta es que es más fácil de usar para los consumidores, ya que puede ser más natural revisar las palabras que medir la intensidad de los atributos sensoriales utilizando escalas (Ares *et al.* 2010 a).

Las muestras difieren en muchos los atributos. Los atributos no discriminatorios fueron: duro, masa compacta, aceitoso, chicloso, húmedo y salado, de acuerdo con la tabla de contingencia que se visualiza en el Cuadro 16. Tales atributos, fueron catalogados como características indiferentes, de acuerdo al modelo Kano, de modo que la percepción que el consumidor tuvo de ellos no es de interés en este estudio, por ende se reservaron todos los atributos en el análisis.

4.1.3.4. ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIA (AC)

Se efectuó un AC, el cual es una técnica multivariante de escalamiento multidimensional que utiliza los datos no métricos en el diseño cruzado para crear los mapas que incluyen todas las categorías de las variables (Hair *et al.* 2009).

La Figura 16 muestra la representación de las muestras y los términos en las dos primeras coordenadas de la AC realizadas en la tabla de frecuencias utilizando distancias χ^2 . Juntas, la primera y la segunda dimensiones explicaron el 100 por ciento de la varianza de los datos experimentales. La explicación del 100 por ciento de la variación total de los datos caracteriza la riqueza de información generada por CATA y sugiere que este análisis fue efectivo, aunque esta metodología utiliza consumidores que naturalmente tienen variabilidad intrínseca. La distancia entre los puntos correspondientes a las muestras es una medida de su similitud, por lo tanto, se puede deducir que se identificaron tres grupos: la muestra D ubicada en el lado negativo de la primera dimensión; la muestra F ubicada en el lado negativos de la segunda dimensión; y finalmente la muestra G, ubicada en el lado positivo de la primera dimensión.

Aunque la posición relativa de las filas y columnas en las dimensiones de la AC no es directamente comparable y debe interpretarse con cuidado, se pueden extraer algunas conclusiones sobre asociaciones generales entre las muestras y los términos (Greenacre 2007).

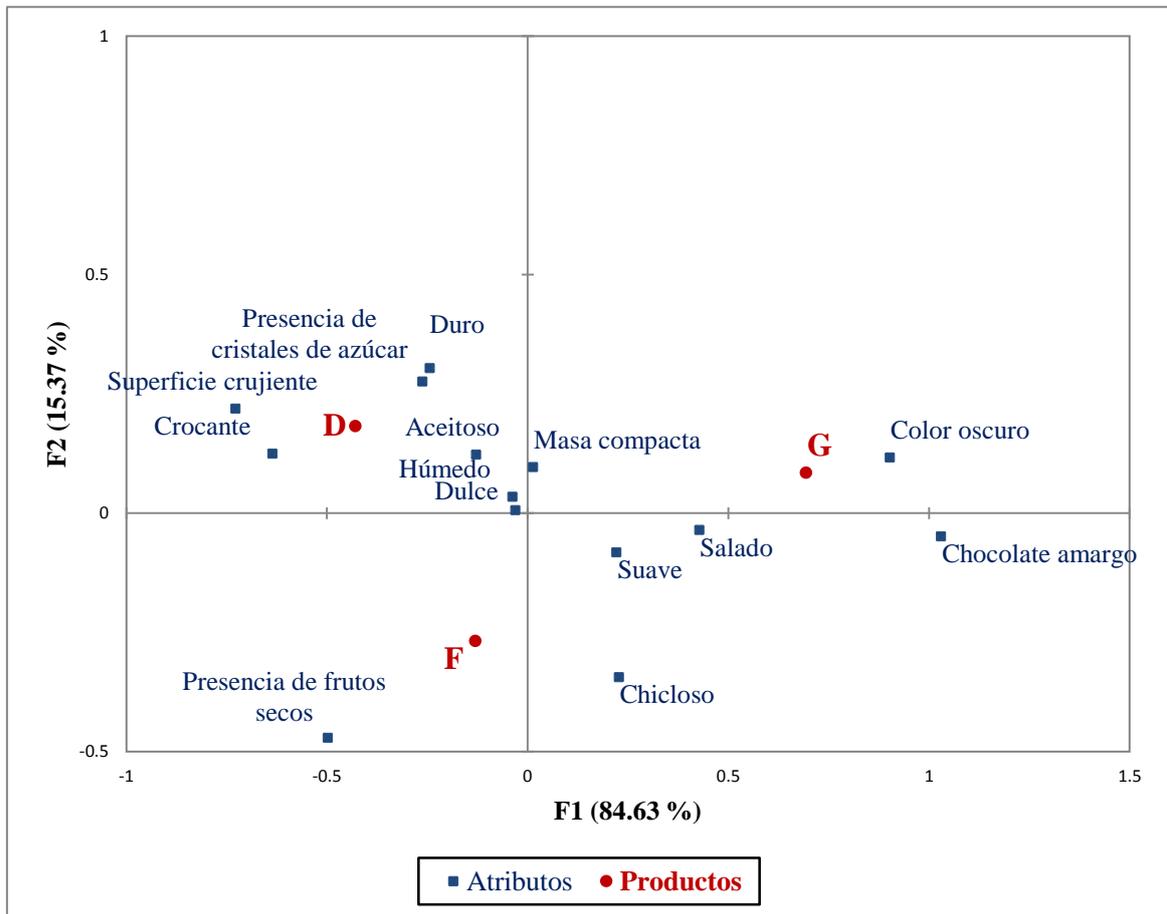


Figura 16: Análisis de correspondencia para los datos de *brownies* utilizando la distancia χ^2

De acuerdo a los resultados obtenidos por el análisis de correspondencia (Figura 16), se observa que cada muestra de *brownie* presenta una característica de encantamiento (atractiva). La muestra D se asoció al atributo crocante (caracterizado como atractivo) junto con otros atributos afines a este: superficie crujiente, presencia de cristales de azúcar y duro. Al ser la muestra D un *brownie* comercial estilo marmoleado (mezcla de masas sabor a chocolate y vainilla), no se tiene una noción exacta de su formulación. Sin embargo se pueden inferir ciertos ingredientes a través de la información presentada en su etiqueta, pues

según su empaque el primer ingrediente es al azúcar, lo que indicaría que es el de mayor proporción en la masa (siguiendo la harina) el cual podría estar influenciando sobre la textura sensorial del *brownie*. Con respecto a ello, Duncan (2000) menciona que la sacarosa en las masas se disuelve, o se disuelve parcialmente dependiendo de la cantidad de agua presente, y luego se recristaliza después de la cocción, de esta manera afecta fuertemente la textura de la masa horneada, pues si la cantidad de sacarosa es alta, la masa es dura; además, el tamaño de los cristales de sacarosa, y por lo tanto su velocidad de disolución afecta la apariencia y la crocantez. Por su parte, Zhou y Hui (2014), también indican que algunas propiedades físicas pueden verse afectadas cuando se usa sacarosa como ingrediente, estas son: la solubilidad, la higroscopicidad, la distribución del tamaño de partícula, la viscosidad y la tendencia a cristalizar.

La formulación F de *brownie* libre de gluten se caracterizó principalmente con el término: presencia de frutos secos (Figura 16), el cual fue catalogado como característica atractiva, y de hecho, esta muestra poseía en su formulación castañas partidas.

Por último, la formulación G se asoció principalmente con la característica atractiva: sabor a chocolate amargo y por el atributo color oscuro. Esta muestra poseyó dentro de sus ingredientes a la cocoa, o polvo de cacao. Talbot (2009), indica que el contenido de cacao en polvo logra un color más oscuro y un sabor de cacao más fuerte que contrarresta la dulzura de la masa. La formulación F también contenía un insumo que podía brindar las características: sabor a chocolate amargo y color oscuro, sin embargo los consumidores no lo percibieron así, pues la cobertura de chocolate presenta en su formulación un contenido de aproximadamente 2,5 por ciento de cacao en polvo y un contenido de manteca de chocolate no menor al 31 por ciento, lo que provoca que la percepción del cacao disminuya (Duncan 2000).

4.2. CORRELACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE LAS PREGUNTAS CATA CON LA METODOLOGÍA EMPLEANDO UN PANEL DE JUECES ENTRENADO

4.2.1. CARACTERIZACIÓN SENSORIAL DEL *BROWNIE* EMPLEANDO UN PANEL ENTRENADO

Se realizó un ANVA para cada una de las características sensoriales determinadas por el panel de jueces entrenados. El análisis dio como resultado la no significancia entre los jueces, evidenciando el buen grado de entrenamiento del panel, y reveló significancia ($p < 0,05$) para las muestras de *brownie*, previamente se verificaron los supuestos de normalidad y homogeneidad de variancias para cada característica (ANEXO 16).

En el Cuadro 17 se presentan los puntajes otorgados por el panel de jueces entrenados para las tres muestras de *brownie* evaluadas.

Cuadro 17: Puntajes promedio de los atributos sensoriales evaluados por el panel de jueces entrenados.

ATRIBUTOS	MUESTRAS		
	D	F	G
Color marrón	2,03 ^c	6,28 ^b	9,25 ^a
Costra superficial	3,27 ^b	5,82 ^a	1,33 ^c
Masa heterogénea	2,78 ^b	6,92 ^a	1,38 ^c
Elasticidad	4,15 ^a	5,85 ^b	5,48 ^b
Firmeza	2,92 ^a	1,95 ^b	1,55 ^b
Dulzor	7,43 ^a	6,02 ^b	6,25 ^b
Amargor	1,53 ^c	4,92 ^b	6,77 ^a
Humedad	4,53 ^b	5,32 ^a	4,00 ^b
Aceitosidad	3,30 ^b	4,63 ^a	2,63 ^b

Letras diferentes dentro de las columnas indican diferencia significativa de acuerdo a la prueba de Tukey ($p < 0,05$). Evaluados utilizando escalas no estructuradas de intensidad de 10 cm.

Se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) en todos los atributos, lo que evidencia que las tres muestras presentaron características sensoriales perceptiblemente diferentes.

Se realizó un análisis de componentes principales (PCA) sobre los datos del análisis descriptivo. Los dos primeros componentes principales explicaron el 62,02 por ciento (Componente 1) y 37,98 por ciento (Componente 2) de la variación experimental de los datos.

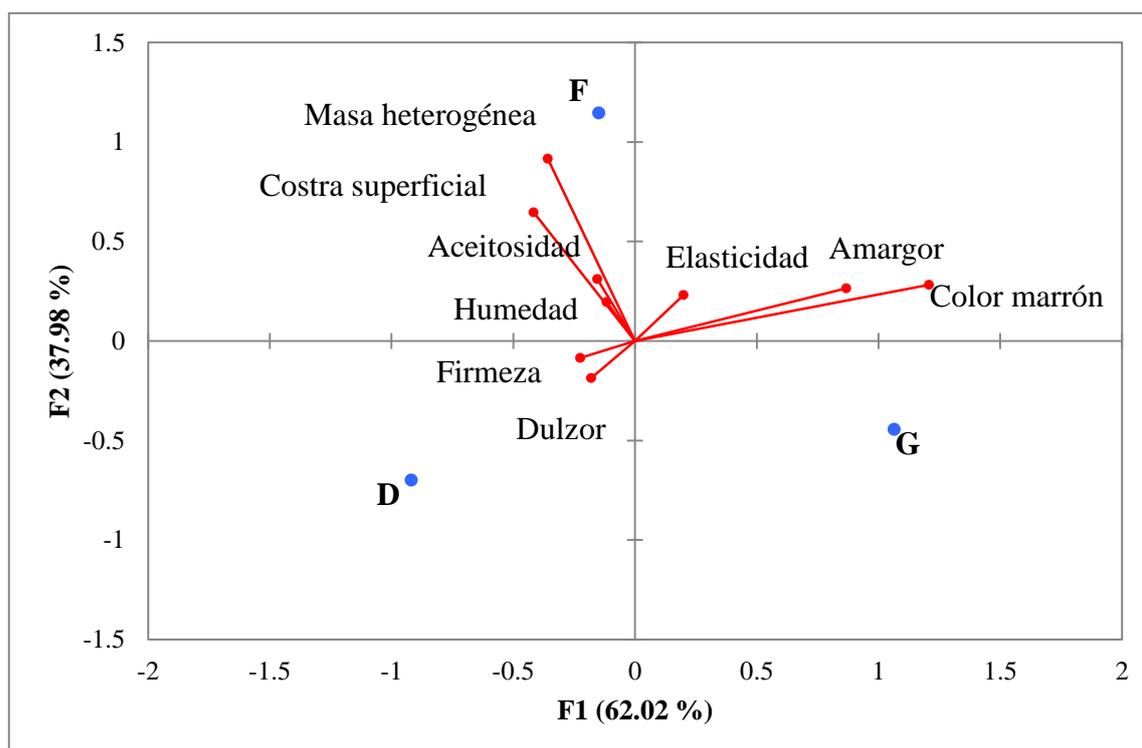


Figura 17: Análisis de Componentes Principales de los puntajes promedio de los atributos evaluados por los jueces utilizando escalas de intensidad en un QDA: representación de los atributos y representación de las muestras.

En la Figura 17 puede observarse que el primer componente principal estuvo correlacionado en su lado positivo con los atributos: dulzor y firmeza, y en su lado negativo con los atributos elasticidad, amargor y color marrón. Por otro lado, el segundo componente estuvo correlacionado positivamente con los atributos: humedad, masa heterogénea, costra superficial y aceitosidad. Se observa que los vectores de: color marrón, amargor, masa heterogénea y costra superficial, tuvieron un módulo cercano a uno, lo que sugiere una buena explicación de la variación experimental de todos los atributos en los dos componentes principales (Bruzzone 2014).

Además, la Figura 17 muestra la representación de las muestras en los dos primeros componentes del PCA. La muestra D, *brownie* marmoleado Gustozzi, está caracterizada por su mayor firmeza y dulzor, y baja intensidad en color marrón y amargor, lo cual puede deberse a que la masa del *brownie* se mezcló con masa de vainilla que pudo incrementar el dulzor de la muestra y esto produjo un menor amargor. La muestra F se encuentra localizada en el lado positivo del componente dos y se caracteriza por presentar los atributos de humedad, masa heterogénea, costra superficial y aceitosidad, considerando que dicha muestra fue formulada con cobertura de chocolate y castañas, es de esperar que las muestras de *brownies* sean percibidas como las que presentan la mayor intensidad de masa heterogénea y costra superficial. Por último, la muestra G se caracterizó por amargor y color marrón, siendo la de menor firmeza. Esto concuerda con lo esperado ya que estas muestras fueron formuladas con cocoa en lugar de cobertura de cacao, lo que hizo que dicha muestra de *brownie* sea más oscura y amarga.

La localización de las muestras de *brownie* D, F y G, posicionadas en los extremos del *biplot*, puede explicarse considerando que todas las muestras fueron formuladas con insumos que hacían variar completamente las muestras, por ejemplo el empleo de cocoa en polvo en la muestra G en lugar de emplear cobertura de chocolate (como se realizó con la muestra F) que posee en su composición manteca de cacao, manteca vegetal y poca cantidad de cacao, lo cual dotó de mayor intensidad en amargor y color marrón a la muestra G y lo contrario para la muestra F. Del mismo modo que el empleo de castañas en la formulación F, explica que tenga una mayor percepción de masa heterogénea que, según el glosario sensorial empleado (ANEXO 12), significa que la masa no es uniforme ya que posee presencia de partículas; tales como: frutos seco; además las castañas generan una costra en la superficie del *brownie* y, por el horneado, se rompen glóbulos de grasa que genera una mayor percepción de aceitosidad bucal. Finalmente, la muestra D, *brownie* marmoleado comercial, presenta como características el dulzor y la firmeza, esto puede explicarse por su formulación, ya que según su empaque, el primer ingrediente es al azúcar indicando que es el de mayor proporción en la masa; además al ser una mezcla de masas: con sabor a chocolate y vainilla, se incrementa la presencia del azúcar y, por ende, se reduce el amargor proporcionado por el chocolate.

4.2.2. COMPARACIÓN DE LAS METODOLOGÍAS A TRAVÉS DEL COEFICIENTE RV

La metodología de las preguntas CATA, con consumidores, mostró una alta capacidad descriptiva para las muestras evaluadas D, F y G (Figura 16), siendo, la capacidad descriptiva de los consumidores similar a la del panel de jueces entrenados, logrando ambos caracterizar de manera similar todas las muestras de *brownie*. El comportamiento similar entre ambas metodologías puede explicarse considerando que el alto número de evaluaciones de los consumidores (para las preguntas CATA) lo que podría compensar la variabilidad entre los datos debido a la falta de entrenamiento (Ares *et al.* 2011).

En lo que respecta a los mapas sensoriales, realizando la comparación de los resultados del análisis de correspondencia de las preguntas CATA con el análisis de componentes principales de los jueces entrenados, se pueden observar resultados similares respecto a la descripción de las muestras (ver Figuras 16 y 17). A partir de dichos mapas sensoriales, se puede observar que los consumidores percibieron, de manera diferente a los jueces, el atributo aceitosidad. Mientras que los jueces lo encontraron asociado a masa heterogénea, por la presencia de frutos secos, los consumidores encontraron una relación inversa con este atributo. Además, los consumidores generaron atributos más específicos y con un vocabulario coloquial por ejemplo: presencia de frutos secos. En lo que respecta a las muestras, mientras que para los jueces las muestras F estuvo relacionada a aceitosidad, masa heterogénea, humedad y costra superficial, para los consumidores esta muestra se caracterizó principalmente por la presencia de frutos secos.

La determinación del coeficiente RV en el análisis realizado sobre los datos del panel de jueces entrenados y de los consumidores para las dos metodologías resultó 0,92 (p-valor = 0,00) sugiriendo una muy buena correlación entre las diferentes metodologías de evaluación. Una alta correlación entre los datos del panel de jueces entrenados con la metodología de evaluación con consumidores (CATA), sugiere que cualquiera de las dos metodologías utilizadas en este estudio resultarían útiles para estudiar las características sensoriales de las muestras cuando no se cuenta con tiempo y recursos para llevar a cabo el entrenamiento de un panel (Bruzzone 2014).

V. CONCLUSIONES

1. Se desarrollaron prototipos de *brownie* libre de gluten con características atractivas para el consumidor obtenidas de la aplicación del modelo Kano y la metodología de las preguntas CATA, para lo cual se generaron descriptores sensoriales a través de la aplicación del método de la rejilla combinado con el perfil de libre elección.
2. El análisis de Procrustes generalizado permitió obtener las configuraciones consenso. La dimensión 1 separó las muestras principalmente por firmeza del *brownie* (dureza, suave), por sabor (dulce, salado, sabor a chocolate amargo), textura al morder (crocante, presencia de cristales de azúcar, chiclosidad) y por color (color oscuro). La dimensión 2 se relacionó principalmente con los atributos de textura visual (presencia de frutos secos) y textura al tacto (aceitosidad, humedad, superficie crujiente y ligamiento).
3. Las características de encantamiento de los *brownies* que son atractivas para el consumidor de Lima Metropolitana (sectores socioeconómicos B y C), fueron: sabor a chocolate amargo, crocante y presencia de frutos secos. Estas se determinaron con la aplicación del modelo Kano.
4. La metodología de las preguntas CATA permitió describir a las muestras de *brownie* a través de la evaluación de un cuestionario elaborado a partir de términos previamente obtenidos con el método de la rejilla. Donde, la muestra D se asoció con los términos: crocante, superficie crujiente, presencia de cristales de azúcar, duro y de masa compacta. La muestra F se caracterizó principalmente con los términos: presencia de frutos secos, húmedo y dulce. Por último, la muestra G se asoció con los términos: color oscuro, sabor a chocolate amargo y suave.

5. Se realizó el análisis de componentes principales (PCA) sobre los datos del análisis descriptivo cuantitativo empleando un panel de seis jueces entrenados donde se determinó que la muestra D se caracterizó por su mayor firmeza y dulzor, y baja intensidad en color marrón y amargor. La muestra F se caracterizó por presentar los atributos de humedad, masa heterogénea, costra superficial y aceitosidad. La muestra G se caracterizó por amargor y color marrón, siendo la de menor firmeza.

6. Se determinó el coeficiente RV en el análisis realizado sobre los datos del panel de jueces entrenados (QDA) y de los consumidores (CATA) el cual resultó cercano a 1 (0,92) sugiriendo una muy buena correlación entre las diferentes metodologías de evaluación.

VI. RECOMENDACIONES

1. Realizar estudios con otras herramientas de generación de descriptores más rápidas como: perfil flash, napping-UIP.
2. Emplear la distancia Hellinger en el análisis con los resultados CATA, pues incluye resultados atípicos para estudios más exhaustivos.
3. Incluir en la lista de las preguntas CATA acciones y expresiones hedónicas que toman importancia en la decisión de compra por parte del consumidor.
4. Realizar estudios de comparación entre los resultados CATA, que caracterizan sensorialmente a los alimentos, y pruebas instrumentales, para determinar el grado de correlación entre ambos.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, E. 2009. Evaluación de Diferentes Niveles de Jugo de Pimiento, Como Antioxidante Natural en la Elaboración de Salchicha de Pollo. Tesis para optar el título de Ingeniero. Riobamba, Ecuador. ESPC. 109 p.
- Amerine, M.A., Pangborn, R.M., Roessler, E.B., 1965. Principles of Sensory Evaluation of Food. Academic Press, New York.
- Anzaldúa-Morales, A. 1994. Evaluación Sensorial de los Alimentos en la Teoría y en la Práctica. Ed. Acribia. Zaragoza, España.
- APEIM (Asociación peruana de empresas de investigación de mercados). 2017. (Informe) Niveles socioeconómicos 2017. (9, 2017, Lima, Perú). Lima, Perú. 60 p.
- Arancibia, C., Costell, E., and Bayarri, S. 2011. Fat replacers in low-fat carboxymethyl cellulose dairy beverages: Color, rheology, and consumer perception. *Journal of Dairy Science* 94: 2245-2258.
- Ares, G., Barreiro, C., Desliza, R., Giménez, A. and Gámbaro, A. 2010 a. Application of a check-all-that-apply question to the development of chocolate milk desserts. *Journal of Sensory Studies* 25, 67-86.
- Ares, G., Giménez, A., Bruzzone, F. 2010 b. Identifying consumers: texture vocabulary of milk desserts. Application of a check-all-that-apply question and free listing. *Braz. J Food Technol.*, 6, 98-105.

- Ares, G., Giménez, A., and Bruzzone, F. 2011. Is a consumer panel able to reliably evaluate the texture of dairy desserts using unstructured intensity scales? Evaluation of global and individual performance. *Journal of Sensory Studies*, 26, 363-370
- Ares, G., Jaeger, S., Bava, C., Chheang, S., Jin, D., Giménez, A., Vidal, L., Fiszman, S. y Varela, P. 2013. CATA questions for sensory product characterization: Raising awareness of biases. *Food Qual. Prefer*, 30, 114–127.
- Ares, G. Jaeger, S. 2013. Check-all-that-apply questions: Influence of attribute order on sensory product characterization. *Food Qual. Prefer.*, 28, 141–153
- Ares, G., Tárrega, A., Izquierdo, L. y Jaeger, S. 2014. Investigation of the number of consumers necessary to obtain stable sample and descriptor configurations from checkall-that-apply (CATA) questions. *Food Qual. Prefer.*, 31, 135–141.
- Ares, G. y Jaeger, S. 2015. Check-all-that-apply (CATA) questions with consumers in practice: experimental considerations and impact on outcome. En Delarue, J., Lawlor, B. y Rogeaux, M. *Rapid Sensory Profiling Techniques*. Woodhead Publishing. Paris, Francia. 227-245.
- Ares, G.; Antúnez, L.; Bruzzone, F.; Vidal, L.; Giménez, A.; Pineau, B; Beresford, M.; Jin, D.; Paisley, A.; Chheang, S.; Roigard, C.; and Jaeger, S. 2015. Comparison of sensory product profiles generated by trained assessors and consumers using CATA questions: Four case studies with complex and/or similar samples. *Food Quality and Preference* 45 (2015) 75–86 pp.
- Arnold, G.M. and Williams, A.A. 1986. The use of generalized Procrustes technique in sensory analysis. In *Statistical Procedures in Food Research*, ed. J.R. Piggott: Elsevier Applied Science. London, U.K. 233-255 pp.
- Bangcuayo, R.G., Smith, K.J., Zumach, J.L., Pierce, A.M., Guttman, G.A., Simons, C.T., 2015. The use of immersive technologies to improve consumer testing: the role of

ecological validity, context and engagement in evaluating coffee. *Food Quality and Preference* 41, 84e95.

Belsuzarri, H., Leigh, J. and Villón, M. 2015. Plan de negocios de una cadena de heladerías con la franquicia Cold Stone en el Perú. Trabajo de Investigación presentado para optar el Grado Académico de Magíster en Administración de Empresas. Escuela de Post Grado de la Universidad del Pacífico. Lima. 95 pp.

Bob's Red Mill. 2017. Gluten Free 1-to-1 Baking Flour. Visitado en agosto del 2017. Disponible en: <https://www.bobsredmill.com/gluten-free-1-to-1-baking-flour.html>

Bourne, M. 2002. *Food texture and viscosity: Concept and measurement*. Orlando, EE. UU, Academia Press. 423 p.

Bruzzone, F. 2014. Aplicación de metodologías de caracterización sensorial con consumidores en el desarrollo de postres lácteos funcionales. Tesis para optar el grado de Máster en Ciencia y Tecnología de alimentos. Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos Facultad de Química - Facultad de Ingeniería Universidad de la República. Montevideo. 113pp.

Cardello, A.V., Schutz, H.G. 2003. Sensory science II: Consumer acceptance. In: Rahman, M.S. (Ed.), *Handbook of Food Science*. Dekker, New York.

Capriles, V.D., dos Santos, F.G., Areñas, J.A.G. 2016. Gluten-free breadmaking: improving nutritional and bioactive compounds. *Journal of Cereal Science* 67, 83-91.

Celiac Society of Ireland. 2016. Symptoms. <https://www.coeliac-ireland.com/coeliac-disease/symptoms/>.

Coleman, L. 2015. *The Customer-Driven Organization: employing the Kano model*. Ed. CRC Press, Taylor & Francis Group. Boca Raton, Florida. 116 pp.

- Deliza, R., Macfie, H., and Hedderley, D. 2005. The consumer sensory perception of passion-fruit juice using free-choice profiling. *Journal of Sensory Studies* 20: 17-27.
- Dijksterhuis, G. and Punter, P. 1990. Interpreting Generalized Procrustes Analysis “analysis of variance” tables. *Food Qual. Prefer.* 2, 255–265.
- Dijksterhuis, G.B. and Gower, J.C. 1992. The interpretation of generalized procrustes analysis and allied methods. *Food Quality and Preference* 3: 67-87.
- Dooley, L., Lee, Y. and Meullenet, J. 2010. The application of check-all-that-apply (CATA) consumer profiling to preference mapping of vanilla ice cream and its comparison to classical external preference mapping. *Food Qual. Prefer.* 21, 394-401.
- Duncan, M. 2000. *Technology Of biscuits, Crackers and Cookies*. Third Edition. Ed. CRC Press. Cambridge, England. 112-113 pp.
- Euromonitor Internacional. 2016. Biscuits in Perú. Serial Online. Disponible en: <http://www.euromonitor.com/biscuits-in-peru/report>. Consultado el 08 de febrero del 2016.
- Evans, J. y Lindsay, W. 2015. *Administración y Control de Calidad*. Editorial Cengage Learning Editores S.A. de C.V. México D.F., México. 105-108 pp.
- Fasano, A. and Catassi, C. 2012. Celiac disease. *The New England Journal of Medicine* 367, 2419-2426 pp.
- Fizman, S., Salgado, N., Orrego, C., Ares, G. 2015. Comparison of methods for generating sensory vocabulary with consumers: A case study with two types of satiating foods. *Food Quality and Preference* 44 (2015) 111–118
- Gonzalez-Tomas, L. and Costell, E. 2006. Sensory evaluation of vanilla dairy desserts by free choice profile. *Journal of Sensory Studies* 21: 20-33.

- Gonzalez-Viñas, M.A., Moya, A., and Cabezudo, M.D. 2003. Description of the sensory characteristics of Spanish unifloral honeys by free-choice profiling. *Journal of Sensory Studies* 18: 103-113.
- Gower, J.C. 1975. Generalized Procrustes analysis. *Psychometrika* 4: 33-50.
- Greenacre, M. 2007. *Correspondence Analysis in Practice*, Boca Raton, Chapman and Hall/CRC.
- Grice, J. and Assad, K. 2009. Generalized Procrustes Analysis: a tool for exploring aggregates and persons. *Applied Multivariate Research*, Volume 13, No. 1, 2009, 93-112
- Gustozzi. 2017. Catálogo de productos: Brownie. Visitado en agosto del 2018. Disponible en: <https://www.gustozzi.com/portfolio/brownie-2/>
- Hagman B. 2000. *The gluten free gourmet: Living well without wheat*. Revised ed New York: Henry Holt.
- Hair, J., Black, W., Babin, B., Anderson, R., and Tatham, R. 2009. *Análise multivariada de dados* (6th ed.). Porto Alegre:Bookman.
- Islas-Rubio, A., Hernández-Zepeda, A., Calderón de la Barca, A., Ballesteros-Vásquez, M., Granados-Nevárez, M. y Vásquez-Lara, F. 2012. Formulación y elaboración de pastelillos tipo *brownies* con más fibra y menos calorías que los convencionales. *Archivos latinoamericanos de nutrición*, Vol. 62 N° 2, 185-191.
- ISO. 1998. *Sensory analysis. Methodology sequential analysis*. ISO/TC 34/SC 12 N354E. Francia.
- Jaeger, S., Rossiter, K., and Lau, K. 2005. Consumer perceptions of novel fruit and familiar fruit: a repertory grid application. *Journal of the Science of Food and Agriculture* Vol. 85:480-488

- Jaeger, S., Giacalone, D., Roigard, C., Pineau, B., Vidal, L., Giménez, A., Frøst, M. and Ares, G. 2013a. Investigation of bias of hedonic scores when co-eliciting product attribute information using CATA questions. *Food Qual. Prefer.*, 30, 242–249.
- Jaeger, S., Chheang, S., Yin, L., Bava, C., Giménez, A., Vidal, L. and Ares, G. 2013b. Check-all-that-apply (CATA) responses elicited by consumers: Within-assessor reproducibility and stability of sensory product characterizations. *Food Qual. Prefer.*, 30, 56–67.
- Jaeger, S.; Beresford, M.; Paisley, A.; Antúnez, L.; Vidal, L. Cadena, R.; Giménez, A.; y Ares, G. 2015. Check-all-that-apply (CATA) questions for sensory product characterization by consumers: Investigations into the number of terms used in CATA questions. *Food Quality and Preference* 42 (2015). 154–164 pp.
- Kano, N., Seraku, N., Takahashi, F., and Tshuji, S. 1984. Attractive quality and must-be quality, *Hinshitsu (Quality, The Journal of Japanese Society for Quality Control)*, 41(2), 39–48 pp.
- Kano, N., Seraku, N., Takahashi, F., and Tshuji, S. 1996. Attractive Quality and Must-Be Quality. *Best on Quality, IAQ Book Series Vol. 7: ASQC Quality Press. Milwaukee, Wisconsin.* 165–186 pp.
- Kano, N. 2001. Life cycle and creation of attractive quality. Paper presented at the 4th International QMOD Conference Quality Management and Organizational Development, Linköpings Universitet, Sweden.
- Kelly, G.A. 1955. *The Psychology of Personal Constructs.* New York: Norton.
- Lawless, H. y Heymann, H. 2010. *Sensory Evaluation of Food. Principles and Practices.* Ed. Springer. New York, USA.
- Lawless, H. 2013. *Quantitative Sensory Analysis: Psychophysics, Models and Intelligent Design.* Ed John Wiley & Sons, Ltd. Oxford, United Kingdom. 416 pp.

- Lachnit, M., Busch-Stockfisch, M., Kunert, J., and Krahl, T. 2003. Suitability of free choice profiling for assessment of orange-based carbonated soft-drinks. *Food Quality and Preference* 14: 257-263.
- Lee, Y., Findlay, C. y Meullenet, J. 2013. Experimental consideration for the use of check-all-that-apply questions to describe the sensory properties of orange juices. *Int J Food Sci Technol*, 48, 215–219.
- Legendre, P. and Gallagher, E. 2001. Ecologically meaningful transformations for ordination of species data. *Oecologia* 129: 271–280.
- Li, B. 2011. Improvements on just-about-right (JAR) scales as product optimization tools using Kano modeling concepts. A thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Food Science. University of Arkansas. Washington, USA.
- Llinares, C. and Page, A. 2011. Kano's model in Kansei Engineering to evaluate subjective real estate consumer preferences. *Int. Journal of Industrial Ergonomics* 41 (3): 233-246.
- Manoukian, E. 1986. *Mathematical Nonparametric Statistics*. Ed. Gordon & Breach. New York, USA.
- Mariotti M, Alamprese C. 2012. About the use of different sweeteners in baked goods. Influence on the mechanical and rheological properties of the doughs. *LWT-Food Sci Technol* 48:9–15.
- Masure, H.G., Fierens, E., Delcour, J.A. 2016. Current and forward looking experimental approaches in gluten-free bread making research. *Journal of Cereal Science* 67, 92e111.
- Matzler, K., Bailom, F., Hinterhuber, H., Renzl, B., and Pichler, J. 2004. The asymmetric relationship between attribute-level performance and overall customer satisfaction: a

- reconsideration of the importance–performance analysis. *Industrial Marketing Management* 33, 271-277.
- Mauksch MW. 1997. *Fabulous and flourless: Wheatless and dairy free desserts*. New York: MacMillan.
- McEwan, J. and Colwill, J. 1989. The application of two free-choice profile methods to investigate the sensory characteristics of chocolate. *Journal of Sensory Studies* 3: 271-286.
- McEwan, J.A. and Thomson, D.M.H. 1989. The repertory grid method and preference mapping in market research: a case study on chocolate confectionery. *Food Quality and Preference* 1 (2) 59 – 68.
- Meilgaard, M., Civille, G. y Carr, T. 2013. *Sensory evaluation techniques*. Third edition. Ed. CRC Press, Taylor & Francis Group. Boca Raton, Florida. 620 pp.
- Meilgaard, M., Civille, G. y Carr, T. 2016. *Sensory evaluation techniques*. Fifth edition. Ed. CRC Press, Taylor & Francis Group. Boca Raton, Florida. 382 pp
- Meiselman, H., Macfie, H. and Thomson, D. 1994. *Measurement of food preferences* Springer. US. 311pp.
- MINSA. 2013. Nota Informativa N° 099-2013-DGE-DIS/MINSA. Dirección General de Epidemiología. Lima, Perú.
- Muñoz, A., and G. Civille. 1987. Factors affecting perception and acceptance of food texture by American consumers. *Food Rev. Int.* **3**, 285–322.
- Nachay K. 2010. Gluten-free offerings increase. *Food Technology* 64, 13-14.

- O'Brien Nabors L. 2001. Alternative sweeteners: an overview. In: O'Brien Nabors L, editor. *Alternative sweeteners*. 3rd ed. New York: Marcel Dekker. 1–12 pp.
- Oreskovich, D.C., Klein, B.P., and Sutherland, J.W. 1991. Procrustes analysis and its application to free choice and other sensory profiling. In *Sensory Science Theory and Application in Food*, eds. H.T. Lawless and B.P. Klein, pp. 353-394. New York: Marcel Dekker. 353-394 pp.
- O'Sullivan, M.G., Kerry, J.P., Byrne, D.V. 2011. Use of sensory science as a practical commercial tool in the development of consumer-led processed meat products. In: Kerry, J.P., Kerry, J.F. (Eds.), *Processed Meats*. Woodhead Publishing Ltd., United Kingdom.
- O'Sullivan, M. 2017. *A Handbook for Sensory and Consumer-Driven New Product Development Innovative Technologies for the Food and Beverage Industry*. Elsevier Academic Press. London, U.K.
- Pahlavan, A., Sharma, G.M., Pereira, M., Williams, K.M. 2016. Effects of grain species and cultivar, thermal processing, and enzymatic hydrolysis on gluten quantitation. *Food Chemistry* 208, 264e271.
- Parente, M., Ares, G. y Manzoni, A. 2010. Application of two consumer profiling techniques to cosmetic emulsions. *J Sensory Stud.*, 25, 685–705.
- Parente, M., Manzoni, A. y Ares, G. 2011. External preference mapping of comercial antiaging creams based on consumers responses to a check-all-that-apply question. *J Sensory Stud*, 26, 158–166.
- Pareyt B, Delcour JA. 2008. The role of wheat flour constituents, sugar, and fat in low moisture cereal based products: a review on sugar-snap cookies. *Crit Rev Food Sci Nutr* 48:824–39.

- Perez-Aparicio, J., Toledano-Medina, M.A., and Lafuente-Rosales, V. 2007. Descriptive sensory analysis in different classes of orange juice by a robust free-choice profile method. *Analytica Chimica Acta* 595: 238-247.
- Piggott, J.R., Sheen, M.R., and Apostolidou, S.G. 1990. Consumer's perceptions of whiskies and other alcoholic beverages. *Food Quality and Preference* 2: 177-185.
- Piqueras-Fiszman, B. y Jaeger, S. 2014. The impact of evoked consumption contexts and appropriateness on emotion responses. *Food Qual Prefer*, 32, 277–288.
- Pagliarini E, Laureati M, Lavelli V. 2010. Sensory evaluation of glutenfree breads assessed by a trained panel of celiac assessors. *European Food Research and Technology* 231, 37-46.
- Puma, G. 2017. Aplicación de la metodología Kansei tipo II para desarrollo de hot-dog a base de carne de pollo (*Gallus gallus*) (Tesis para optar el título de ingeniero en Industrias Alimentarias). Facultad de Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
- Rasinski, K., Mingay, D. y Bradburn, N. 1994. Do respondents really mark all that apply on self-administered questions. *Public Opin Quart*, 58, 400–408.
- Robert, P. and Escoufier, Y. 1976. Unifying tool for linear multivariate statistical methods—Rv-coefficient. *Journal of the Royal Statistical Society Series C-Applied Statistics* 25: 257-265.
- Sanchez HD, Osella CA, de la Torre MA. 2002. Optimization of gluten-free bread prepared from corn-starch, rice flour and cassava starch. *Journal of Food Sci* 67(1):416–19.
- Sauerwein, E., Bailom, F., Matzler, K., Hinterhuber, H. 1996. The Kano Model: How to delight your customers. *International Seminar on Production Economics*. Innsbruck/Igls/Austria, February 19-23, 313-327.

- Schroeder, R. 2004. *Administración de Operaciones*. Segunda edición. Editorial McGraw Hill Interamericana. México.
- Schutz, H.G. 1965. A food action rating scale for measuring food acceptance. *J. Food Sci.* 30, 365-374.
- Selvakumaran, L., Shukri, R., Shazini, R., Pak, M., Wan, W. 2017. Orange sweet potato (*Ipomoea batatas*) puree improved physicochemical properties and sensory acceptance of brownies. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences* (2017), <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2017.09.006>
- Smyth, J., Dillman, D., Christian, L., y Stern, M. 2006. Comparing check-all and forced-choice question formats in web surveys. *Public Opin. Quart.*, 70, 66–77.
- Stone, H., Sidel, J.L. 2007. Sensory research and consumer-led food product development. In: MacFie, H. (Ed.), *Consumer-Led Food Product Development*. Woodhead, Cambridge, UK.
- Stone, H; Bleibaum, R. and Thomas, H. 2012. *Sensory Evaluation Practices*. Fourth edition. London, U.K. Elsevier Academic Press. 408 p.
- Talbot, G. 2009. *Technology of coated and filled chocolate, confectionery and bakery products*. Ed CRC press. Florida, USA. 505pp.
- Tang, C. and Heymann, H. 2002. Multidimensional sorting, similarity scaling and freechoice profiling of grape jellies. *Journal of Sensory Studies* 17: 493-509.
- Tarancon, P., Fiszman, S.M., Salvador, A., and Tarrega, A. 2013. Formulating biscuits with healthier fats. Consumer profiling of textural and flavour sensations during consumption. *Food Research International* 53: 134-140

- Thomson, D.M.H. and McEwan, J.A. 1988. An application of the repertory grid method to investigate consumer perceptions of foods. *Appetite* 10: 181-193.
- Toro, C. 2009. Desarrollo de un modelo de valor para clientes de un producto inmobiliario mediante la metodología de Kano. Tesis para optar al grado de Magíster en Ciencias de la Ingeniería. Pontificia Universidad Católica de Chile Escuela de Ingeniería. Santiago de Chile. 186pp.
- Valdez, J. 1999. Determinación de la calidad sensorial de palitos de maíz con sabor a queso mediante el método del perfil de textura del consumidor. Tesis para optar el grado de Maestro en Tecnología de Alimentos. Lima, Perú. Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Agraria La Molina. 282 p.
- Varela, P. and Ares, G. 2012. Sensory profiling, the blurred line between sensory and consumer science. A review of novel methods for product characterization. *Food Research International* 48: 893-908.
- Varela, P. and Ares, G. 2014. *Novel Techniques in Sensory Characterization and Consumer Profiling*. Editorial CRC Press Taylor and Francis Group. Nueva York. 389 pp.
- Williams, A., Carr, B. T., and Popper, R. 2011. Exploring analysis options for check-all-that-apply (CATA) questions. Ninth Rose-Marie Sensory Science Symposium. Toronto, Ontario, Canada.
- Zhou, W. and Hui, Y. 2014. *Bakery Products Science and Technology*, 2nd Edition. Wiley-Blackwell.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1: ENCUESTA DE EXPLORACIÓN A LOS POSIBLES PARTICIPANTES EN PRUEBAS DE CONSUMIDORES

Nombre: _____ Fecha _____
Edad: _____ Sexo: _____ Estado Civil: _____
Lugar de trabajo/estudios: _____ Teléfono: _____

Se desea investigar acerca de las características sensoriales de un producto comercial para lo cual se empleará un método con consumidores. En este sentido se extiende una invitación a Ud. Para formar parte de esta evaluación. A continuación se le presenta una serie de preguntas que permitirán hacer la selección de consumidores. Muchas gracias por su colaboración.

1. Encuesta de nivel-socioeconómico

- 1.1. Distrito en el que vive:.....
- 1.2. Su vivienda es:
- a. Casa independiente b. Departamento en edificio c. Vivienda improvisada
- 1.3. El material predominante de las paredes exteriores de su vivienda es:
- a. Ladrillo o bloque de cemento b. Adobe c. Madera
- 1.4. El material predominante del piso de su vivienda es:
- a. Parquet o madera pulida b. Mayólica o loseta c. Cemento
- 1.5. El material predominante del techo de su vivienda es:
- a. Concreto armado b. Madera c. Planchas de calamina
- 1.6. ¿Tiene servicio doméstico?
- 1.7. ¿Tiene auto propio?.....
- 1.8. El gasto familiar promedio mensual es.....
- 1.9. El ingreso familiar promedio mensual es

2. Disponibilidad

2.1. ¿Está Ud. dispuesto (a) a participar en otra evaluación sensorial con consumidores para evaluar las características de alimentos?

.....

2.2. ¿Cuál sería su disponibilidad de tiempo para esta actividad? Indíquelo en horas y días semanales.

.....

.....

.....

3. Experiencia

3.1. ¿Ha participado en evaluaciones sensoriales?

3.2. ¿Cuántas veces?

3.3. ¿En qué tipo de pruebas?

3.4. ¿Hace cuánto tiempo?

4. Estado de salud

4.1. ¿Considera que tiene buena salud?

4.2. ¿Padece actualmente algunas de las siguientes enfermedades?

Diabetes

Hipoglicemia

Hipertensión

Alergias a alimentos

Problemas bucales o en encías

4.3. ¿Toma algún medicamento que afecte sus sentidos, o cause efectos como adormecimiento de la lengua?

.....

4.4. ¿Es fumador? ¿Cuántos cigarrillos o tabacos al día?

.....

5. Hábitos alimenticios

5.1. ¿Está usted haciendo una dieta estricta en este momento?

.....

5.2. ¿Cuáles son sus alimentos favoritos?

.....

5.3. ¿Cuáles alimentos no les gusta?

.....

5.4. ¿Cuáles alimentos no puede comer?

.....

5.5. Su consumo de chocolate es:

- a. Habitual b. De vez en cuando c. Muy poco usual d. Nunca

5.6. Su consumo de productos de panificación (kekes, tortas, bizcochos) es:

- a. Habitual b. De vez en cuando c. Muy poco usual d. Nunca

Observaciones o comentarios:

.....
.....
.....

Gracias por su participación ☺

**ANEXO 2: TARJETA DE EVALUACIÓN INICIAL REPERTORY GRID:
GENERACIÓN DE CONSTRUCTOS**

NOMBRES Y APELLIDOS:	FECHA:/...../.....	HORA:
	GÉNERO:	

INDICACIONES:

Describa cómo piensa que dos muestras de *brownie* (ubicadas frente a ud.) son similares entre sí y, a su vez, difieren de la tercera muestra, luego defina qué significa para usted cada característica (constructo) y determine los polos opuestos de estas.

TRIADA 1: _____

GRUPO	CONSTRUCTO	DEFINICIÓN	POLOS (MIN Y MÁX)
	_____ _____ _____ _____	_____ _____ _____ _____	_____ _____ _____ _____
	_____ _____ _____ _____	_____ _____ _____ _____	_____ _____ _____ _____
	_____ _____ _____ _____	_____ _____ _____ _____	_____ _____ _____ _____

OBSERVACIONES.....
.....

¡Muchas gracias por su participación!

**ANEXO 3: TARJETA DE EVALUACIÓN FINAL REPERTORY GRID:
EVALUACIÓN DE LA INTENSIDAD DE LOS CONSTRUCTOS**

NOMBRES Y APELLIDOS:	FECHA:/...../.....	HORA:
	GÉNERO:	

INDICACIONES:

Frente a Ud. se encuentra una muestra de *Brownie*, evalúe la muestra, marcando con una X en el lugar de la escala que usted crea que se asemeje a la intensidad de cada una de las características sensoriales obtenidas en la primera etapa (Generación de constructos).

CÓDIGO DE LA MUESTRA: _____

Constructo	Mín.	Máx
1.	-----	
2.	-----	
3.	-----	
4.	-----	
5.	-----	

OBSERVACIONES:.....
.....

¡Muchas gracias por su participación!

ANEXO 4: CUESTIONARIO KANO

NOMBRES Y APELLIDOS:	FECHA:/...../.....	HORA:
	GÉNERO:	

Por favor, lea las siguientes preguntas y marque la alternativa que Ud. crea conveniente.

Si el *brownie* es muy dulce, ¿Cómo se sentiría Ud.?

Me gustaría
 Debería ser así
 Soy neutral
 Puedo tolerarlo
 No me gustaría

Si el *brownie* NO es muy dulce, ¿Cómo se sentiría Ud.?

Me gustaría
 Debería ser así
 Soy neutral
 Puedo tolerarlo
 No me gustaría

Si el *brownie* tiene textura suave, ¿Cómo se sentiría Ud.?

Me gustaría
 Debería ser así
 Soy neutral
 Puedo tolerarlo
 No me gustaría

Si el *brownie* NO tiene textura suave, ¿Cómo se sentiría Ud.?

Me gustaría
 Debería ser así
 Soy neutral
 Puedo tolerarlo
 No me gustaría

Si el *brownie* presenta masa húmeda, ¿Cómo se sentiría Ud.?

Me gustaría
 Debería ser así
 Soy neutral
 Puedo tolerarlo
 No me gustaría

Si el *brownie* NO presenta masa húmeda, ¿Cómo se sentiría Ud.?

Me gustaría
 Debería ser así
 Soy neutral
 Puedo tolerarlo
 No me gustaría

Si el *brownie* es poco salado, ¿Cómo se sentiría Ud.?

- Me gustaría
- Debería ser así
- Soy neutral
- Puedo tolerarlo
- No me gustaría

Si el *brownie* NO es poco salado, ¿Cómo se sentiría Ud.?

- Me gustaría
- Debería ser así
- Soy neutral
- Puedo tolerarlo
- No me gustaría

Si el *brownie* es poco aceitoso, ¿Cómo se sentiría Ud.?

- Me gustaría
- Debería ser así
- Soy neutral
- Puedo tolerarlo
- No me gustaría

Si el *brownie* NO es poco aceitoso, ¿Cómo se sentiría Ud.?

- Me gustaría
- Debería ser así
- Soy neutral
- Puedo tolerarlo
- No me gustaría

Si el *brownie* es de color oscuro, ¿Cómo se sentiría Ud.?

- Me gustaría
- Debería ser así
- Soy neutral
- Puedo tolerarlo
- No me gustaría

Si el *brownie* NO es de color oscuro, ¿Cómo se sentiría Ud.?

- Me gustaría
- Debería ser así
- Soy neutral
- Puedo tolerarlo
- No me gustaría

Si el *brownie* cruje al masticarlo, ¿Cómo se sentiría Ud.?

- Me gustaría
- Debería ser así
- Soy neutral
- Puedo tolerarlo
- No me gustaría

Si el *brownie* NO cruje al masticarlo, ¿Cómo se sentiría Ud.?

- Me gustaría
- Debería ser así
- Soy neutral
- Puedo tolerarlo
- No me gustaría

Si el *brownie* tiene frutos secos, ¿Cómo se sentiría Ud.?

- Me gustaría
- Debería ser así
- Soy neutral
- Puedo tolerarlo
- No me gustaría

Si el *brownie* NO tiene frutos secos, ¿Cómo se sentiría Ud.?

- Me gustaría
- Debería ser así
- Soy neutral
- Puedo tolerarlo
- No me gustaría

Si el *brownie* tiene superficie crocante, ¿Cómo se sentiría Ud.?

- Me gustaría
- Debería ser así
- Soy neutral
- Puedo tolerarlo
- No me gustaría

Si el *brownie* NO tiene superficie crocante, ¿Cómo se sentiría Ud.?

- Me gustaría
- Debería ser así
- Soy neutral
- Puedo tolerarlo
- No me gustaría

Si el *brownie* tiene sabor fuerte a chocolate, ¿Cómo se sentiría Ud.?

- Me gustaría
- Debería ser así
- Soy neutral
- Puedo tolerarlo
- No me gustaría

Si el *brownie* **NO** tiene sabor fuerte a chocolate, ¿Cómo se sentiría Ud.?

- Me gustaría
- Debería ser así
- Soy neutral
- Puedo tolerarlo
- No me gustaría

Si el *brownie* tiene textura chiclosa al masticarlo, ¿Cómo se sentiría Ud.?

- Me gustaría
- Debería ser así
- Soy neutral
- Puedo tolerarlo
- No me gustaría

Si el *brownie* **NO** tiene textura chiclosa al masticarlo, ¿Cómo se sentiría Ud.?

- Me gustaría
- Debería ser así
- Soy neutral
- Puedo tolerarlo
- No me gustaría

Si el *brownie* tiene cristales de azúcar al morderlo, ¿Cómo se sentiría Ud.?

- Me gustaría
- Debería ser así
- Soy neutral
- Puedo tolerarlo
- No me gustaría

Si el *brownie* **NO** tiene cristales de azúcar al morderlo, ¿Cómo se sentiría Ud.?

- Me gustaría
- Debería ser así
- Soy neutral
- Puedo tolerarlo
- No me gustaría

¿Modificaría algo al cuestionario?

¡Muchas gracias por su participación! ☺

ANEXO 5: PREGUNTAS CATA

NOMBRES Y APELLIDOS:	FECHA:/...../.....	HORA:
	GÉNERO:	

En la siguiente lista, marque con un aspa (✓) o una equis (x) los atributos que describen al *brownie* que Ud. acaba de degustar. Marque todos los que correspondan.

APARIENCIA

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Presencia de frutos secos | <input type="checkbox"/> Masa bien ligada |
| <input type="checkbox"/> Color oscuro | <input type="checkbox"/> Húmedo |

TEXTURA

- | | |
|---|-----------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Duro | <input type="checkbox"/> Aceitoso |
| <input type="checkbox"/> Superficie crujiente | <input type="checkbox"/> Chicloso |

SABOR

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Suave | <input type="checkbox"/> Dulce |
| <input type="checkbox"/> Crocante | <input type="checkbox"/> Salado |
| <input type="checkbox"/> Presencia de cristales de azúcar | <input type="checkbox"/> Chocolate amargo |

OBSERVACIONES:.....
.....

¡Muchas gracias por su participación!

ANEXO 6: FICHA DE EVALUACIÓN PARA LA IDENTIFICACIÓN DE SABORES BÁSICOS

Nombre: ----- Fecha: -----

Indicaciones: En los seis vasos hay sustancias con sabor ácido, salado, dulce, amargo, agua y una repetición de estos. Identificar los sabores probándolos en el orden indicado y anotando las respuestas en el formato.

CÓDIGO	SABOR
.....
.....
.....
.....
.....
.....

¡Muchas gracias por su participación!

ANEXO 7: FICHA DE EVALUACIÓN PRUEBA DE ORDENAMIENTO PARA LA CARACTERÍSTICA SENSORIAL DE DUREZA

NOMBRES Y APELLIDOS:.....	FECHA: .../.../...
	HORA:
EDAD: SEXO: M / F	

Ante Ud. hay diez muestras alimenticias, por favor evalúelas cada una de ellas y luego ordénelas crecientemente en función a la característica textural de dureza, en donde 1 = menos duro y 10 = más duro.

MUESTRA ALIMENTICIA	POSICIÓN DE MUESTRA EN FUNCIÓN A LA DUREZA

Observaciones:.....

¡Muchas gracias por su participación!

ANEXO 8: PRUEBAS TRIANGULARES REALIZADAS PARA DETERMINAR EL GRADO DE ENTRENAMIENTO

A. Se evaluaron *brownies* elaborados con dos tipos de harinas: con gluten (Blanca flor) y sin gluten (Red Mill's). La muestra A correspondía a *brownies* elaborados con harina con gluten, mientras que la muestra B fue elaborada con harina sin gluten. Se les pidió a los panelistas identificar la muestra diferente y se realizaron dos repeticiones. Un grupo de jueces recibieron las combinaciones ABB-BAB y otro BBA-AAB.

B.- Se evaluaron mini-*cupcakes* elaborados con harina sin gluten con diferentes tiempos de cocción. La muestra A se cocinó por 45 minutos y la muestra B por 70 minutos. Se realizaron dos repeticiones de la evaluación y se les pidió a los panelistas que identificaran a la muestra diferente. Un grupo de jueces recibieron las combinaciones BAB-ABB y otro BAA-ABA.

C.- Se evaluaron *brownies*, de ellos la muestra A contenía en su formulación cobertura de chocolate, mientras que la muestra B fue elaborada sólo con cocoa. Se realizaron dos repeticiones de la evaluación y se les pidió a los panelistas que identificaran a la muestra diferente en cuanto al amargor. Un grupo de jueces recibieron las combinaciones BAB-ABA y otro BAB-AAB.

D.- Se evaluaron *brownies*, de ellos la muestra A contenía en su formulación cobertura de chocolate, mientras que la muestra B fue elaborada sólo con cocoa. Se realizaron dos repeticiones de la evaluación y se les pidió a los panelistas que identificaran a la muestra diferente en cuanto al color. Un grupo de jueces recibieron las combinaciones BAB-ABA y otro BAB-AAB

E.- Se evaluaron mini-*cupcakes*. La muestra A contenía 30% de la azúcar, mientras que la muestra B contenía 40%. Se realizaron dos repeticiones de la evaluación y se les pidió a los panelistas que identificaran a la muestra diferente en cuanto al dulzor. Un grupo de jueces recibieron las combinaciones BAB-ABA y otro BAA-ABB.

F.- Se evaluaron *brownies* elaboradas con diferente contenido de margarina. La muestra A contenía 15% de margarina, mientras que la muestra B contenía 35%. Se realizaron dos

repeticiones de la evaluación y se les pidió a los panelistas que identificaran a la muestra diferente. Un grupo de jueces recibieron las combinaciones BAB-ABB y otro BAB-AAB.

G.- Se evaluaron mini-*cupcakes* elaborados con dos tipos de harinas: con gluten (Blanca flor) y sin gluten (Red Mill's). La muestra A correspondía a mini-*cupcakes* elaborados con harina con gluten, mientras que la muestra B fue elaborada con harina sin gluten. Se les pidió a los panelistas identificar la muestra diferente y se realizaron dos repeticiones. Un grupo de jueces recibieron las combinaciones ABB-BAB y otro BBA-AAB

H.- Se evaluaron tajadas de queque, de ellos la muestra A contenía en su formulación cobertura de chocolate, mientras que la muestra B fue elaborada sólo con cocoa. Se realizaron dos repeticiones de la evaluación y se les pidió a los panelistas que identificaran a la muestra diferente en cuanto al color. Un grupo de jueces recibieron las combinaciones BAB-ABA y otro BAB-AAB.

I.- Se evaluaron tajadas de queque, de ellos la muestra A contenía en su formulación cobertura de chocolate, mientras que la muestra B fue elaborada sólo con cocoa. Se realizaron dos repeticiones de la evaluación y se les pidió a los panelistas que identificaran a la muestra diferente en cuanto al amargor. Un grupo de jueces recibieron las combinaciones BAB-ABA y otro BAB-AAB.

J.- Se evaluaron *brownies*. La muestra A contenía 30% de la azúcar, mientras que la muestra B contenía 40%. Se realizaron dos repeticiones de la evaluación y se les pidió a los panelistas que identificaran a la muestra diferente en cuanto al dulzor. Un grupo de jueces recibieron las combinaciones BAB-ABA y otro BAA-ABB.

K.- Se evaluaron galletas de chocolate elaboradas con harina sin gluten con diferentes tiempos de cocción. La muestra A se cocinó por 20 minutos y la muestra B por 30 minutos. Se realizaron dos repeticiones de la evaluación y se les pidió a los panelistas que identificaran a la muestra diferente. Un grupo de jueces recibieron las combinaciones BAB-ABB y otro BAA-ABA.

ANEXO 9: FICHA DE EVALUACIÓN DE LA PRUEBA TRIANGULAR

PRUEBA DEL TRIANGULO

Nombre: _____ **Hora:** _____ **Fecha:** _____

En frente suyo hay tres muestras codificadas, dos son iguales y una es diferente; comenzando de la izquierda, evalúe las muestras y circule la que es diferente de las otras dos. Usted puede reevaluar las muestras en el mismo orden indicado. Usted debe tomar una decisión.

624

801

199

ANEXO 10: RESULTADOS DE LAS PRUEBAS TRIANGULARES Y EL ANÁLISIS SECUENCIAL PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS MIEMBROS DEL PANEL DE JUECES.

Juez	Total de pruebas	Límite inferior	Límite superior	Total de correctas	Forma parte del panel
1	22	9	13	18	sí
2	22	9	13	19	sí
3	22	9	13	18	sí
4	22	9	13	12	no
5	22	9	13	11	no
6	22	9	13	16	sí
7	22	9	13	9	no
8	22	9	13	20	sí
9	22	9	13	19	sí
10	22	9	13	12	no
11	22	9	13	10	no
12	22	9	13	15	sí
13	22	9	13	10	no
14	22	9	13	21	sí

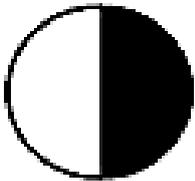
ANEXO 11: EJERCICIOS DE ESCALA

NOMBRES Y APELLIDOS	
FECHA:	HORA:

INSTRUCCIONES:

Marcar en la línea a la derecha para indicar la proporción del área que se encuentra sombreada.

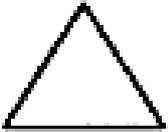
EJEMPLOS:



Nada  Todo



Nada  Todo



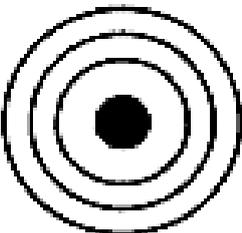
Nada  Todo

1.



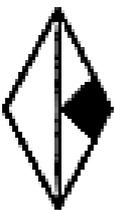
Nada  Todo

2.



Nada  Todo

3.



Nada  Todo

4.



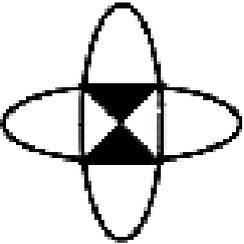
Nada |-----| Todo

5.



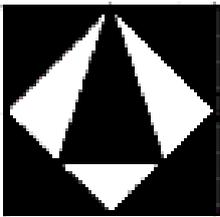
Nada |-----| Todo

6.



Nada |-----| Todo

7.



Nada |-----| Todo

8.



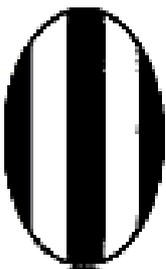
Nada |-----| Todo

9.



Nada |-----| Todo

10.



Nada |-----| Todo

ANEXO 12: GLOSARIO SENSORIAL DE LOS BROWNIES

Definiciones y procedimientos para la caracterización sensorial de *Brownies* (adaptado de Muñoz y Civille 1987; citados por Bourne 2002):

1. Superficie

Sostener el *brownie* cerca de la boca para que la lengua y los labios puedan pasar sobre la muestra. Evaluar lo siguiente:

- Color marrón: Percepción visual de un color con tonalidad marrón oscuro, con bajo grado de luminosidad
- Costra Superficial: Grado de abrasividad en la superficie del *brownie*, percibido por la lengua
- Masa heterogénea: masa no uniforme con presencia de partículas; tales como: frutos secos, azúcar, harina, etc.

2. Compresión parcial

Morder un pedazo del *brownie* con los incisivos y colocarlo entre su lengua y su paladar. Comprimir ligeramente sin romper la estructura. Evaluar lo siguiente:

- Elasticidad: fuerza con la cual la muestra vuelve a su tamaño/forma original, después de la compresión parcial.

3. Primera mordida

Morder el *brownie* con los incisivos aplicando una fuerza constante. Evaluar lo siguiente:

- Firmeza: fuerza requerida para morder completamente el producto.
- Cohesividad: Cantidad de deformación sufrida por el material antes de la ruptura, al morder completamente la muestra.

4. Primera masticación

Tomar otro bocado del *brownie* y coloca la pieza entre tus molares. Morder a través de la muestra completamente y evaluar lo siguiente:

- Dulzor: percepción del gusto básico dulce
- Salado: percepción del gusto básico salado
- Amargo: percepción del gusto básico amargo
- Pegajosidad (extracción de los dientes): fuerza necesaria para separar la muestra de los molares después de masticarlos.

5. Masticación

Morder un pedazo del *brownie* y formar el bolo alimenticio con los molares (8-10 masticadas). Evaluar lo siguiente:

- Cohesividad de la masa: grado en que la masa (bolo) se mantiene unida.
- Humedad: sensación de humectación de la muestra en el paladar.
- Granulosidad: presencia de partículas percibidas en la muestra durante la masticación

Residual

Expectorar el producto y evaluar:

- Aceitosidad: Grado en que la superficie del paladar se siente aceitosa.

ANEXO 13: EVALUACIÓN DE LOS ATRIBUTOS EN SUS TRES ETAPAS MASTICATORIAS- QDA

NOMBRES Y APELLIDOS: 	FECHA:/...../.....
	HORA:

INDICACIONES:

Por favor identifique las características sensoriales de textura en cada una de las etapas del proceso de masticación – en la sensación bucal.

PRODUCTO: _____

FASE	CARACTERÍSTICA EN ORDEN DE APARICIÓN
INICIAL	_____ _____ _____
INTERMEDIA O MASTICATORIA	_____ _____ _____ _____ _____
FINAL O RESIDUAL	_____ _____ _____

OBSERVACIONES

.....
.....

¡Muchas gracias por su participación!

ANEXO 14: MEDICIÓN DE LA INTENSIDAD DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL ALIMENTO- QDA

NOMBRES Y APELLIDOS:	FECHA:/...../.....
	HORA:

Medir la intensidad de las características del alimento haciendo uso de la escala lineal.

CÓDIGO DE LA MUESTRA: _____

Características	Poco	Mucho
1.	-----	
2.	-----	
3.	-----	
4.	-----	
5.	-----	

OBSERVACIONES

.....
.....

¡Muchas gracias por su participación!

ANEXO 15: CÓDIGOS DEL SOFTWARE R-STUDIO.

a. ANÁLISIS PROCRUSTES GENERALIZADO

#Paquetes requeridos

```
library(FactoMineR)
library(ggplot2)
library("SensomineR")
```

#Lectura de datos

```
Datos <- read.csv("D:/TesisEPG/RepertoryGrid.csv",header=TRUE, sep = ";",row.names = 1)
```

#Análisis Procrustes Generalizado (APG)

```
res.gpa <- GPA(Datos, group=c(17,16,14,13,12,12,11,11,10,10,8,6,6,7,3,3,4,7,8,9),
name.group=c("1","2","3","4","5","6","7","8","9","10","11","12","13","14","15","16","17",
"18","19","20"), graph = F)
```

#Factores de escalamiento

```
round(res.gpa$scaling,2)
```

#Varianza (residual y total) por panelista

```
round(res.gpa$ANOVA$config,2)
```

Varianza (consenso o real, residual y total) explicada entre las Dimensiones de la Configuración Consenso

```
round(res.gpa$ANOVA$dimension,2)
```

#Varianza de muestra por Dimensiones, por separado

```
round(res.gpa$ANOVA$contribindivdim,2)
```

#Varianza consenso, residual y total por muestra

```
round(res.gpa$ANOVA$objet,2)
```

#Gráfica parcial

```
plotGPApartial(res.gpa)
```

#Gráfica parcial de todas las muestras

```
plot.GPA(res.gpa)
```

b. DISEÑO DE BLOQUES COMPLETOS AL AZAR

#Paquetes requeridos

```
library(agricolae)
library(nortest)
library(multcomp)
```

#Lectura de datos

```
Datos <- read.csv("D:/TesisEPG/QDA.csv",header=TRUE, sep = ";")
```

#Creando valores numéricos

```
Color_marrón<-Datos [,3]  
Costra_superficial<- Datos [,4]  
Uniformidad_masa<- Datos [,5]  
Elasticidad<- Datos [,6]  
Firmeza<- Datos [,7]  
Dulzor<- Datos [,8]  
Amargo<- Datos [,9]  
Humedad<- Datos [,10]  
Aceitosidad<- Datos [,11]
```

creando factores

```
Panelista<-as.factor(Datos[,2])  
Muestra<-as.factor(Datos [,1])
```

Ejemplo para el descriptor "marrón"

```
# ANVA: Color_marrón #  
mod<-lm(Color_marrón~Panelista+Muestra)  
anva<-anova(mod)  
anva
```

#Normalidad de errores (Anderson - Darling)

```
ad.test(residuals(mod))
```

#Homogeneidad de varianzas (Esfericidad de Barlet)

```
bartlett.test(Color_marrón ~Muestra, data=Datos)
```

#Comparación múltiple TUKEY

```
amod<-aov(Color_marrón ~Consumidor+Muestra)  
comptipos1<-glht(amod,linfct=mcp(Muestra="Tukey"))  
summary(comptipos1)
```

#Gráfica

```
plot(TukeyHSD(amod))
```

c. ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES

Paquetes requeridos

```
library("FactoMineR")  
library(ggplot2)  
library("factoextra")
```

Lectura de datos

```
Datos <- read.csv("D:/TesisEPG/ACP.csv",header=TRUE, sep = ";")
```

#PCA

```
res.pca <- PCA(Datos, graph = T)
```

```
# Cálculo de autovalores  
eig.val <- get_eigenvalue(res.pca)  
eig.val # Autovalores
```

```
# Biplot  
fviz_pca_biplot(res.pca, repel = TRUE,  
col.var = "#2E9FDF", # color de variables  
col.ind = "#696969", # color de individuos  
)
```

d. COEFICIENTE DE CORRELACIÓN VECTORIAL

```
#Paquetes requeridos  
library(coeffRV)
```

```
#Lectura de datos de CATA
```

```
Datos <- read.csv("D:/TesisEPG/TABLA CONTINGENCIA.csv",header=TRUE, sep =  
",")  
Cata<-Datos[,2:15]
```

```
#Análisis de correspondencia (AC)  
res.ca <- CA (Cata)
```

```
#Coordenadas de las muestras en el AC  
res.ca$row$coord
```

```
#Lectura de datos de QDA
```

```
Datos2 <- read.csv("D:/TesisEPG/PROMEDIOQDA.csv",header=TRUE, sep = ",")  
QDA<-Datos2[,2:10]
```

```
#Análisis de componentes principales (ACP)  
res.pca = PCA(QDA, scale.unit=F, ncp=5, graph=T)
```

```
#Coordenadas de las muestras en el ACP  
res.pca$ind$coord
```

```
#Coeficiente de correlación vectorial  
> coeffRV(res.ca$row$coord,res.pca$ind$coord)
```

ANEXO 16: ANÁLISIS DE VARIANCIAS DEL ANÁLISIS DESCRIPTIVO CUANTITATIVO-QDA

Muestra	Juez	Color marrón	Costra superficial	Masa heterogénea	Elasticidad	Firmeza	Dulzor	Amaror	Humedad	Aceitosidad
D	1	2,1	2,5	2	3,7	3,3	6,7	1,5	5	2,2
D	2	2,3	4,2	2,8	4,1	2,2	8	1,7	4,8	4
D	3	1,9	3,1	2,7	3,8	2,8	7,1	1,2	3,6	3,5
D	4	2,9	2,9	3	4,2	3,1	6,8	2,8	3,9	3,1
D	5	1,5	3,4	2,2	4,9	2,2	7,9	1,1	4,8	3,3
D	6	1,5	3,5	4	4,2	3,9	8,1	0,9	5,1	3,7
F	1	6,5	4,9	6,8	6,7	1,5	5,6	4,9	4,8	4,2
F	2	6,2	5	6,3	6,3	2,3	6,5	4,8	4,8	5,6
F	3	5,7	6,3	6,1	5,7	2,6	6,6	5,1	5,3	5,4
F	4	5,9	5,7	6,9	5,2	2,1	5,9	4,3	5,5	4,2
F	5	7,4	6,4	7,1	5,7	1,5	6,2	5,8	6,8	4,5
F	6	6	6,6	8,3	5,5	1,7	5,3	4,6	4,7	3,9
G	1	9,5	1	2	6,4	1,9	6	6,8	4,2	1,8
G	2	9,5	2,1	1,6	5,3	2,4	6,3	7,1	4,2	2,2
G	3	8,8	0,7	0,8	5,1	1	5,9	6,7	4,3	3,5
G	4	9,5	1,9	1,8	4,9	1,3	6,1	7,2	3,3	3,3
G	5	8,9	0,7	1	6,1	0,8	6,7	6,9	4,7	2,9
G	6	9,3	1,6	1,1	5,1	1,9	6,5	5,9	3,3	2,1

Para todos los casos, se consideraron los supuestos de normalidad de los errores y la homogeneidad de varianzas, que fueron evaluados a un $\alpha = 0,05$.

Supuesto de normalidad:

Ho: los errores se distribuyen normalmente

H1: los errores no se distribuyen normalmente

Supuesto de homogeneidad de varianzas

$$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2 = \sigma_4^2 = \sigma^2$$

H_1 : Al menos un σ_i^2 es diferente $i = 1, 2, 3, 4$

a. Color marrón

Normalidad p-valor = 0,3671 > α , no se rechaza la Ho.

Homogeneidad de varianza p-valor = 0,4 > α , no se rechaza la Ho.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p	Sig
<i>brownie</i>	2	157.888	78.944	282.7278	1.585 e-09	*
Juez	5	1.004	0.201	0.7195	0.6236	n.s.
Error	10	2.792	0.279			

b. Costra superficial

Normalidad p-valor = 0,3724 > α , no se rechaza la Ho.

Homogeneidad de varianza p-valor = 0,8672 > α , no se rechaza la Ho.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p	Sig
<i>brownie</i>	2	60.681	30.3406	74.1420	1.007e-06	*
Juez	5	2.203	0.4406	1.0766	0.4286	n.s.
Error	10	4.092	0.4092			

c. Masa heterogénea

Normalidad p-valor = 0,8792 > α , no se rechaza la Ho.

Homogeneidad de varianza p-valor = 0,5949 > α , no se rechaza la Ho.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p	Sig
<i>brownie</i>	2	99.324	49.662	132.9447	6.256e-08	*
Juez	5	2.929	0.586	1.5684	0.2544	n.s.
Error	10	3.736	0.374			

d. Elasticidad

Normalidad p-valor = 0,2345 > α , no se rechaza la Ho.

Homogeneidad de varianza p-valor = 0,7273 > α , no se rechaza la Ho.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p	Sig
<i>brownie</i>	2	9.6044	4.8022	20.6202	0.0002831	*
Juez	5	1.9694	0.3939	1.6913	0.2240687	n.s
Error	10	2.3289	0.2329			

e. Firmeza

Normalidad p-valor = 0,5416 > α , no se rechaza la Ho.

Homogeneidad de varianza p-valor = 0,7154 > α , no se rechaza la Ho.

Análisis de Varianza (Masticabilidad)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p	Sig
<i>brownie</i>	2	157.888	78.944	282.7278	1.585 e-09	*
Juez	5	5.9244	2.96222	8.7238	0.006419	n.s
Error	10	3.3956	0.33956			

f. Dulzor

Normalidad p-valor = 0,1137 > α , no se rechaza la Ho.

Homogeneidad de varianza p-valor = 0,3259 > α , no se rechaza la Ho.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p	Sig
<i>brownie</i>	2	6.9233	3.4617	16.7230	0.000646	*
Juez	5	1.7467	0.3493	1.6876	0.224926	n.s
Error	10	2.0700	0.2070			

g. Amargor

Normalidad p-valor = 0,0901 > α , no se rechaza la Ho.

Homogeneidad de varianza p-valor = 0,6775 > α , no se rechaza la Ho.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p	Sig
<i>brownie</i>	2	84.514	42.257	138.7505	5.091e-08	*
Juez	5	1.669	0.334	1.0963	0.4197	n.s
Error	10	3.046	0.305			

h. Humedad

Normalidad p-valor = 0,2674 > α , no se rechaza la Ho.

Homogeneidad de varianza p-valor = 0,7627 > α , no se rechaza la Ho.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p	Sig
<i>brownie</i>	2	5.2633	2.63167	6.640	0.01462	*
Juez	5	2.7783	0.55567	1.402	0.30298	n.s
Error	10	3.9633	0.39633			

i. Aceitosidad

Normalidad p-valor = 0,7577 > α , no se rechaza la Ho.

Homogeneidad de varianza p-valor = 0,9611 > α , no se rechaza la Ho.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p	Sig
<i>brownie</i>	2	12.4444	6.2222	20.2312	0.0003056	*
Juez	5	3.7511	0.7502	2.4393	0.1078713	n.s
Error	10	3.0756	0.3076			