



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

Unidad Iztapalapa

División de Ciencias Biológicas y de la Salud

Posgrado en Biotecnología

“MEDICIONES IMPLÍCITAS Y EXPLÍCITAS DE LAS RESPUESTAS EMOCIONALES EN ESTUDIOS CON CONSUMIDORES”

TESIS

Que para obtener el grado de
MAESTRA EN BIOTECNOLOGÍA

Presenta

Ilse Gómez Gómez

Matrícula: 2233803955

Correo: cbs2233803955@izt.uam.mx

Director de Tesis

Dr. Héctor B. Escalona Buendía

Asesoras

Dra. María Aurora Pintor Jardines

Dra. Carla Alejandra Márquez Muñoz

Iztapalapa, Ciudad de México a 16 de marzo de 2026

El jurado designado por la División de Ciencias Biológicas y de la Salud de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa aprobó la tesis:

**“MEDICIONES IMPLÍCITAS Y EXPLÍCITAS DE LAS RESPUESTAS EMOCIONALES
EN ESTUDIOS CON CONSUMIDORES”**

que presentó

Ilse Gómez Gómez

Comité tutorial:

Director: Dr. Héctor B. Escalona Buendía (UAMI)

Asesora: Dra. María Aurora Pintor Jardines (UAMI)

Asesora: Dra. Carla Alejandra Márquez Muñoz (IBERO)

Jurado:

Presidenta: Dra. María Aurora Pintor Jardines

Secretaria: Dra. Patricia Severiano Pérez

Vocal: Dra. Carla Alejandra Márquez Muñoz

Vocal: Dra. Laura Mercedes Santiago Fuentes

El Posgrado en Biotecnología de la Universidad Autónoma Metropolitana está incluido en el Sistema Nacional de Posgrados (SNP) de la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) y además cuenta con apoyo del mismo Consejo.

Este trabajo fue realizado con el apoyo de la SECIHTI (Becaria: 1332077) en el Laboratorio de Evaluación Sensorial y Estudios con Consumidores del Departamento de Biotecnología de la División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, bajo la dirección del Dr. Héctor B. Escalona Buendía.

**Ciencia y
Tecnología**

Secretaría de Ciencia, Humanidades,
Tecnología e Innovación



Agradecimientos

Al Dr. Héctor Escalona, quien me abrió las puertas del laboratorio de evaluación sensorial desde mi servicio social y compartió conmigo su entusiasmo y conocimiento del área. Gracias a personas como usted me reafirma que en la UAM hay muchos doctores que destacan no solo por ser expertos en su área sino por la calidad humana que los caracteriza. Sé que nunca encontraré las palabras suficientes para describir todo lo que me ha ayudado, pero sepa que siempre será mi doctor favorito de la UAM.

A la Dra. Aurora, por todos los momentos que hemos compartido, su respaldo en mi trabajo y, sobre todo, las pláticas que tuvimos. Los consejos de alguien tan amable y paciente como usted me sirvieron más de lo que imagina.

A la Dra. Laura, quien apareció de manera inesperada en este proyecto, pero sin su ayuda no hubiera podido desarrollar satisfactoriamente la última etapa del mismo. Gracias a su paciencia y a sus conocimientos en esta área que era nueva para mí, pude sentirme menos abrumada y tener mayor confianza al momento de analizar los resultados.

A la Dra. Carla y la Dra. Patricia, cuyos comentarios sobre mi trabajo me permitieron mejorar tanto el diseño de las pruebas con consumidores como la versión final de esta tesis.

A Juan, por la convivencia durante las pruebas, por ayudarme a reclutar participantes cuando no sabía a quién más acudir y por tu colaboración en la adquisición y análisis de las mediciones fisiológicas.

A todas las personas que participaron en mis pruebas, por su tiempo y disposición. Sin ustedes no hubiera sido posible obtener datos tan interesantes.

A la Dra. Frida y al Dr. Ramón, por recibirme siempre con gusto en sus laboratorios y por los momentos tan gratos que hemos podido compartir. Son, sin duda, los mejores vecinos, y gracias a ustedes esos espacios han tenido siempre un ambiente cálido y científico a la vez.

A mis amigos y compañeros de la UAM, Yareth, Pedro, Cecy, Adrián, Erick, Salvador, Isa, Carlos y Saleh, quienes siempre encontraron un momento, en medio sus actividades, para compartir una comida o simplemente convivir. Y a Karen, a quien no esperaba conocer pero que se volvió una de las mejores sorpresas de esta etapa. Te admiro mucho y tu amistad hizo la maestría y los viajes mucho más divertidos.

A mis amigas Luisa, Brenda, Liz, Nadia y Monse, gracias por escucharme siempre y tenerme tanta paciencia cuando no quería convivir porque se me agotaba la pila social con mis pruebas.

A mi mamá, por el apoyo incondicional que me has brindado en todo lo que me he propuesto. Tu esfuerzo de cada día ha sido fundamental para convertirme en quien soy ahora.

Finalmente, a la Universidad Autónoma Metropolitana, por permitirme formar parte de esta institución y por los apoyos recibidos, gracias a los cuales pude perfeccionar mis conocimientos en francés y participar en un congreso en Estados Unidos. Asimismo, agradezco a la Unidad Lerma de la misma institución por brindarme acceso al software FaceReader, herramienta fundamental para el desarrollo de esta investigación. Esta institución también me dio la oportunidad de conocer a doctores y doctoras extraordinarios y muy generosos; si los mencionara a todos, esta sección no tendría fin, pero sepan que los recuerdo con mucho cariño. De igual manera, agradezco a SECIHITI por la beca otorgada durante mi estancia en la maestría.

Tabla de contenido

Resumen.....	1
Abstract.....	2
Glosario	3
Introducción	4
Pruebas con consumidores	4
Medición de las respuestas emocionales en pruebas con consumidores	6
¿Qué es una emoción?.....	6
Metodologías para medir la respuesta emocional hacia alimentos	8
Métodos cognitivos.....	10
Métodos conductuales.....	11
Métodos de las mediciones fisiológicas	13
BITalino.....	16
Métodos estadísticos utilizados en pruebas con consumidores.....	17
Mapa proyectivo	17
Análisis de Procrustes Generalizado (GPA)	17
Análisis Factorial Múltiple (MFA).....	18
Clusterización aglomerativa	18
ANOVA.....	18
Pruebas no paramétricas	19
Wilcoxon.....	20
Mann-Whitney U.....	20
Kruskal-Wallis.....	20
Friedman.....	20
Nemenyi	20
Antecedentes	21
Justificación	23
Objetivo general	24
Objetivos específicos	24
Hipótesis.....	24
Metodología	25
Determinación de la metodología para la medición cognitiva explícita (emojis)	27
Metodología	27

Resultados	29
Prueba con imágenes-Aplicación de las metodologías de emojis y FaceReader	32
Metodología	32
Resultados y discusión	36
Prueba esfuerzo masticatorio-Aplicación de las metodologías de emojis, FaceReader y ANS	48
Metodología	48
Resultados y Discusión	52
Prueba de chocolates.....	62
Metodología	62
Resultados	66
Resumen resultados.....	77
Discusión Global	78
Conclusión	80
Anexos.....	82
Anexo 1-Escalas utilizadas en las pruebas.....	82
Anexo 2-Datos demográficos de las pruebas sensoriales	83
Prueba con imágenes.....	83
Prueba esfuerzo masticatorio.....	84
Prueba de chocolates	85
Anexo 3- Prueba de Friedman y Nemenyi para las expresiones faciales y los emojis seleccionados de la prueba de esfuerzo masticatorio.....	86
Expresiones faciales	86
Emojis.....	88
Anexo 4-Clusterización aglomerativa de los datos de agrado en la prueba de esfuerzo masticatorio ..	91
Anexo 5-Prueba de Friedman ($\alpha=0.05$) para la tristeza medida en los 5 segundos de consumo del Danonino, chocolate y galleta.	92
Anexo 6-Clusterización aglomerativa de los datos de agrado en la prueba de chocolates	93
Anexo 7- Póster presentado en el congreso 16th Pangborn Sensory Science Symposium - Connecting Senses and Minds en Filadelfia, Estados Unidos	94
Fuentes consultadas	95

Índice de figuras

Figura 1. Modelo circunflejo de emociones.....	7
Figura 2. Los procesos de retroalimentación en las emociones muestran cómo se evalúa la información sensorial y se traduce en una acción u otro resultado que establece la relación entre el individuo y el evento desencadenante (Plutchik, 2001).....	8
Figura 3. Pasos del procesamiento y clasificación de las expresiones faciales utilizado por FaceReader (Noldus, 2021).	12
Figura 4. Forma de onda ECG estándar e intervalo RR (Appelhans & Luecken, 2006).....	14
Figura 5. Una respuesta típica de la EDA (Posada-Quintero & Chon, 2020).....	15
Figura 6. Descomposición de los datos de la EDA en los componentes tónicos y fásicos (Posada-Quintero & Chon, 2020).....	16
Figura 7. Transformaciones de Procrustes	17
Figura 8. Pruebas sensoriales y mediciones realizadas. Abreviaturas: HR, frecuencia cardíaca; EDA, actividad electrodérmica; ANS, sistema nervioso autónomo.	25
Figura 9. Presentación del mapa proyectivo en el software de FIZZ.....	28
Figura 10. Conjunto de imágenes empleadas en el estudio, organizadas según el orden presentado en la Tabla 6.....	33
Figura 11. Metodología para la prueba sensorial con imágenes.....	33
Figura 12. Presentación de la pregunta de la evaluación emocional con emojis usando una escala de 5 puntos.	34
Figura 13. Muestras de Danonino, chocolate y galleta con chispas de chocolate.	48
Figura 14. Metodología para la prueba sensorial evaluando el efecto masticatorio.	49
Figura 15. Posicionamiento del sensor POLAR en la parte superior del abdomen.	49
Figura 16. Muestras de chocolate utilizadas en la prueba.	62
Figura 17. Posicionamiento de los electrodos para la medición del ECG y EDA. Imágenes obtenidas del manual de uso de BITalino.	63
Figura 18. Metodología para la prueba sensorial de chocolates.	63

Índice de gráficos

Gráfico 1. Mapa consenso del mapa proyectivo	30
Gráfico 2. Dendograma con 12 clases del GPA.	31
Gráfico 3. Medias de los rangos de valencia obtenidos por medio del FaceReader. Valores con letras diferentes indican diferencias significativas entre imágenes ($p < 0.05$, prueba de Friedman y Nemenyi con $\alpha=0.05$).	36
Gráfico 4. Medias de los rangos de excitación obtenidos por medio del FaceReader. Valores con letras diferentes indican diferencias significativas entre imágenes ($p < 0.05$, prueba de Friedman y Nemenyi con $\alpha=0.05$).	37
Gráfico 5. Medias de los rangos de las respuestas del nivel de agrado de las imágenes. Valores con letras diferentes indican diferencias significativas entre imágenes ($p < 0.05$, prueba de Friedman y Nemenyi con $\alpha=0.05$).	38
Gráfico 6. Medias de los rangos de las respuestas de disposición de consumo de las imágenes. Valores con letras diferentes indican diferencias significativas entre imágenes ($p < 0.05$, prueba de Friedman y Nemenyi con $\alpha=0.05$).	38
Gráfico 7. Medias de los rangos de las respuestas de familiaridad de las imágenes. Valores con letras diferentes indican diferencias significativas entre imágenes ($p < 0.05$, prueba de Friedman y Nemenyi con $\alpha=0.05$).	39
Gráfico 8. Medias de la intensidad de neutral.	40
Gráfico 9. Medias de la intensidad de alegría.	40
Gráfico 10. Medias de la intensidad de tristeza.	40
Gráfico 11. Medias de la intensidad de enojo.	40
Gráfico 12. Medias de la intensidad de sorpresa.	41
Gráfico 13. Medias de la intensidad de miedo.	41
Gráfico 14. Medias de la intensidad de disgusto.	41
Gráfico 15. Frecuencias del emoji de cara enfadada.	42
Gráfico 16. Frecuencias del emoji de cara resoplando.	42
Gráfico 17. Frecuencias del emoji de cara sonrojada.	42
Gráfico 18. Frecuencias del emoji de cara desanimada.	42
Gráfico 20. Frecuencias del emoji de cara vomitando.	43
Gráfico 19. Frecuencias del emoji de cara desesperada.	43
Gráfico 21. Frecuencias del emoji de cara neutral.	43
Gráfico 22. Frecuencias del emoji de cara estupefacta.	43
Gráfico 24. Frecuencias del emoji de cara sacando la lengua.	44
Gráfico 23. Frecuencias del emoji de cara sonriendo con ojos de corazón.	44
Gráfico 25. Frecuencias del emoji de cara feliz con ojos sonrientes.	44
Gráfico 26. Frecuencias del emoji de cara sonriendo con gafas de sol.	44
Gráfico 27. Correlación entre las variables medidas.	45
Gráfico 28. Proyección de observaciones en los ejes principales del MFA.	46
Gráfico 29. Relación entre las observaciones (imágenes) y los puntos proyectados (F, FaceReader y E, Emojis).	47
Gráfico 30. Medias de los rangos del nivel de agrado y disposición de consumo de las muestras analizadas.	52

Gráfico 31. Resultados de la tasa de cambio de HR en la visualización de las muestras.	56
Gráfico 32. Resultados de la tasa de cambio de HR en el consumo de las muestras.....	58
Gráfico 33. Resultados de la tasa de cambio de RMSSD en el consumo de las muestras.	58
Gráfico 34. Promedio de los resultados del FaceReader para la muestra de Danonino en 5 segundos. ...	59
Gráfico 35. Promedio de los resultados del FaceReader para la muestra de chocolate en 5 segundos. ...	59
Gráfico 36. Promedio de los resultados del FaceReader para la muestra de galleta en 5 segundos.....	59
Gráfico 37. Correlación entre las variables medidas.	60
Gráfico 38. Proyección de observaciones en los ejes principales del MFA, HR y RMSSD.....	61
Gráfico 39. Medias de los rangos del nivel de agrado de las muestras analizadas. Valores con letras diferentes indican diferencias significativas entre muestras ($p < 0.05$, prueba de Friedman y Nemenyi con $\alpha=0.05$).	66
Gráfico 40. Medias de los rangos de la cantidad consumida de las muestras analizadas. Valores con letras diferentes indican diferencias significativas entre muestras ($p < 0.05$, prueba de Friedman y Nemenyi con $\alpha=0.05$).	67
Gráfico 41. Medias de los rangos de las expresiones faciales del consumo de los chocolates excluyendo la expresión neutral. Valores con letras diferentes indican diferencias significativas entre muestras ($p < 0.05$, prueba de Friedman y Nemenyi con $\alpha=0.05$)	67
Gráfico 42. Medias de los rangos de los emojis seleccionados para los chocolates. Valores con letras diferentes indican diferencias significativas entre muestras ($p < 0.05$, prueba de Friedman y Nemenyi con $\alpha=0.05$).	69
Gráfico 43. Resultados de la tasa de cambio de HR en el consumo de los chocolates.	71
Gráfico 44. Resultados de la tasa de cambio de RMSSD en el consumo de los chocolates.	72
Gráfico 45. Resultados de la EDA fásica promedio en el consumo de los chocolates.....	73
Gráfico 46. Resultados de las respuestas fásicas en el consumo de los chocolates.	73
Gráfico 47. Correlación entre las variables medidas. SCR.= EDA fásica promedio, nSCR= no. respuestas fásicas, Cantidad cons.= cantidad consumida.	74
Gráfico 48. Proyección de observaciones en los ejes principales del MFA.	75

Índice de tablas

Tabla 1. Métodos incorporados en la medición de las respuestas emocionales a alimentos con tres niveles de medición (cognitivo, comportamiento y fisiológico) y dos niveles de procesamiento emocional (implícito y explícito) (YQ Low et al., 2022).	9
Tabla 2. Nombres de las unidades de acción (AU) del sistema de codificación de acciones faciales (FACS).	12
Tabla 3. Principales respuestas simpáticas y parasimpáticas del sistema nervioso autónomo (Massaro & Pecchia, 2019).	13
Tabla 4. Emojis seleccionados.	27
Tabla 5. Resultados y análisis estadístico en base a los residuales de GPA, utilizando $\alpha=0.05$.	29
Tabla 6. Imágenes utilizadas en la prueba sensorial.	32
Tabla 7. Nivel de agrado con su equivalencia numérica utilizada.	35
Tabla 8. Coeficientes Rv obtenidos del MFA.	47
Tabla 9. Prueba de Friedman para las expresiones faciales al ver las muestras con $\alpha=0.05$.	53
Tabla 10. Prueba de Friedman y Nemenyi para las expresiones faciales en el consumo de las muestras con $\alpha=0.05$.	54
Tabla 11. Prueba de Friedman y Wilcoxon para los emojis con $\alpha=0.05$.	55
Tabla 12. Resultados del ANOVA para las variables de HR y RMSSD con $\alpha=0.05$.	58
Tabla 13. Coeficientes Rv obtenidos del MFA.	61
Tabla 14. Ingredientes de las muestras de chocolates utilizados.	62
Tabla 15. Prueba de Friedman y Nemenyi para las expresiones faciales para las muestras de chocolate con $\alpha=0.05$. Valores con letras diferentes indican diferencias significativas entre muestras.	68
Tabla 16. Prueba de Friedman y Nemenyi para los emojis seleccionados para las muestras de chocolate con $\alpha=0.05$. Valores con letras diferentes indican diferencias significativas entre muestras.	70
Tabla 17. Resultados del ANOVA para las variables de HR y RMSSD con $\alpha=0.05$.	72
Tabla 18. Resultados del ANOVA para las variables de EDA con $\alpha=0.05$.	74
Tabla 19. Coeficientes Rv obtenidos del MFA.	76
Tabla 20. Resumen resultados de las pruebas aplicadas.	77

Resumen

Las respuestas emocionales de los consumidores influyen en la aceptación de los alimentos; sin embargo, su evaluación se ha basado principalmente en mediciones explícitas de autorreporte. El objetivo de esta investigación fue analizar la relación entre las respuestas emocionales implícitas, obtenidas mediante indicadores fisiológicos y expresiones faciales, y las respuestas explícitas de los consumidores ante estímulos alimentarios, con el fin de evaluar su utilidad como complemento a las evaluaciones hedónicas tradicionales.

El estudio se desarrolló en varias etapas. En primer lugar, se estableció la metodología para la medición cognitiva explícita al determinar el número y la presentación de los emojis. Posteriormente, se evaluaron las respuestas emocionales implícitas y explícitas en pruebas con consumidores con imágenes de alimentos y bebidas, integrando el análisis de la expresión facial, junto con las variables de autorreporte que incluyeron la emoción percibida, la disposición de consumo, el nivel de agrado y la familiaridad. Asimismo, se analizó la influencia del esfuerzo masticatorio de distintos alimentos sobre las mediciones emocionales implícitas. Finalmente, se realizó una prueba con consumidores utilizando chocolates como estímulo alimentario y juntando las metodologías del análisis de la expresión facial, mediciones fisiológicas y la metodología de los Emojis. Los datos obtenidos por cada prueba se analizaron mediante el Análisis Factorial Múltiple.

Los resultados mostraron una alta correlación entre las variables de autorreporte, destacando la relación entre agrado, familiaridad y disposición de consumo. Los emojis demostraron ser una herramienta consistente para capturar la emoción consciente del consumidor. Mientras que, el análisis de expresiones faciales presentó mayor variabilidad y se vio afectado por los movimientos asociados a la masticación, lo que limitó su interpretación durante el consumo. Por otro lado, las mediciones fisiológicas evidenciaron sensibilidad a características sensoriales de las muestras, reflejando procesos emocionales automáticos que no siempre coinciden con las valoraciones declaradas. En conjunto, la integración de metodologías implícitas y explícitas permitió una comprensión más completa y multidimensional de la respuesta emocional del consumidor frente a los alimentos.

Palabras clave: respuesta emocional, FaceReader, frecuencia cardiaca (HR), actividad electrodérmica (EDA), emojis, esfuerzo masticatorio.

Abstract

Consumers' emotional responses play an important role in food acceptance. However, these responses have traditionally been evaluated mainly through explicit self-report measures. The aim of this study was to analyse the relationship between implicit emotional responses, measured through physiological indicators and facial expressions, and explicit responses reported by consumers when exposed to food stimuli. This approach was used to evaluate their potential as complementary tools to traditional hedonic evaluations.

The research was conducted in several stages. First, the methodology for explicit cognitive measurement was established by defining the number and presentation of emojis. Next, implicit and explicit emotional responses were evaluated in consumer tests using images of foods and beverages. Facial expression analysis was integrated with self-reported variables, including perceived emotion, willingness to consume, liking, and familiarity. The influence of mastication effort on implicit emotional measurements was also examined using different food samples. Finally, a consumer study was conducted using chocolate samples as the food stimulus. This stage combined facial expression analysis, physiological measurements, and the emoji-based methodology. Data from each test were analysed using Multiple Factor Analysis.

The results showed strong correlations among self-report variables, particularly between liking, familiarity, and willingness to consume. Emojis proved to be a consistent tool for capturing consumers' conscious emotional responses. In contrast, facial expression analysis showed greater variability and was influenced by facial movements associated with mastication, which limited its interpretation during food consumption. Physiological measurements, on the other hand, were sensitive to sensory characteristics of the samples and reflected automatic emotional processes that did not always align with declared evaluations. Overall, the integration of implicit and explicit methodologies provided a more comprehensive and multidimensional understanding of consumers' emotional responses to food stimuli.

Glosario

- **Sistema nervioso central (CNS)**
Está compuesto por las partes del sistema nervioso que están cubiertas por huesos: el cerebro y la médula espinal.
- **Sistema neuroendocrino (NES)**
Es el conjunto de estructuras cerebrales, como el hipotálamo, y glándulas endocrinas que producen y controlan hormonas, las cuales viajan por la sangre para influir en órganos y tejidos. Este sistema mantiene la homeostasis, gestionando estrés, crecimiento y metabolismo.
- **Sistema nervioso autónomo (ANS)**
Sistema de nervios centrales y periféricos que controla los órganos internos, el sistema cardiovascular y las glándulas. El ANS está formado por las divisiones simpática, parasimpática y entérica.
- **Electrocardiograma (ECG)**
Registro no invasivo de la actividad eléctrica del corazón que permite analizar las fases del ciclo cardíaco.
- **Frecuencia cardíaca (HR)**
Número de latidos del corazón por minuto, calculado a partir de los intervalos entre latidos consecutivos.
- **Raíz cuadrada de la media de las diferencias sucesivas (RMSSD)**
Índice del dominio del tiempo de la variabilidad de la frecuencia cardíaca que refleja la modulación parasimpática a corto plazo.
- **Actividad electrodérmica (EDA)**
Medida de la conductancia eléctrica de la piel asociada a la activación de las glándulas sudoríparas y al nivel de excitación autonómica.
- **EDA fásica promedio (SCR)**
Componente fásico de la EDA que representa cambios rápidos en la conductancia de la piel en respuesta a estímulos.
- **Respuestas fásicas (nSCR)**
Número de respuestas fásicas de la conductancia de la piel registradas durante un periodo determinado.
- **CATA (Check-All-That-Apply)**
Método de evaluación sensorial en el que los participantes seleccionan todos los atributos que consideran aplicables a un producto.
- **RATA (Rate-All-That-Apply)**
Variante de CATA en la que los participantes, además de seleccionar los atributos aplicables, califican la intensidad de cada uno.

Introducción

La percepción de los alimentos es multisensorial y depende en gran medida de la familiaridad, los hábitos y las memorias a corto y largo plazo. No se pueden esperar respuestas precisas y reproducibles hacia los alimentos, ya que estas son moduladas por factores relacionados con el producto, consumidor y el entorno (Schiffman et al., 2010). Además, el proceso de elección de alimentos coexiste con cambios corporales sutiles que involucran, entre otros, el sistema de recompensa, donde la búsqueda de placer se combina con sistemas de regulación conscientes y racionales en nuestro cerebro (Bensaa, 2023).

La evaluación sensorial es una serie de metodologías precisas y validadas que permiten estudiar las respuestas del cuerpo humano a través de los sentidos ante diferentes estímulos (Severiano-Pérez, 2019). Las metodologías sensoriales se dividen tradicionalmente en pruebas analíticas y afectivas (Lawless & Heymann, 2010). Las pruebas analíticas se han caracterizado por ser estructuradas y objetivas, además de emplear paneles entrenados capaces de describir y cuantificar atributos sensoriales específicos de los productos. Mientras que las pruebas afectivas se realizan con consumidores sin entrenamiento previo en el producto a evaluar y tienen como objetivo medir sus preferencias, agrado o aceptación. Se han considerado a los consumidores como incapaces de describir productos, pero los avances metodológicos en la última parte del siglo XX han comenzado un debate acerca del uso de paneles sin entrenar para la realización de ciertos enfoques analíticos (Varela & Ares, 2018).

Pruebas con consumidores

Entre las décadas de 1940 y 1970 se establecieron los fundamentos de la psicofísica y los sentidos químicos, a partir de investigaciones previas. En 1930, los libros de texto de psicología ya abarcaban los sentidos básicos y los métodos psicofísicos, como los umbrales. Antes de 1980 los estudios con consumidores eran realizados por el departamento de marketing y no estaban relacionados con los estudios sensoriales. De igual forma se realizaron innovaciones importantes en las metodologías relacionadas a consumidores como el mapa de preferencias (Carroll, 1972) y el análisis conjunto (Green & Srinivasan, 1978). El mapa de preferencias es una herramienta que representa gráficamente cómo perciben y prefieren los consumidores diferentes productos o marcas dentro de un mercado. En este mapa, los productos se posicionan según ciertos atributos relevantes para el consumidor (por ejemplo, precio, calidad, sabor o innovación), mientras que las preferencias de los consumidores se proyectan en el mismo espacio para identificar qué opciones se consideran más atractivas. Mientras que el análisis conjunto es un método que permite evaluar cómo los consumidores valoran distintos atributos de un producto. Los participantes califican o eligen entre diferentes combinaciones de atributos, lo que permite estimar la importancia relativa de cada uno y determinar cuáles influyen más en la preferencia del consumidor.

Se reconoció la importancia sobre los sentidos para la salud y el bienestar gracias a la creación del Monell Chemical Senses Center de Filadelfia en 1968. Los estudios sobre anosmia, adaptación, aprendizaje y asociación aportaron valiosos conocimientos sobre la salud y sirvieron de base para

el diseño de protocolos de pruebas sensoriales. Además, los investigadores en el campo de la ciencia sensorial también mostraron interés en entender cómo percibían los consumidores los productos y comenzaron a evaluar su nivel de aceptación o agrado, desarrollando la escala hedónica de 9 puntos (Jones et al., 1955).

Las aportaciones innovadoras de Rose Marie Pangborn, quien inició su carrera en UC Davis en 1955, es considerada una pionera en la investigación de la Evaluación Sensorial. Sus aportaciones innovadoras incluyen el empleo de estímulos complejos en los estudios en lugar de soluciones simples, la investigación sobre las diferencias individuales en las respuestas sensoriales y hedónicas, y el análisis de la influencia de las actitudes y creencias en la aceptación de los alimentos.

En los años ochenta y noventa, el campo de consumidores se amplió en los estudios sensoriales. Al principio, había poco interés por las perspectivas del consumidor más allá de las propiedades sensoriales y la aceptabilidad del producto (Cardello, 2020). En la década de 1980, el interés por el consumidor, que antes era investigado principalmente a través del marketing, pasó a ser objeto de investigación de la ciencia sensorial, abarcando temas como el contexto, el medio ambiente, las actitudes y la salud. Por otro lado, los investigadores se dieron cuenta de que el entorno de la investigación, ya sea en un laboratorio o en un ambiente usual, afecta significativamente los resultados. Además, los estudios también examinaron las actitudes de los consumidores antes, durante y después de la exposición al producto y su consumo.

En la década de 1990, la ciencia sensorial se centró cada vez más en temas relacionados con la salud, con el objetivo de mejorarla y mitigar los efectos de las enfermedades. El campo se amplió para incluir nuevos temas y métodos como las expectativas, la neofobia, pruebas cross-cultural y la investigación multisensorial. Estos avances transformaron significativamente el campo, aunque conservó en gran medida el nombre de ciencia sensorial o evaluación sensorial (Meiselman et al., 2022).

Desde los 2000's el campo se ha ampliado enormemente y la terminología sensorial-consumidor es ahora la norma. Una de las características claves de este periodo es la transición de un enfoque orientado a la medición hedónica de los productos (agrado) hacia una perspectiva "más allá del agrado" donde la evaluación hedónica se combina con otras respuestas o percepciones del producto como conceptualizaciones, actitudes, emociones y bienestar. También debido al COVID-19, se modificaron los hábitos alimenticios y de consumo de las personas, así como la forma en que se llevaban a cabo las evaluaciones sensoriales, lo que propició un incremento en los estudios realizados en el hogar y en modalidad en línea (Meiselman et al., 2022).

En tiempos pasados, los expertos en ciencia sensorial creían que solamente el panel entrenado podía ofrecer datos confiables acerca de las preferencias de los productos. Sin embargo, con la llegada de los mapas de preferencias, los investigadores comenzaron a entender que los consumidores podían juzgar con precisión las características sensoriales. Este descubrimiento impulsó el desarrollo de nuevos métodos centrados en la percepción del consumidor, tales como

las escalas de "just-about-right", el método del perfil ideal y la optimización basada en el método "check-all-that-apply" (Varela & Ares, 2018). Actualmente, se ha tenido un énfasis en el estudio del consumidor desde diferentes enfoques como la antropología, la psicología, la experiencia de uso y/o compra además del marketing (Gómez-Corona & Rodrigues, 2023).

Medición de las respuestas emocionales en pruebas con consumidores

El estudio de las emociones tiene una historia extensa que comenzó por 1930, sin embargo, en ese entonces no se relacionaba con alimentos y otros productos. Una de las primeras emociones de interés de estudio en relación a alimentos fue el disgusto. En 1990, las casas de fragancias estaban investigando activamente las emociones con el objetivo de establecer métodos para medir y verificar la respuesta emocional a estímulos olfativos. En la conferencia EuroSense de 2008 se introdujeron tres enfoques distintos para evaluar las emociones en relación con un producto, lo cual marcó el inicio de la investigación sobre emociones en el área sensorial. Estos enfoques fueron el uso del perfil EsSense, GEOS (Geneva Emotion and Odor Scale) y el método de perfiles conceptuales.

Si bien es reconocido que los alimentos y sus componentes sensoriales generan respuestas afectivas, la medición de estas variaciones en conductas y emociones constituye un desafío para la ciencia sensorial y la industria. El objetivo de esta medición es comprender mejor las bases psicológicas y neurobiológicas de las emociones relacionadas con la comida y ayudar a los fabricantes a entender las preferencias y emociones de los consumidores ante nuevos productos. Este enfoque integral abarca tanto el alimento en su totalidad como el impacto emocional derivado de sus atributos sensoriales (Bensaa, 2023).

¿Qué es una emoción?

Aunque los investigadores no se han puesto de acuerdo sobre la definición de una emoción, están de acuerdo en que se trata de un fenómeno afectivo breve (a diferencia del estado de ánimo) que se desencadena por un acontecimiento ya sea externo o interno al individuo (Gómez-Corona & Rodrigues, 2023). En base a esto, se pueden identificar varias principales corrientes teóricas sobre la emoción que han sido aplicadas en el ámbito de la alimentación. Las teorías básicas (o discretas) de las emociones proponen la existencia de un reducido número de emociones fundamentales, cada una caracterizada por patrones específicos de respuesta emocional. Dependiendo de la versión de la teoría empleada por el investigador, el número de términos emocionales propuestos puede variar desde 6 (ira, disgusto, miedo, tristeza, sorpresa, felicidad) hasta 22 (vergüenza, envidia, miedo, ira, tristeza, orgullo, esperanza, alivio, aburrimiento, desprecio, admiración, disgusto, deseo, decepción, amor, insatisfacción, diversión, estimulación, satisfacción, sorpresa desagradable, disfrute, sorpresa agradable). Por otro lado, las teorías dimensionales simplifican las emociones a posiciones en un espacio bidimensional de valencia por excitación, o en un espacio tridimensional que incluye la potencia. También hay consenso entre los investigadores en que durante un episodio emocional se activan varios elementos del organismo: una respuesta autónoma (como la activación del sistema nervioso simpático), una tendencia a la acción (como

la aproximación o la evitación), una expresión (ya sea facial o vocal, como sonreír) y un sentimiento subjetivo (por ejemplo, la sensación de felicidad) (Gómez-Corona & Rodrigues, 2023).

Por otro lado, es bastante utilizado el modelo circunflejo de emociones para estudiar la respuesta emocional, el cual fue propuesto por Russell (1980). Este es un marco psicológico utilizado para describir y clasificar las emociones humanas en un espacio bidimensional, organizando las emociones según dos dimensiones clave. La primera dimensión es la valencia, que indica el grado de agrado o desagrado de una emoción, con un rango que va de positivo a negativo; por ejemplo, la alegría tiene una valencia positiva, mientras que la tristeza tiene una valencia negativa. La segunda dimensión es la excitación, que refleja el nivel de excitación fisiológica asociado a la emoción, con un rango que va desde alta excitación hasta baja excitación. Por lo que, el enfado implica una alta excitación, mientras que estar calmado está asociado a baja excitación.

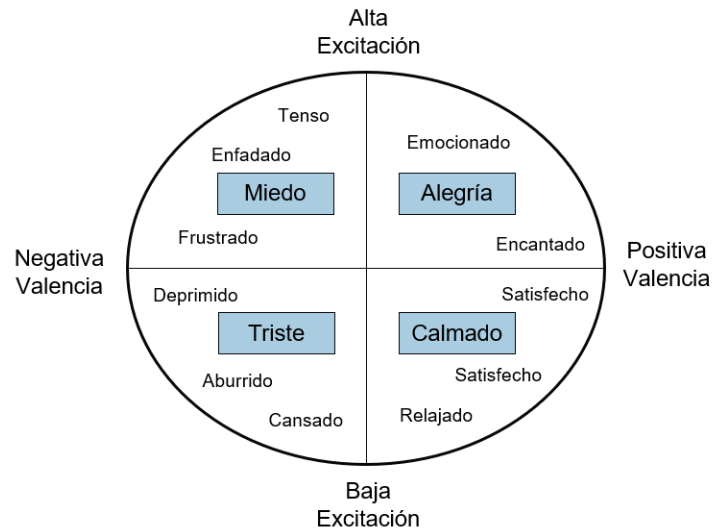


Figura 1. Modelo circunflejo de emociones

Por otro lado, el proceso que ocurre en el cuerpo al experimentar una emoción es complejo e involucra múltiples etapas y sistemas como se muestra en la figura 2. Primero una emoción suele desencadenarse por un estímulo externo (ver una araña) o interno, después este estímulo es percibido a través de los sentidos, luego es procesada y evaluada por el cerebro. Dependiendo de la evaluación del estímulo el sistema nervioso autónomo (ANS), en especial el sistema simpático, se activa ya sea por medio de un aumento de la frecuencia cardíaca, cambios en la respiración, tensión muscular, etc. El ANS se compone de dos ramas: la simpática y la parasimpática, cada una desempeñando roles vitales en situaciones diferentes. La rama simpática es fundamental en situaciones de emergencia y la rama parasimpática predomina en momentos de tranquilidad y reposo. También la persona se da cuenta de la emoción que está experimentando y en esta etapa se integra la experiencia emocional en la conciencia y la regulación emocional (Bear et al., 2016).

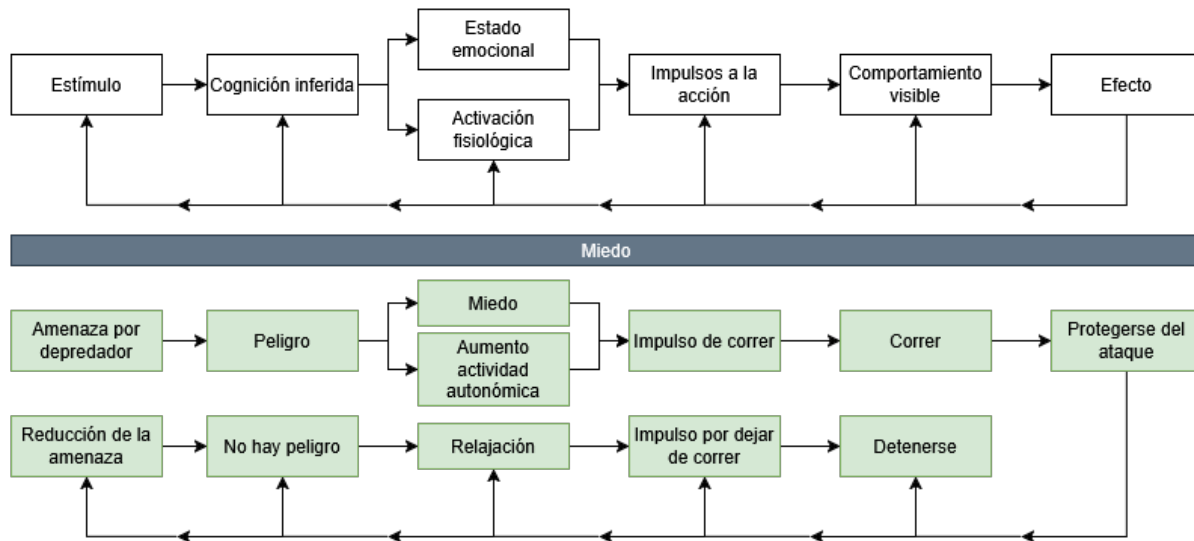


Figura 2. Los procesos de retroalimentación en las emociones muestran cómo se evalúa la información sensorial y se traduce en una acción u otro resultado que establece la relación entre el individuo y el evento desencadenante (Plutchik, 2001).

Metodologías para medir la respuesta emocional hacia alimentos

La gran aceptación de la investigación sobre las emociones asociadas a los productos puede atribuirse a la idea de que una conexión emocional con un producto influye significativamente en la lealtad o el comportamiento del consumidor hacia ese producto, lo cual ofrece una alternativa a la medición hedónica comúnmente empleada (nivel de agrado). Esto es importante ya que la aceptabilidad no predice muy bien el éxito de un producto (Thomson & Coates, 2021).

Además, aunque el agrado se considera en general unidimensional, las emociones poseen múltiples dimensiones (como la excitación y la valencia) y hay una amplia gama de términos emocionales que pueden utilizarse para evaluar los estímulos sensoriales para los consumidores (Meiselman et al., 2022).

En la actualidad la metodología preferida para evaluar emociones son los cuestionarios de autoevaluación, aunque se ha argumentado que las personas no siempre se comportan de una forma racional que pueda medirse de manera fiable mediante este tipo de cuestionarios. Por lo tanto, se han considerado metodologías ya establecidas en psicología y fisiología que accedan a aspectos subconscientes del comportamiento como la expresión física (facial o vocal), los métodos conductuales y las reacciones fisiológicas (Meiselman et al., 2022). En la siguiente tabla se pueden observar algunos ejemplos de metodologías junto con los niveles de medición (cognitivo, comportamiento y fisiológico) y los niveles de procesamiento emocional (implícito y explícito) que se utilizan en la ciencia sensorial y de consumidores.

Tabla 1. Métodos incorporados en la medición de las respuestas emocionales a alimentos con tres niveles de medición (cognitivo, comportamiento y fisiológico) y dos niveles de procesamiento emocional (implícito y explícito) (YQ Low et al., 2022).

Nivel de medición	Implícito	Explícito	
Fisiológico	Mediciones del sistema nervioso autónomo: • Frecuencia cardíaca • Actividad electrodérmica (EDA) • Temperatura corporal (piel, dedo, cuerpo) • Diámetro de la pupila • Presión arterial sistólica y diastólica Neurociencia cognitiva: • Imagen por resonancia magnética funcional (fMRI) • Electroencefalograma	No aplicable	
Conductuales	Cantidad consumida Balanceo postural Análisis de expresión facial Seguimiento ocular Mediciones gamificadas	Cantidad consumida Comportamiento de compra Disposición de consumo	
Cognitivo	Pruebas de reacción: • Prueba de asociación implícita (latencia en la toma de bebidas) • Pruebas de selección en función del tiempo Análisis semántico	Vocabulario emocional-verbal: • Perfil EsSense • Perfil EsSense 25 • ScentMove • Escala de Afectividad Positiva y Negativa (PANAS) • Modelo circunflejo de 12 puntos de emociones • Rueda EmoSensory Vocabulario definido por los consumidores-verbal • Basado en grupos focales • Específico de un producto • EmoSemio	Vocabulario emocional- no verbal • PrEmo • Emoji • Imágenes basadas en una lista de emociones • Retratos de estado de ánimo • Listado libre (entrevista cualitativa)

Métodos cognitivos

Tradicionalmente, las emociones se han medido con métodos cognitivos que solo permiten obtener información sobre las primeras etapas del procesamiento cognitivo y la conciencia. Estos métodos, como los cuestionarios de autorreporte o entrevistas, se basan en la percepción subjetiva del individuo y en su capacidad para identificar y describir verbalmente lo que siente (Kaneko et al., 2018). Si bien han sido ampliamente utilizados por su facilidad de aplicación y por proporcionar datos conscientes sobre la experiencia emocional, presentan limitaciones importantes al depender del juicio introspectivo del participante.

Vocabulario emocional no verbal-Emojis

El uso de los cuestionarios basados en emojis concuerda con la relevancia de las señales no verbales (gestos, expresiones faciales) para comunicar emociones. Por lo tanto, el uso de este tipo de cuestionarios no solo toma ventaja de su popularidad, sino que también permite obtener respuestas emocionales de una manera más intuitiva. Mientras que se dice que los cuestionarios de emociones verbales inducen el procesamiento analítico y, por lo tanto, pueden no captar las reacciones emocionales intuitivas y automáticas (Köster & Mojet, 2015).

La utilización de emojis garantiza la atención de las personas debido a su creciente popularidad y uso espontáneo por consumidores en redes sociales o aplicaciones de mensajería como WhatsApp. Un estudio utilizó esta metodología incluyendo emojis faciales y no faciales basados en la frecuencia de su uso en tweets relacionados a situaciones de consumo y a su popularidad. Se realizó una comparación entre el uso de EsSense25 y 25 emojis seleccionados para igualar el número de términos utilizado por EsSense25. Se observó que las muestras con un agrado general alto estaban asociadas con emojis positivos, mientras que los emojis negativos fueron utilizados para las muestras con un nivel de agrado general bajo. La comparación de las preguntas CATA de 25 emojis o 25 términos señalaron una similitud entre el número promedio de emoji/términos utilizados para caracterizar las muestras. Sin embargo, se observó una tendencia a que las respuestas basadas en palabras fueran más discriminatorias y capaces de determinar perfiles emocionales distintivos para muestras individuales. Lo cual es atribuido a las diferencias en las emociones incluidas en los dos formatos (Jaeger et al., 2017).

Se necesitan nuevos enfoques metodológicos que recreen mejor cómo los consumidores experimentan los productos en su vida cotidiana para predecir mejor las decisiones futuras sobre alimentación y bebidas. La medición de emociones es un paso en esta dirección, sin embargo, los cuestionarios basados en palabras pueden carecer de validez ecológica. La investigación en redes sociales ha mostrado que los consumidores rara vez usan palabras para expresar espontáneamente sus emociones relacionadas con los alimentos (Jaeger et al., 2021). Además, Jaeger et al. (2013) informaron que algunos consumidores consideran "extraño" asociar las palabras de emoción del cuestionario EsSense Profile con productos específicos.

Métodos conductuales

Las medidas conductuales permiten evaluar las respuestas emocionales a través de observaciones directas del comportamiento. Estas incluyen la cantidad consumida, el seguimiento ocular y la disposición de consumo, así como movimientos faciales y corporales.

Análisis de la expresión facial

Existen dos formas principales de comprender la medición facial: enfoques indirectos y directos. Los enfoques indirectos se basan en el juicio de observadores sobre las expresiones faciales producidas, a partir de los cuales se infieren las emociones de las personas que expresan dichas emociones. Por otro lado, los enfoques directos implican medir de manera directa los movimientos de los músculos faciales que se producen. Los métodos directos de medición incluyen los dos principales sistemas utilizados en la actualidad: el Sistema de Codificación de Acciones Faciales (FACS) y el Sistema de Codificación de Movimientos Faciales Máximamente Discriminativos (MAX), ambos basados en la anatomía.

El FaceReader es un software desarrollado por Noldus Information Technology utilizado para analizar expresiones faciales. Clasifica las expresiones faciales en varios pasos e incluye emociones como felicidad, tristeza, enojo, sorpresa, disgusto y miedo. Además, puede reconocer un estado neutral. Estos pasos son:

1. **Búsqueda facial:** La posición de la cara se encuentra usando un algoritmo de búsqueda de rostros basado en el deeplearning que busca áreas en la imagen que tengan la apariencia de un rostro.
2. **Modelado facial:** Crea un modelo facial artificial que detalla la posición aproximada de alrededor de 500 puntos clave en el rostro. Estos puntos clave son anticipados por el modelo a partir de una base de datos de imágenes anotadas. Este enfoque constituye un método rápido y de un solo paso para estimar todos los puntos clave del rostro de manera directa. Después de la estimación inicial, los puntos clave se reducen utilizando el análisis de componentes principales, generando una representación vectorial muy compacta que describe el estado facial.
3. **Clasificación de la expresión facial:** La identificación de las expresiones faciales se realiza empleando una red neuronal artificial profunda que ha sido entrenada para detectar patrones en los rostros. FaceReader categoriza directamente las expresiones faciales basándose en los detalles de los píxeles en la imagen. El entrenamiento de la red neuronal artificial se llevó a cabo utilizando más de 20,000 imágenes faciales de individuos de diversas regiones del mundo, las cuales fueron marcadas manualmente. La red fue diseñada para reconocer las seis emociones primarias o universales según lo descrito por Ekman: felicidad, tristeza, enojo, sorpresa, miedo, disgusto (Ekman, 1970), así como un estado neutral (Noldus, 2021).

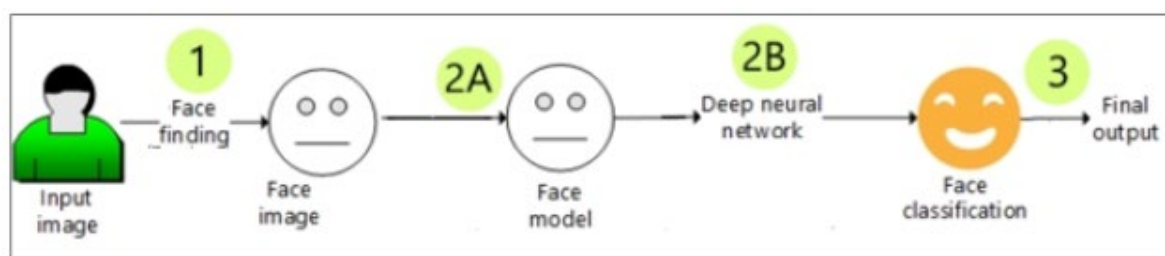


Figura 3. Pasos del procesamiento y clasificación de las expresiones faciales utilizado por FaceReader (Noldus, 2021).

También es importante considerar una de las limitaciones de la versión 9 de este programa, que es que los lentes pueden dificultar la clasificación de la expresión facial. En especial los lentes que tienen monturas gruesas y oscuras, ya que esto puede afectar considerablemente el rendimiento.

El software FaceReader utiliza el sistema FACS (Facial Action Coding System) para el análisis de expresiones faciales, basándose en unidades de acción (AU) que representan movimientos musculares específicos. No obstante, el programa no proporciona de manera detallada el total de AU que analiza en su módulo estándar. De manera opcional, FaceReader ofrece un módulo adicional que permite la codificación explícita de 20 unidades de acción específicas (tabla 2), brindando así un análisis más detallado del comportamiento facial.

Tabla 2. Nombres de las unidades de acción (AU) del sistema de codificación de acciones faciales (FACS).

AU	Nombre
AU 1	Levantamiento de cejas interno
AU 2	Elevador de cejas externo
AU 4	Bajar la ceja
AU 5	Elevador de la tapa superior
AU 6	Levantador de mejillas
AU 7	Tensor de la tapa
AU 9	Arrugador de nariz
AU 10	Levantamiento del labio superior
AU 12	Tirador de la esquina del labio
AU 14	Formador de hoyuelo
AU 15	Depresor del rincón del labio
AU 17	Elevador de barbilla
AU 18	Fruncido de labios
AU 20	Alargador de labios
AU 23	Tensor de labios
AU 24	Presión de labios
AU 25	Separación de labios
AU 26	Caída de la mandíbula
AU 27	Estiramiento de la boca
AU 43	Ojos cerrados

Métodos de las mediciones fisiológicas

Mediciones fisiológicas

Estas mediciones están relacionadas con las respuestas subconscientes del cuerpo humano (ej. frecuencia cardíaca, presión sanguínea, actividad cerebral y sudoración) que están moduladas por el sistema nervioso central (CNS), el sistema neuroendocrino (NES) y el sistema nervioso autónomo (ANS). Mientras que el CNS controla la actividad en el cerebro, el ANS es responsable de modular las respuestas periféricas (Cernea & Kerren, 2015)

El sistema nervioso autónomo (ANS) se subdivide en dos ramas: la simpática y la parasimpática, ambas importantes en diferentes circunstancias. La rama simpática es crucial durante momentos de emergencia, como respuestas de "luchar o huir", mientras que la parasimpática es más activa en periodos de calma y reposo. La rama del sistema nervioso autónomo que se registra en la medición varía según la respuesta específica del ANS que se esté evaluando. La conductancia electrodérmica está asociada con la actividad simpática, la variabilidad de la frecuencia cardíaca indica la actividad parasimpática, mientras que la frecuencia cardíaca y la presión arterial representan una combinación de ambas ramas (de Wijk & Boesveldt, 2016). Las respuestas del ANS utilizadas para este trabajo fueron la frecuencia cardíaca y la actividad electrodérmica por lo que se explicarán a mayor detalle y en la siguiente tabla se muestran las principales respuestas simpáticas y parasimpáticas del ANS.

Tabla 3. Principales respuestas simpáticas y parasimpáticas del sistema nervioso autónomo (*Massaro & Pecchia, 2019*).

Estructura	Estimulación Simpática	Estimulación Parasimpática
Corazón	Frecuencia y fuerza de contracción aumentadas	Frecuencia y fuerza de contracción disminuidas
Iris (músculo del ojo)	Dilatación pupilar	Constricción pupilar
Glándulas salivales	Producción de saliva reducida	Producción de saliva aumentada
Mucosa oral y nasal	Producción de moco reducida	Producción de moco aumentada
Pulmón	Relajación del músculo bronquial	Contracción del músculo bronquial
Estómago	Peristalsis reducida	Secreción de jugo gástrico; motilidad aumentada
Intestino	Motilidad reducida	Digestión aumentada (intestino delgado); secreciones y motilidad aumentadas (intestino grueso)
Riñón	Secreción de orina disminuida	Secreción de orina aumentada
Estructura	Estimulación Simpática	Estimulación Parasimpática

Variabilidad de la Frecuencia cardíaca (HRV)

Un electrocardiograma (ECG) es un registro no invasivo de la actividad eléctrica del corazón. La forma de onda típica del ECG incluye varios complejos característicos: ondas P, Q, R, S y T (figura 4), cada una correspondiente a una fase específica del ciclo cardíaco. Sus amplitudes e intervalos han sido ampliamente estandarizados y estudiados.

La onda P refleja la despolarización auricular, indicando la activación eléctrica de las aurículas. El complejo QRS, el pico más prominente del ECG, representa la despolarización ventricular y está asociado con la contracción de los ventrículos. Finalmente, la onda T corresponde a la repolarización ventricular, señalando la fase de relajación del corazón. En conjunto, estos componentes proporcionan un registro temporal detallado de la actividad eléctrica y mecánica del corazón (Massaro & Pecchia, 2019).

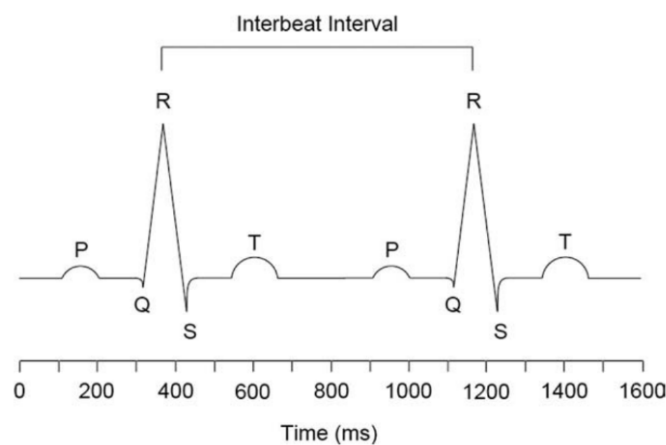


Figura 4. Forma de onda ECG estándar e intervalo RR (Appelhans & Luecken, 2006).

La frecuencia cardíaca (HR) y su variabilidad (HRV) son medidas derivadas de los intervalos entre latidos sucesivos. Mientras que la HR, expresada en latidos por minuto (bpm), se utiliza ampliamente a corto plazo (<5 min) para evaluar la actividad cardiovascular en medicina y monitoreo físico con dispositivos portátiles, la HRV refleja las fluctuaciones organizadas de estos intervalos y se asocia con la función ejecutiva, la regulación autonómica y la salud general (Shaffer et al., 2020).

Históricamente, las directrices de la Sociedad Europea de Cardiología y la Sociedad Norteamericana de Estimulación y Electrofisiología han estandarizado los registros de HRV en periodos de 24 horas (largo plazo) o de cinco minutos (corto plazo). No obstante, investigaciones recientes han validado el uso de mediciones de ultra corto plazo (ultra-short-term HRV), definidas por duraciones inferiores a los cinco minutos (Schippers et al., 2018). En este contexto, se ha demostrado que el RMSSD (raíz cuadrada de la media de las diferencias sucesivas) de los intervalos R-R constituye una alternativa fiable al análisis estándar, manteniendo su validez estadística incluso en registros de tan solo 10 a 30 segundos (Munoz et al., 2015; Nussinovitch et al., 2011).

El análisis de la variabilidad de la frecuencia cardíaca (HRV) puede realizarse en los dominios del tiempo y de la frecuencia a partir de registros electrocardiográficos de duración variable (larga o corta), siempre que las mediciones de los intervalos RR sean confiables. Además, RMSSD es una métrica del dominio del tiempo de la HRV que mide las variaciones entre latidos cardíacos sucesivos, este es un parámetro que refleja únicamente las fluctuaciones a corto plazo y cuantifica la modulación parasimpática. Por el contrario, la HR en sí misma, está influenciada por la modulación tanto simpática como parasimpática (Muroni et al., 2011).

Actividad electrodérmica (EDA)

La actividad electrodérmica (EDA) se refiere a las variaciones en la conductancia eléctrica de la piel provocadas por la activación de las glándulas sudoríparas. Como el sudor está compuesto principalmente por agua, un incremento en la sudoración aumenta la conductividad de la piel. Las glándulas ubicadas en las palmas de las manos y las plantas de los pies son especialmente sensibles a los estímulos psicológicos, por lo que la EDA constituye un indicador útil de la excitación emocional o cognitiva. Al reflejar la actividad de las glándulas sudoríparas reguladas por el sistema nervioso simpático, esta medición proporciona información objetiva sobre las respuestas autónomas y el nivel de excitación (Posada-Quintero & Chon, 2020).

Las respuestas de la conductancia de la piel (SCR), tanto inducidas por estímulos como espontáneas, se caracterizan por un incremento desde un nivel basal hasta alcanzar un pico, seguido de un descenso gradual. Cuando son provocadas por un estímulo, estas respuestas suelen aparecer entre 1 y 5 segundos después de su presentación. Además, el análisis cuantitativo de las respuestas de SCR generalmente considera parámetros como la amplitud y el tiempo de ascenso (intervalo entre el inicio y el pico de la respuesta), entre otras métricas asociadas a su dinámica, como se muestra en la siguiente figura.

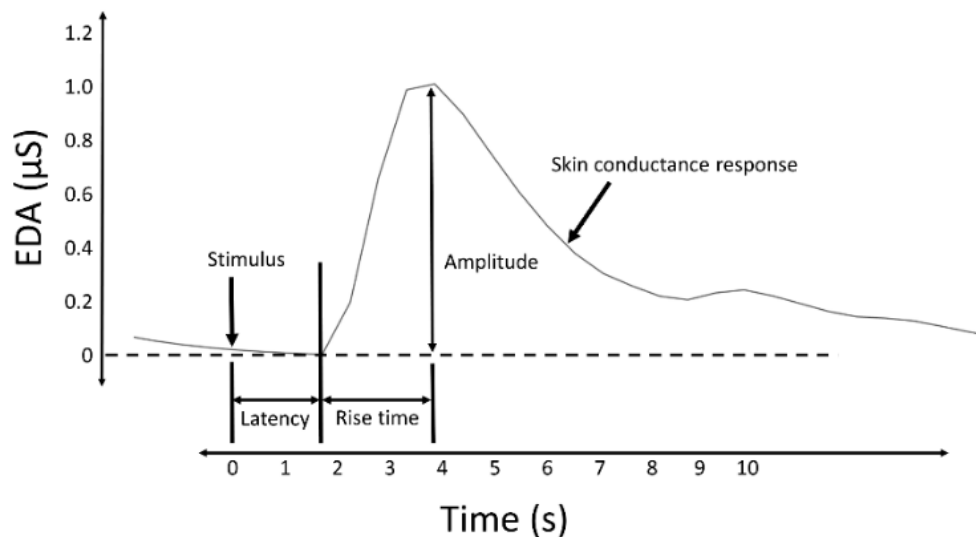


Figura 5. Una respuesta típica de la EDA (Posada-Quintero & Chon, 2020).

La EDA se compone de dos fases principales: tónica y fásica (figura 6). El componente tónico, representado por el nivel de conductancia de la piel (SCL), refleja cambios lentos y generales en

la EDA y suele calcularse como la conductancia promedio durante períodos de reposo o ausencia de estímulos. Mientras que el componente fásico (SCR) captura cambios rápidos y transitorios asociados a estímulos específicos.

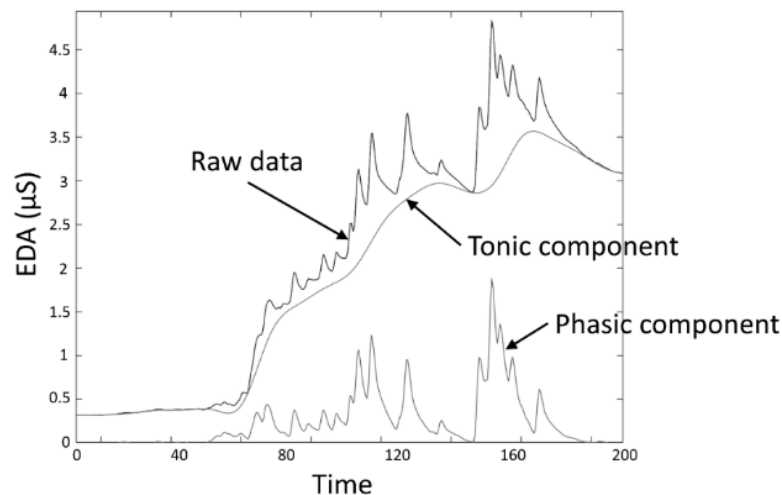


Figura 6. Descomposición de los datos de la EDA en los componentes tónicos y fásicos (Posada-Quintero & Chon, 2020).

BITalino

BITalino es una plataforma de bajo costo para la lectura de señales vitales, desarrollada en Portugal e inspirada en equipos como Arduino y Raspberry Pi. Su kit base está compuesto por tres módulos principales: el microcontrolador (MCU), el módulo de energía y el módulo Bluetooth, los cuales permiten la conexión de diversos sensores para registrar señales fisiológicas. En este sentido, el MCU se encarga de convertir las señales analógicas de los sensores en señales digitales mediante un firmware propio y actualizable, lo que posibilita su posterior procesamiento por software. Además, la conexión al dispositivo se realiza principalmente vía Bluetooth, lo que facilita su uso en aplicaciones móviles o inalámbricas. Finalmente, el software que acompaña al dispositivo, OpenSignals (escrito en Python), permite adquirir y visualizar dichas señales, brindando una interfaz accesible para la interpretación de los datos registrados (Páris et al., 2017).

Para este trabajo se seleccionó el equipo de BITalino debido a su bajo costo y también en un trabajo realizado por Batista et al. (2019) se realizó una comparación del rendimiento del BITalino contra el dispositivo de BioPac MP35 Student Lab Pro, siendo este posiblemente el sistema más consolidado y reconocido para la investigación y la educación en el área de biomédica. En el trabajo encontraron que las diferencias entre los equipos fueron pequeñas para las señales de electrocardiografía, electromiografía, actividad electrodérmica y electroencefalografía. Esta validación empírica del BITalino frente a un dispositivo de referencia resulta especialmente relevante, ya que demuestra que las señales obtenidas con este kit de bajo costo son similares a las registradas con equipos profesionales.

Métodos estadísticos utilizados en pruebas con consumidores

Mapa proyectivo

En los últimos años, los métodos sensoriales rápidos han ganado interés en la ciencia sensorial por su simplicidad, aplicabilidad con evaluadores no entrenados y rapidez en el análisis. Uno de los más utilizados es el mapa proyectivo, en el cual se pide a los participantes que coloquen productos en una hoja bidimensional según su similitud o diferencia percibida. Aunque las instrucciones para los evaluadores podrían parecer claras al principio, se ha descubierto que cada evaluador las interpreta de manera diferente. Aunque es menos preciso que el análisis sensorial descriptivo, es popular en la industria alimentaria por su facilidad de uso (Varela & Ares, 2014). Además, varios autores han sugerido que las estrategias de proyección varían según el evaluador, dependiendo en gran medida de su tipo y nivel de entrenamiento. El Análisis de Procrustes Generalizado (GPA) es ideal para este tipo de análisis, ya que disminuye las diferencias individuales en los datos de los consumidores mediante transformaciones geométricas, lo que permite conservar las distancias relativas entre los productos en cada configuración (Tomic et al., 2015).

Análisis de Procrustes Generalizado (GPA)

Este análisis es un método estadístico multivariado empleado para analizar múltiples bloques de datos. Su propósito principal es obtener un consenso entre los bloques mediante transformaciones de Procrustes, que reducen las diferencias individuales a través de traslación, rotación, reflexión y escalado isotrópico. Por esta razón, el GPA es ideal para el análisis de datos del mapa proyectivo, ya que permite encontrar una configuración consensuada de los productos entre todos los participantes. En la mayoría de los casos, se aplica un análisis de componentes principales (PCA) al consenso para mejorar su interpretación. Dado que en este caso el consenso es bidimensional, el PCA únicamente representa una rotación de los ejes originales generados por la transformación de Procrustes (Tomic et al., 2015).

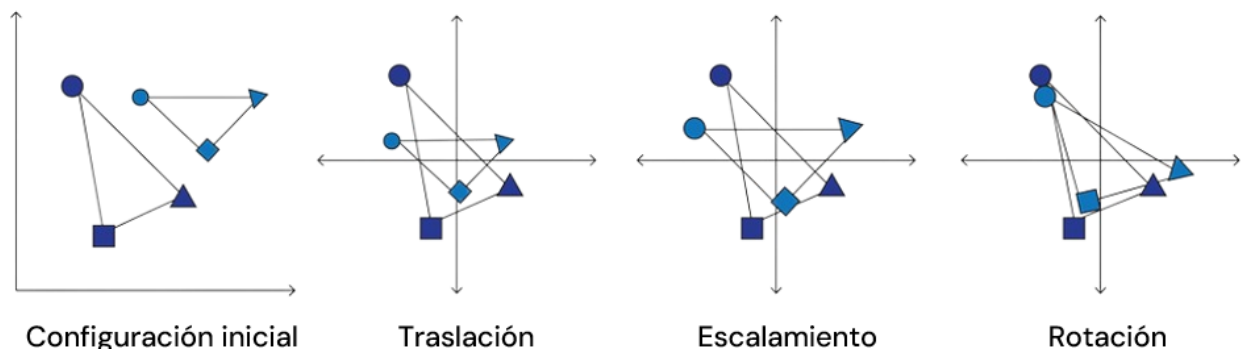


Figura 7. Transformaciones de Procrustes

Además, la calidad del consenso matemático entre los panelistas puede evaluarse mediante índices específicos asociados a cada técnica, como los residuales de Procrustes (Varela & Ares,

2014). Un mayor valor de residual sugiere que las respuestas individuales, después las transformaciones geométricas, se encuentran más distantes del consenso.

Análisis Factorial Múltiple (MFA)

Este análisis es un método diseñado para examinar múltiples grupos de variables asociadas a un mismo conjunto de individuos, proporcionando una representación conjunta de los individuos y las relaciones entre los grupos de variables. Este procedimiento se basa en un análisis factorial aplicado a todas las variables, asignando un peso específico a cada grupo (Escofier & Pagès, 1994).

El MFA permite trabajar con observaciones descritas por varios grupos de variables, incluso si el número de variables por grupo varía o si los grupos incluyen variables de diferente naturaleza (cuantitativas o cualitativas), siempre que las variables dentro de un grupo sean homogéneas. Este método brinda una visión global e integrada de las observaciones y las conexiones entre los grupos de variables, similar a otros enfoques de análisis factorial.

Clusterización aglomerativa

Los métodos de clusterización se dividen principalmente en dos categorías según la estructura de sus resultados: jerárquicos y no jerárquicos. La clusterización jerárquica busca organizar los datos en distintos niveles de agrupación, formando una jerarquía que puede representarse visualmente mediante un dendrograma. Este enfoque se subdivide en dos tipos: el método aglomerativo, que comienza con cada elemento como un clúster individual y los va fusionando progresivamente según su similitud, y el divisivo, que parte de un único grupo y lo separa gradualmente en subgrupos. A diferencia de los métodos no jerárquicos, que dividen los datos en clústeres mutuamente excluyentes o parcialmente solapados, la clusterización jerárquica permite observar las relaciones entre los grupos a diferentes niveles de agregación. Dentro de este enfoque, la clusterización aglomerativa jerárquica es la técnica más utilizada para construir esquemas de clasificación estructurados y coherentes (Eric & Michael, 2024).

ANOVA

Esta prueba compara las medias de varias muestras y comprueba si (dentro del error experimental) una o más de ellas son significativamente diferentes. En caso de que el ANOVA indique la existencia de diferencias significativas (rechazo de la hipótesis nula), es necesario aplicar pruebas de comparación múltiple para identificar entre qué grupos se presentan dichas diferencias. Una de las más empleadas es la prueba de Tukey (O'Mahony, 2017).

El ANOVA se aplica a datos que cumplen ciertas características y supuestos para garantizar la validez de los resultados. En primer lugar, la variable dependiente debe ser cuantitativa y continua, medida en una escala de intervalo o razón, lo que implica que puede tomar valores dentro de un rango amplio. En cuanto a los supuestos del ANOVA, el primero corresponde a la normalidad de los datos, lo que implica que las observaciones de cada grupo provienen de poblaciones con distribución normal. El segundo supuesto es la independencia de las observaciones, lo que significa que los datos de un grupo no están influenciados por los de otro y que cada observación

fue obtenida mediante un muestreo aleatorio. Finalmente, el ANOVA asume homogeneidad de varianzas; que la dispersión de los datos es similar entre los grupos, condición que puede evaluarse mediante pruebas como la de Levene (Emerson, 2022).

En este contexto, cuando el ANOVA se aplica al análisis de datos provenientes de escalas sensoriales, es necesario considerar ciertas limitaciones de carácter estadístico que pueden afectar la validez y la interpretación de los resultados. En particular, muchas escalas sensoriales, como las escalas hedónicas o de intensidad, generan datos de naturaleza ordinal, aunque con frecuencia se tratan como continuos para permitir el uso de pruebas paramétricas como el ANOVA. Esta aproximación asume que las distancias entre los puntos de la escala son equivalentes, lo cual no siempre puede garantizarse y puede influir en la interpretación de las diferencias entre medias. Asimismo, uso del ANOVA en análisis sensorial presenta limitaciones críticas, ya que las escalas ordinales suelen tratarse como continuas sin garantizar la equidistancia entre sus puntos. Esta práctica compromete supuestos estadísticos como la normalidad y la homogeneidad de varianzas, especialmente cuando se utilizan pruebas basadas en aproximaciones asintóticas que pierden precisión en muestras finitas, lo que deriva en inferencias poco fiables (Huyut, 2026).

Un factor determinante en esta validación es que la mayoría de las pruebas de normalidad se implementan utilizando valores críticos asintóticos fundamentados en el Teorema del Límite Central (TLC). Este principio establece que, a medida que el tamaño de la muestra tiende al infinito, la distribución de la media muestral se aproximará a una distribución normal, independientemente de la forma de la población original. Aunque teóricamente al aumentar el tamaño de la muestra permite que los datos se aproximen a una distribución normal, en la práctica este beneficio no siempre es constante. Dependiendo de la prueba estadística que se use, algunas mejoran rápido con pocos datos y otras requieren una cantidad mayor (Huyut, 2026).

Aunque autores como Hough et al. (2006) sugieren un tamaño de muestra de $n=112$ para alcanzar una potencia estadística del 90% ($\alpha=0.05$) basada en el RMSE en pruebas de aceptabilidad, este enfoque presenta limitaciones metodológicas en la práctica. Las distribuciones de datos en este tipo de estudios suelen exhibir niveles elevados de curtosis, sesgo y multimodalidad, lo que vulnera el supuesto de normalidad necesario para el ANOVA. Por lo tanto, es fundamental complementar los análisis paramétricos con pruebas no paramétricas para garantizar la validez inferencial ante tales desviaciones.

Pruebas no paramétricas

Una prueba no paramétrica es una técnica estadística utilizada cuando los datos no cumplen con los supuestos de las pruebas paramétricas, como la normalidad en la distribución. Estas pruebas son útiles cuando se trabaja con variables medidas en escalas ordinales o nominales o cuando las distribuciones son sesgadas (O'Mahony, 2017). Aunque pueden aplicarse a variables cuantitativas, el análisis se basa en rangos, por lo que las pruebas no paramétricas descritas posteriormente se consideran métodos basados en datos ordinales

Wilcoxon

La prueba de Wilcoxon, también conocido como prueba de rangos con signo, es una alternativa no paramétrica a la prueba t para muestras pareadas. Mientras que la prueba t compara las medias de dos conjuntos de datos relacionados asumiendo normalidad, el test de Wilcoxon evalúa si hay diferencias estadísticamente significativas en las medianas, sin requerir esa suposición distributiva (O'Mahony, 2017).

Para comprender su fundamento, es útil partir de la prueba de signos, que solo considera el signo (positivo o negativo) de las diferencias entre pares emparejados, ignorando su magnitud. La prueba de Wilcoxon extiende este enfoque al incorporar tanto el signo como la magnitud relativa de las diferencias: se calculan las discrepancias absolutas entre pares, se les asignan rangos ordenados (del menor al mayor) y se suman los rangos de las diferencias positivas y negativas por separado. Esta ampliación mejora la potencia estadística, detectando diferencias no solo direccionales, sino también de tamaño variable, lo que la hace robusta ante datos sesgados o con valores atípicos.

Mann-Whitney U

Esta es una prueba sobre dos muestras independientes, en donde utiliza los datos clasificados y prueba las medianas de dos conjuntos de puntuaciones de diferentes grupos para ver si son significativamente diferentes. Es la prueba equivalente de Wilcoxon para muestras independientes (O'Mahony, 2017).

Kruskal-Wallis

Es una prueba para muestras independientes que sean más de dos; es la prueba no paramétrica del equivalente de ANOVA y es una extensión de la prueba de suma de rangos de Wilcoxon-Mann-Whitney. Además, es importante cumplir el supuesto de que los sujetos son elegidos de forma aleatoria, los datos deben ser de una escala ordinal, entre otras suposiciones (O'Mahony, 2017).

Friedman

Esta prueba estadística es un test de diferencias para muestras relacionadas con más de dos grupos. Mientras que la prueba de Wilcoxon se utiliza para comparar dos muestras relacionadas, la de Friedman extiende este análisis a tres o más muestras. Es considerada el equivalente no paramétrico del ANOVA de dos factores con medidas repetidas, pero aplicado a datos ordinales o clasificados (O'Mahony, 2017).

Nemenyi

El test de Nemenyi es una prueba no paramétrica post-hoc utilizada para determinar cuáles grupos presentan diferencias significativas después de que una prueba global (como el test de Kruskal-Wallis o Friedman) indique una diferencia significativa entre los grupos. Es esencialmente una versión no paramétrica del test de Tukey, pero aplicada a los rangos en lugar de a los datos originales.

Antecedentes

La respuesta emocional juega un papel crucial en las decisiones cotidianas, y las metodologías tradicionales de aceptación y preferencia de los consumidores no logran predecir con exactitud las elecciones alimentarias. Por ello, se ha sugerido que un enfoque combinado podría mejorar la capacidad predictiva de estas decisiones. Aunque la escala hedónica es una de las metodologías más empleadas, investigaciones han mostrado que las muestras con calificaciones similares presentan una mayor discriminación cuando se consideran las respuestas de las mediciones emocionales.

Por ejemplo, un estudio que abarcó múltiples categorías de productos en cuatro investigaciones diferentes, con diversos grupos de consumidores y variantes de cuestionarios emocionales, exploró las diferencias en las asociaciones emocionales de grupos de consumidores con distintos patrones de preferencia. Al analizar los patrones de preferencia de los consumidores, descubrieron que los consumidores con diferentes patrones de preferencia no diferían significativamente en la percepción sensorial, pero sí mostraban diferencias en las asociaciones emocionales explícitas cognitivas, independientemente del agrado (Spinelli et al., 2019).

La utilización de emojis garantiza la atención de las personas debido a su creciente popularidad y uso espontáneo por consumidores en redes sociales o aplicaciones de mensajería como WhatsApp o Messenger. Ares & Jaeger (2017) compararon cuatro formatos de cuestionarios con emojis para medir cómo se sentirían los consumidores chinos al comer distintos productos del mar. Los métodos incluían: CATA (Check-All-That-Apply) con selección directa de emojis en una sola página; CATA con barra de desplazamiento y cuadro de clic adyacente; preguntas forzadas de "sí/no" con barra de desplazamiento; Rate-All-That-Apply (RATA), donde los consumidores indicaban si un emoji aplicaba y luego calificaban en "bajo", "medio" o "alto". Un quinto formato similar a CATA excluía la pregunta "¿Cómo te sentirías?". Aunque las variantes metodológicas arrojaron resultados generales similares, el formato RATA se destacó por su mayor frecuencia de uso de emojis y mejor capacidad de discriminar entre las muestras.

En un estudio realizado por Wendin et al. (2011) se investigó cómo las soluciones de gustos básicos (dulce, salado, ácido, amargo y umami) provocan respuestas sensoriales y emocionales, utilizando el análisis de las expresiones faciales. Se registraron la intensidad y agrado, mediante la administración de soluciones a distintas concentraciones a un panel de evaluadores, al tiempo que se capturaban sus reacciones faciales de forma sistemática. Los resultados revelaron que las expresiones faciales variaban significativamente en función del tipo y la concentración del sabor, lo que evidencia una conexión directa entre la percepción sensorial y la respuesta emocional. A medida que aumentaba la concentración de los estímulos gustativos, se intensificaban las reacciones faciales, destacando particularmente el sabor ácido (generando movimientos labiales marcados) y el amargo (que provocó expresiones notables en ojos y frente). Sin embargo, en los sabores amargo y umami se observó una atenuación de ciertas reacciones a concentraciones más altas. Asimismo, el agrado percibido disminuyó conforme aumentaba la intensidad del estímulo,

siendo las soluciones de baja concentración de dulce y el agua pura las más agradables y las que suscitaron expresiones faciales más tenues.

En línea con estos hallazgos, De Wijk et al. (2019) han demostrado que, tras la emoción de neutralidad, las emociones de tristeza y enojo fueron las más frecuentes al evaluar productos de carne de pollo y de soya. Este resultado subraya la importancia de considerar la matriz y presentación del alimento, ya que el acto de masticar puede interferir con la lectura precisa de las expresiones faciales.

En contraste, en el estudio de He et al. (2016), las participantes fueron expuestas únicamente a los aromas de naranja y pescado mediante un olfactómetro dinámico, sin ingerir las muestras. Las emociones captadas por FaceReader y PrEmo mostraron una alta correlación ($R = 0.97$), lo que puede atribuirse tanto a la ausencia de interferencia física (como la masticación) como a las marcadas diferencias en el agrado de los estímulos. Este tipo de estudio resalta cómo las condiciones experimentales y el tipo de estímulo influyen directamente en la sensibilidad de las herramientas emocionales utilizadas.

Por otro lado, en un estudio se buscó desarrollar un modelo óptimo para predecir la aceptación general y la preferencia de soluciones de agua, sacarosa, ácido cítrico, sal y cafeína, basándose en la intensidad del sabor y las emociones evocadas. Las respuestas emocionales se midieron por medio de cuestionarios de autoevaluación (EsSense25), expresiones faciales y las respuestas del sistema nervioso autónomo (EDA, HR y temperatura de la piel). Los resultados mostraron que las respuestas emocionales medidas mediante el cuestionario de autoevaluación y el análisis de las expresiones faciales, junto con la intensidad del sabor percibida fueron las más efectivas para predecir tanto la aceptación general como la preferencia, mientras que las medidas del ANS mostraron una contribución limitada. A diferencia de algunas investigaciones previas, este estudio mostró que tanto las emociones positivas como las negativas pueden ser útiles para predecir la aceptación y preferencia del consumidor (Samant et al., 2017).

En un estudio previo realizado por Torrico et al. (2018) en donde se analizaron las respuestas emocionales y fisiológicas, se observó que diferentes formulaciones de chocolates (chocolate con leche, semiamargo, amargo o con caramelo explosivo) pueden generar variaciones sutiles en las respuestas fisiológicas (HR y temperatura de la piel), aunque sin diferencias significativas ($p < 0.05$) en las evaluaciones hedónicas o emocionales. Por ejemplo, se ha reportado que la temperatura periférica de la piel puede verse afectada por el tipo de chocolate, mientras que la frecuencia cardíaca y las expresiones faciales tienden a mantenerse estables. Además, predominó la expresión neutral, seguida de tristeza, felicidad y enojo, sin diferencias significativas entre grupos o estímulos.

Justificación

La reacción emocional desempeña un papel significativo en nuestra selección de alimentos. Además, la aceptabilidad de un alimento es comúnmente evaluada por pruebas afectivas que requieren de un procesamiento consciente de la información, mientras que la experiencia alimentaria es un proceso no racional e intuitivo. Igualmente, los métodos tradicionales para medir la aceptación y preferencia de los consumidores no siempre logran predecir con precisión qué alimentos elegirán. Por lo tanto, estudiar el impacto de la respuesta emocional es fundamental debido a que las emociones juegan un papel crucial en las decisiones de compra y consumo de alimentos. Ya que estas afectan nuestras percepciones inmediatas, funcionan como atajos mentales, moldean nuestras preferencias y fidelidad a la marca, y se adaptan a nuestro estado de ánimo al momento de comprar. Por consiguiente, nos brindan una comprensión profunda de por qué preferimos ciertos alimentos y productos sobre otros. Debido a esto, la incorporación de mediciones implícitas y explícitas de la respuesta emocional permite obtener un panorama más amplio de las preferencias de los consumidores y mejorar la capacidad predictiva de las elecciones alimentarias. Esta combinación nos permite obtener una comprensión completa de la respuesta emocional ya que la medición explícita proporciona información directa sobre cómo los consumidores describen sus emociones, ya sea mediante cuestionarios de autoevaluación donde pueden expresar conscientemente sus sentimientos y preferencias. Por otro lado, la medición implícita captura las respuestas emocionales automáticas e inconscientes, ofreciendo una visión más profunda y genuina de las emociones del consumidor que no siempre se pueden expresar directamente. En el futuro, se espera que esta información nos guíe en el desarrollo de estrategias efectivas para mejorar la aceptación de nuevos alimentos o ingredientes y fomentar una alimentación saludable.

Objetivo general

Analizar la relación entre las respuestas emocionales implícitas (fisiológicas y expresiones faciales) y explícitas (autorreporte) en consumidores ante estímulos alimentarios, con el propósito de determinar su utilidad para describir emocionalmente los alimentos como complemento a las evaluaciones hedónicas tradicionales.

Objetivos específicos

- Analizar la relación entre las respuestas emocionales implícitas y explícitas en pruebas con consumidores ante estímulos alimentarios, mediante un Análisis Factorial Múltiple (MFA).
- Examinar la relación de la respuesta emocional con el nivel de familiaridad y agrado del estímulo alimentario presentado a los participantes por medio de los coeficientes R_v obtenidos del MFA.
- Evaluar la influencia del esfuerzo masticatorio de distintos alimentos en las respuestas emocionales implícitas, con el propósito de identificar aquellos que generen menor interferencia en su medición.
- Determinar la correlación entre las respuestas emocionales implícitas y explícitas en la caracterización sensorial de chocolates, a fin de fortalecer su caracterización sensorial como complemento multidimensional a las pruebas hedónicas tradicionales.

Hipótesis

- Existe relación entre las respuestas emocionales medidas de forma implícita (fisiológica y conductual) y explícita (autorreporte).
- Las respuestas emocionales hacia estímulos alimentarios están moduladas por una interacción dinámica entre factores externos (matriz alimentaria, ambiente físico) e internos (estado emocional, fisiológico, preferencias y hábitos).

Metodología

La metodología se estructuró en diversas etapas con el objetivo de evaluar las respuestas cognitivas explícitas y las respuestas emocionales implícitas asociadas a estímulos alimentarios. En primer lugar, se estableció la metodología para la medición cognitiva explícita mediante el uso de emojis, considerando tanto su número como su forma de presentación. Posteriormente, se aplicaron de manera combinada las metodologías de emojis y FaceReader utilizando imágenes de alimentos, y en una fase posterior se incorporó el registro de mediciones del ANS para evaluar alimentos dulces con distintos niveles de esfuerzo masticatorio. Esta etapa permitió identificar la matriz alimentaria que generara menor interferencia en las mediciones implícitas. Finalmente, se llevó a cabo una prueba de consumo con chocolates empleando las metodologías previamente definidas.

En la siguiente figura se muestran las pruebas realizadas y las mediciones implícitas y explícitas consideradas en cada una de ellas.

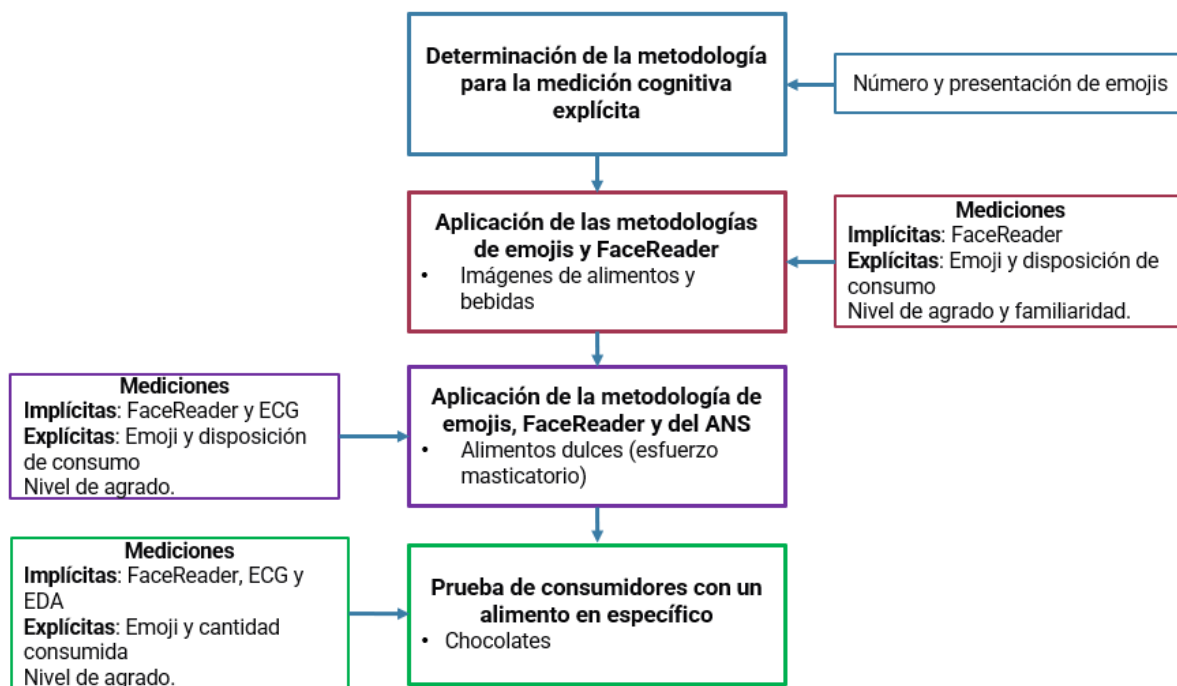


Figura 8. Pruebas sensoriales y mediciones realizadas. Abreviaturas: HR, frecuencia cardiaca; EDA, actividad electrodérmica; ANS, sistema nervioso autónomo.

Además, en todas las pruebas sensoriales se aplicó un cuestionario diseñado para identificar la presencia de psicopatologías en los participantes. Este instrumento permitió analizar si las respuestas variaban según las psicopatologías seleccionadas por los participantes o entre aquellos sin diagnóstico de este tipo. Asimismo, el cuestionario sirvió para definir la población analizada, al aportar información demográfica relevante sobre la presencia o ausencia de estas condiciones en la muestra.

Es importante señalar que dicho cuestionario tuvo únicamente fines de tamizaje (screening), es decir, su propósito fue detectar la posible presencia de síntomas autorreportados y no establecer diagnósticos clínicos. La aplicación no estuvo acompañada por una evaluación psicológica profesional ni por una entrevista clínica estructurada, por lo que los resultados deben interpretarse exclusivamente como referencias preliminares de carácter descriptivo. En consecuencia, en este estudio no se diagnosticó a ningún participante, sino que se trabajó con la información proporcionada de manera voluntaria y autorreportada para fines comparativos dentro del análisis.

El análisis de los resultados permitió probar que los datos cumplieran con el supuesto de una distribución normal y se analizaron por medio de ANOVA. En donde las personas se trataron como un factor aleatorio y las muestras como un factor fijo. Además, si los datos no cumplían una distribución normal, se analizaron por medio de pruebas no paramétricas. Igualmente, en cada estudio los participantes evaluaron todos los estímulos correspondientes y los datos fueron analizados de manera independiente para cada una de las pruebas realizadas.

Determinación de la metodología para la medición cognitiva explícita (emojis)

Metodología

Se utilizaron los emojis del EsSense25 determinados y utilizados en la investigación realizada por Jaeger et al. (2017), que incluye tanto emojis faciales como no faciales. La validación de este instrumento se realizó mediante siete estudios de caso que incluyeron entre 118 y 141 participantes cada uno, en los cuales se evaluó una amplia gama de alimentos y bebidas comercialmente disponibles. Para la presente investigación, se seleccionaron exclusivamente los emojis faciales definidos como redondos y predominantemente amarillos, que varían en expresiones faciales. Estos emojis se presentan en la tabla siguiente, y su nomenclatura se obtuvo de la base de datos de Emojipedia (Zedge, s/f).

Tabla 4. Emojis seleccionados.

Emoji	Nombre
	cara enfadada
	cara de frustración
	cara de confusión
	cara con sudor frío
	cara lanzando un beso
	cara gritando de miedo
	cara vomitando
	cara resoplando
	cara sacando la lengua
	cara asustada
	cara sonrojada
	cara estupefacta
	cara guiñando el ojo
	cara neutral
	cara desanimada
	cara desesperada
	cara sonriendo con ojos de corazón
	cara feliz con ojos sonrientes
	cara sonriendo con gafas de sol
	cara con ojos cerrados y lengua fuera
	cara de desaprobación
	cara agotada
	cara sacando la lengua y guiñando un ojo

El diseño de los emojis varía según la plataforma en la que se utilicen, adaptándose al estilo visual de cada sistema operativo o aplicación. Por lo que se seleccionaron los emojis de la plataforma de WhatsApp debido a que es la plataforma de mensajería más popular en México y el 92.2% de

la población la utiliza (Statista, 2024), esto resulta beneficioso, ya que la mayoría de las personas ya están familiarizadas con el diseño. Además, el diseño es muy similar a los de la plataforma Apple los cuales han sido los más estudiados.

El estudio se enfocó en explorar el significado dimensional de los 23 emoji y reducir su número. Por lo que se utilizó la técnica de mapa proyectivo por medio del software de FIZZ en donde a los participantes se les pidió colocar los emojis según las similitudes y diferencias de su significado emocional sobre un rectángulo. Los emojis se presentaron en un orden aleatorio para cada participante, pero los participantes podían elegir libremente en qué secuencia colocarlos. También se les preguntó la frecuencia con la que suelen utilizarlos y si es que los utilizan para describir alimentos o experiencias de consumo de alimentos.



Figura 9. Presentación del mapa proyectivo en el software de FIZZ.

Se empleó el Análisis de Procustes Generalizado (GPA) para analizar los mapas proyectivos y generar un mapa consenso. A partir de este análisis, se obtuvieron los residuales de Procustes, que cuantifican la discrepancia de cada mapa individual con respecto al consenso. Para investigar si las variables demográficas explicaban estas diferencias, se analizó la asociación entre los residuales y dichos factores mediante las pruebas de Mann-Whitney (para variables de dos grupos) y Kruskal-Wallis (para variables de tres o más grupos).

Resultados

Datos demográficos

La prueba se aplicó a 103 personas, de las cuales el 90% pertenecía al grupo de edad de 18 a 30 años y el 63% mencionó tener un nivel de escolaridad máximo de preparatoria. La mayoría reportó usar emojis siempre o con frecuencia, mientras que solo cuatro personas declararon no utilizarlos nunca. Esto indica que la mayor parte de la muestra ya estaba familiarizada con los emojis como forma de expresión.

Respecto al uso de emojis para describir alimentos o experiencias de consumo, 54 participantes afirmaron no hacerlo. No obstante, el análisis de la Tabla 5 muestra que no hubo diferencias significativas ($p < 0.05$) en la forma en que identificaron y relacionaron los significados emocionales de los emojis en el mapa proyectivo. Este resultado es positivo, pues sugiere que, a pesar de no estar acostumbradas a emplearlos con este fin, las personas podrían adaptarse a utilizar emojis para describir emociones relacionadas a alimentos.

Tabla 5. Resultados y análisis estadístico en base a los residuales de GPA, utilizando $\alpha = 0.05$.

		Personas	Análisis estadístico	p
Sexo	Hombres	40	Mann-Whitney U	0.8523
	Mujeres	63		
Escolaridad (Nivel más alto alcanzado)	Preparatoria	65	Kruskal-Wallis	0.0972
	Universidad	31		
	Maestría	3		
	Doctorado	4		
Edad	18-30	93	Kruskal-Wallis	0.2264
	31-45	9		
	46-60	1		
Frecuencia de uso de emojis	Siempre	29	Kruskal-Wallis	0.1474
	Frecuentemente	42		
	Ocasionalmente	21		
	Rara vez	7		
	Nunca	4		
Uso de emojis para describir alimentos	Sí	49	Mann-Whitney U	0.9368
	No	54		
Trastorno bipolar	Marcaron por lo menos un rasgo	91	Mann-Whitney U	0.7685

	No marcaron ningún rasgo	12		
Ansiedad	Marcaron por lo menos un rasgo	75	Mann-Whitney U	0.5384
	No marcaron ningún rasgo	28		
Depresión	Marcaron por lo menos un rasgo	76	Mann-Whitney U	0.4310
	No marcaron ningún rasgo	27		
Trastorno obsesivo compulsivo	Marcaron por lo menos un rasgo	71	Mann-Whitney U	0.4760
	No marcaron ningún rasgo	32		

Análisis de Procrustes Generalizado

Este gráfico captura el 100% de la variabilidad de los datos y el primer componente explica más del 90% de dicha variabilidad, lo que lo convierte en el factor más relevante para diferenciar entre los emojis. Los emojis situados a la izquierda del eje parecen representar expresiones emocionales más negativas como tristeza o enfado, mientras que los de la derecha se pueden asociar con emociones más positivas como alegría. Por otro lado,

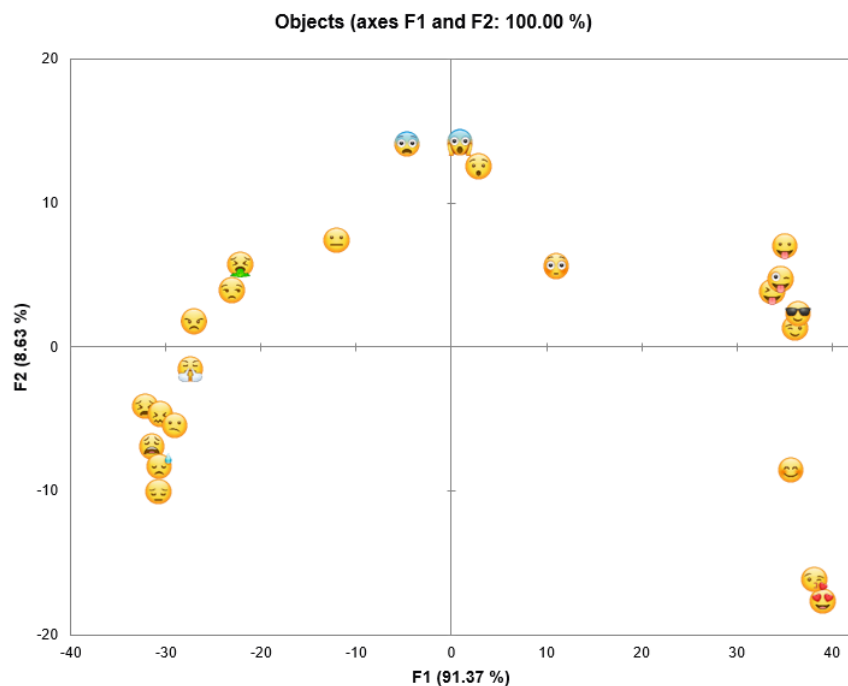


Gráfico 1. Mapa consenso del mapa proyectivo

el segundo componente explica el 8.63% de la variabilidad y refleja una segunda diferenciación entre estos. Además, se puede observar visualmente que forman ciertas agrupaciones entre sí, por lo que se realizó una clusterización aglomerativa para reducir el número de emojis a presentar en las pruebas futuras como se puede apreciar en el siguiente gráfico.

Clusterización Aglomerativa

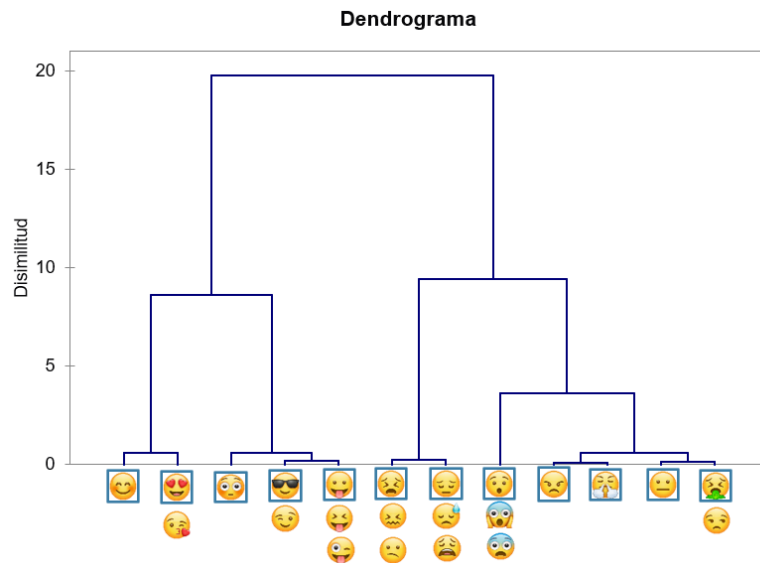


Gráfico 2. Dendrograma con 12 clases del GPA.

De cada clase se seleccionó un emoji según la frecuencia de uso reportada en la investigación de Jaeger et al. (2017), priorizando aquel con el menor número de significados emocionales según la página web de Emojipedia (Zedge, s/f) para facilitar su comprensión. Por lo tanto, se redujo el número de emojis de 23 a 12, lo que facilitará la selección ya que los consumidores suelen presentar dificultades en la elección de una cantidad elevada de opciones o atributos.

Prueba con imágenes-Aplicación de las metodologías de emojis y FaceReader

Metodología

Se realizó una prueba con imágenes de alimentos y bebidas como estímulos para aplicar la metodología de emojis previamente establecida, además de verificar el método del uso del FaceReader. Para la selección de las imágenes se utilizó CROCUFID, una base de datos cross-cultural de imágenes de 479 alimentos y 165 artículos no alimentarios, diseñada para estudiar las respuestas afectivas que provocan (Toet et al., 2019). Esta base incluye valoraciones de las imágenes en dos dimensiones emocionales clave: valencia (emociones positivas o negativas) y excitación (nivel de intensidad emocional, desde energéticas hasta tranquilas). Por lo que se seleccionaron 9 imágenes de esta base de datos y dos fueron de creación propia como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 6. Imágenes utilizadas en la prueba sensorial.

Número de imagen	Imagen	Criterio de selección
0001	Naranjas	Fácilmente reconocible
0028	Zanahorias	Fácilmente reconocible
0081	Aceitunas negras y verdes	Fácilmente reconocible
0145	Mezcla de dulces	Fácilmente reconocible
0325	Bombones de chocolate	Alto valor de excitación
0239	Té	Bajo valor de excitación
0009	Ensalada griega	Bajo valor de valencia y excitación
0357	Pizza	Alto valor de valencia
0312	Helado	Alto valor de valencia
0184	Fresas en descomposición	Bajo valor de valencia y alta eficacia para evocar una emoción negativa
Creación propia	Taco de chapulines	México es un país que practica la entomofagia
Creación propia	Refresco de cola	Altamente consumido en México

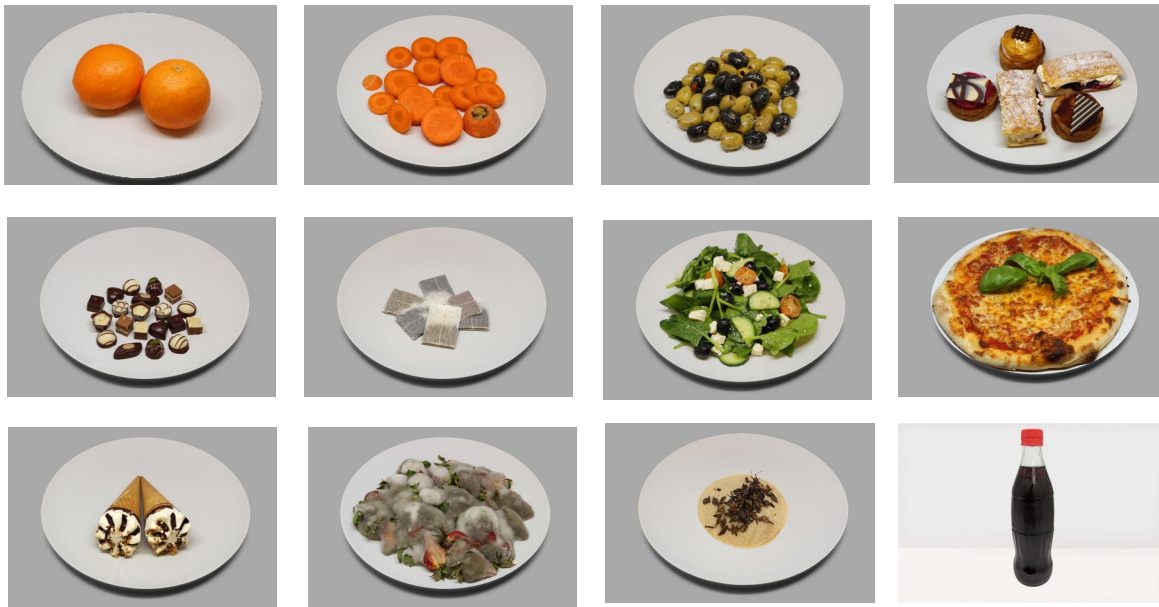


Figura 10. Conjunto de imágenes empleadas en el estudio, organizadas según el orden presentado en la Tabla 6.

La imagen de las naranjas se utilizó para explicar a los participantes las preguntas y la forma que debían de responder junto con la escala de intensidad para las emociones, mientras que dos imágenes (zanahorias y aceitunas) se utilizaron para que los participantes se familiarizaran con este procedimiento. Las demás imágenes se presentaron de manera aleatoria a cada participante. Primero se les aplicó a los participantes el cuestionario de psicopatologías y después se utilizó el procedimiento que se observa en la siguiente figura:

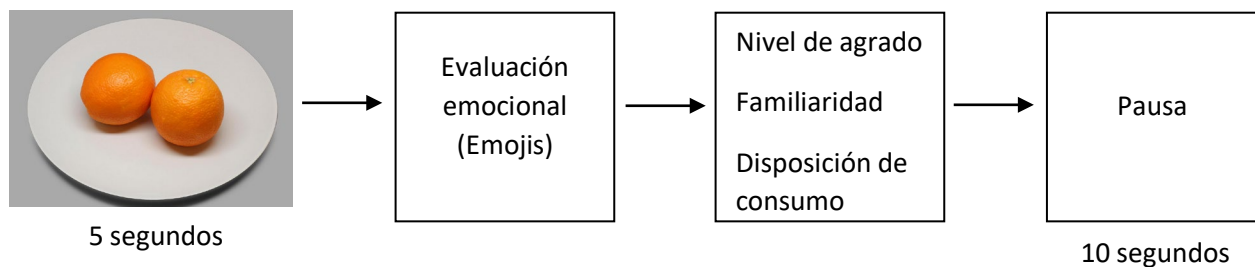


Figura 11. Metodología para la prueba sensorial con imágenes.

Selecciona la emoción o emociones que te provoca este alimento y marca su intensidad, desde muy bajo "1" a muy alto "5"









☐ 1
 ☐ 2
 ☐ 3
 ☐ 4
 ☐ 5







Figura 12. Presentación de la pregunta de la evaluación emocional con emojis usando una escala de 5 puntos.

Primero se les presentó una imagen por 5 segundos para obtener un promedio de la medición del FaceReader, después indicaron su estado emocional junto con su intensidad hacia al alimento por medio de la metodología de Emojis. Posteriormente evaluaron el nivel de agrado, familiaridad y disposición para consumir el alimento presentado, seguido de una pausa. Repitiendo el proceso para todas las imágenes analizadas. El tiempo de presentación del estímulo y el de la pausa fue determinado en base a las investigaciones realizadas por Torrico et al. (2018) y Ruiz-Padial et al. (2021). Después de extraer los datos y convertir las respuestas de las escalas a valores numéricos, como se muestra en la tabla siguiente, se consideró que a mayor valor positivo correspondía un mayor agrado, familiaridad y disposición de consumo ([Anexo 1](#) y tabla 7). La versión numérica de la escala hedónica es muy similar a una escala ordinal con categorías, con la diferencia de que emplea números en lugar de términos descriptivos para ordenar los niveles de agrado o desagrado. En este estudio, al utilizar una escala de 7 puntos, los valores se transformaron a un rango de -3 a +3 con el fin de centrar la escala en cero y asegurar su simetría entre respuestas positivas y negativas (Escalona, 1995). Así, el punto medio representa una posición neutral (0), mientras que los valores negativos reflejan desagrado y los positivos el agrado.

Tabla 7. Nivel de agrado con su equivalencia numérica utilizada.

Nivel de agrado	Equivalencia
Extremadamente agradable	3
Medianamente agradable	2
Ligeramente agradable	1
Ni me agrada ni me desagrada	0
Ligeramente desagradable	-1
Medianamente desagradable	-2
Extremadamente desagradable	-3

Los datos se promediaron y se analizaron mediante un Análisis Factorial Múltiple (MFA) y se verificó que los datos tuvieran una distribución normal y se analizaron mediante un ANOVA, de no cumplirse dicho supuesto, los datos se analizaron con una prueba de Friedman para ver si había diferencias significativas entre las imágenes con las diferentes variables utilizadas. Se optó por esta prueba debido a que las comparaciones se realizaron entre más de dos imágenes evaluadas por los mismos participantes, por lo que se requería un procedimiento no paramétrico adecuado para datos relacionados en el presente estudio, ya que una sola persona evaluó todas las imágenes presentadas.

Resultados y discusión

Datos demográficos

Se aplicó la prueba a un total de 103 personas (60 mujeres y 43 hombres) y el 90% de estos pertenecía al grupo de edad de 18-30 años. Los demás datos demográficos se encuentran en el [Anexo 2](#).

Valencia

Al observar los resultados obtenidos en los datos de valencia (gráfico 3) se puede notar que las bolsas de té obtuvieron el promedio de valencia más negativo mientras los chocolates obtuvieron los valores más altos.

Se obtuvieron resultados similares a los reportados en la base de datos de CROCUFID en las imágenes de ensalada, fresas y helado, mientras que para la pizza se reportó un valor positivo en CROCUFID mientras que en los datos obtenidos por el FaceReader se obtuvo un valor negativo. Esta diferencia podría ser causada por el método de obtención de los resultados ya que en la base de datos la valencia se adquirió al preguntarles directamente a las personas que tan placentero o desagradable les parecía el alimento de la imagen, mientras que en esta prueba se recopiló mediante el análisis de expresión facial.

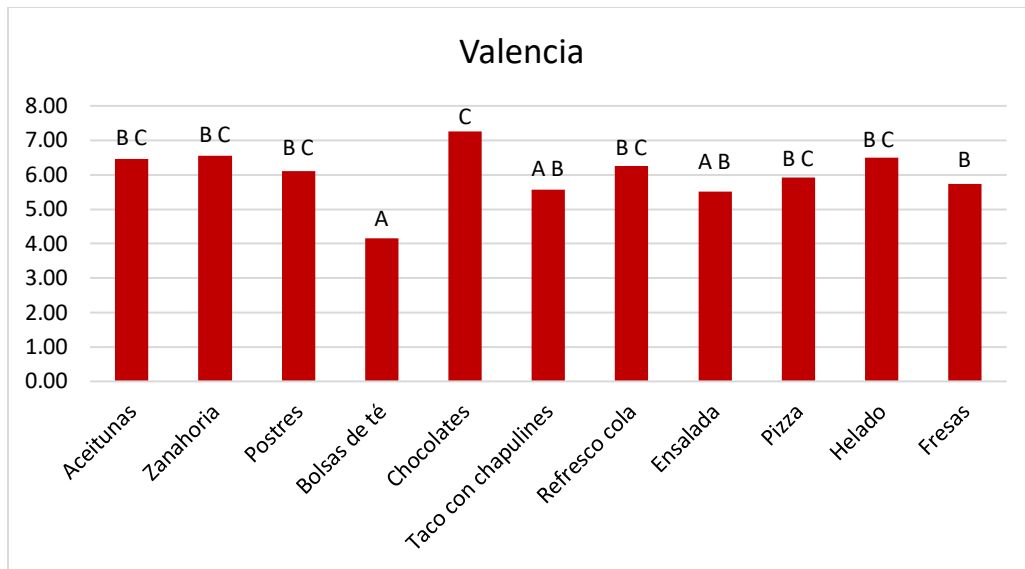


Gráfico 3. Medias de los rangos de valencia obtenidos por medio del FaceReader. Valores con letras diferentes indican diferencias significativas entre imágenes ($p < 0.05$, prueba de Friedman y Nemenyi con $\alpha=0.05$).

Excitación

En el siguiente gráfico se puede observar que para la imagen de fresas en descomposición se obtuvo el promedio más alto de excitación. Además, para las imágenes de chocolates en los resultados de CROCUFID se reportaron valores altos de excitación. Sin embargo, en esta prueba no se observaron valores elevados, por el contrario, los chocolates presentaron niveles bajos, similares a los de las zanahorias, postres, bolsas de té, taco con chapulines, refresco de cola,

ensalada, pizza y helado. Asimismo, no se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) respecto a las demás imágenes, con excepción de las fresas y las aceitunas.

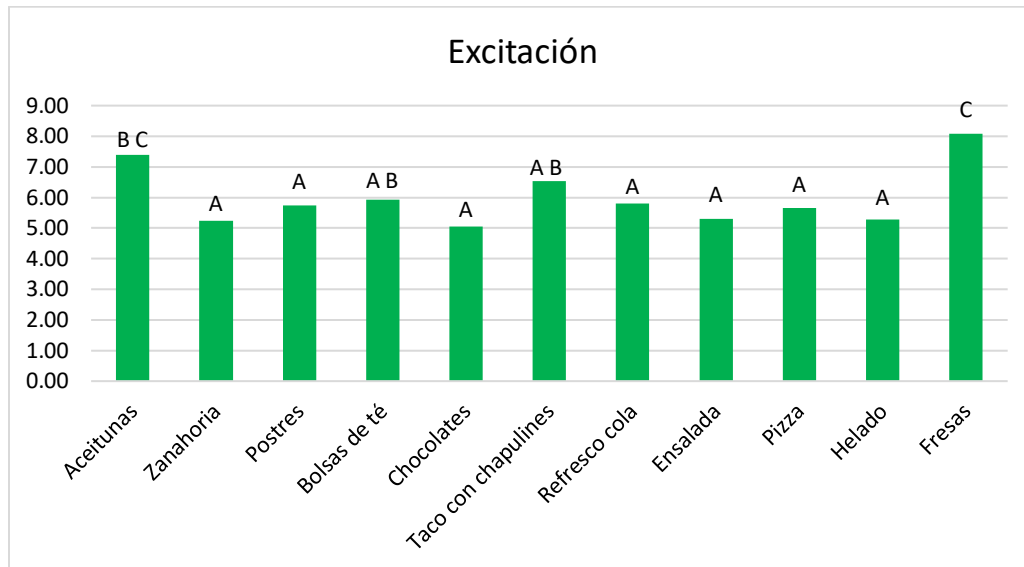


Gráfico 4. Medias de los rangos de excitación obtenidos por medio del FaceReader. Valores con letras diferentes indican diferencias significativas entre imágenes ($p < 0.05$, prueba de Friedman y Nemenyi con $\alpha=0.05$).

Nivel de agrado

Las imágenes con el nivel de agrado más alto fueron las del helado, postres, pizza y los chocolates, mientras que, para las imágenes de zanahoria, ensalada, refresco de cola y bolsas de té obtuvieron puntuaciones más bajas que los alimentos previamente mencionados, pero no significativamente diferentes entre algunos de ellos. Las aceitunas y el taco con chapulines se sitúan en un nivel bajo de agrado, siendo significativamente menos preferida que los alimentos con altos niveles de agrado. Finalmente, la imagen de fresas en descomposición presenta el nivel más bajo de agrado siendo significativamente menos agradable en comparación con todos los demás alimentos.

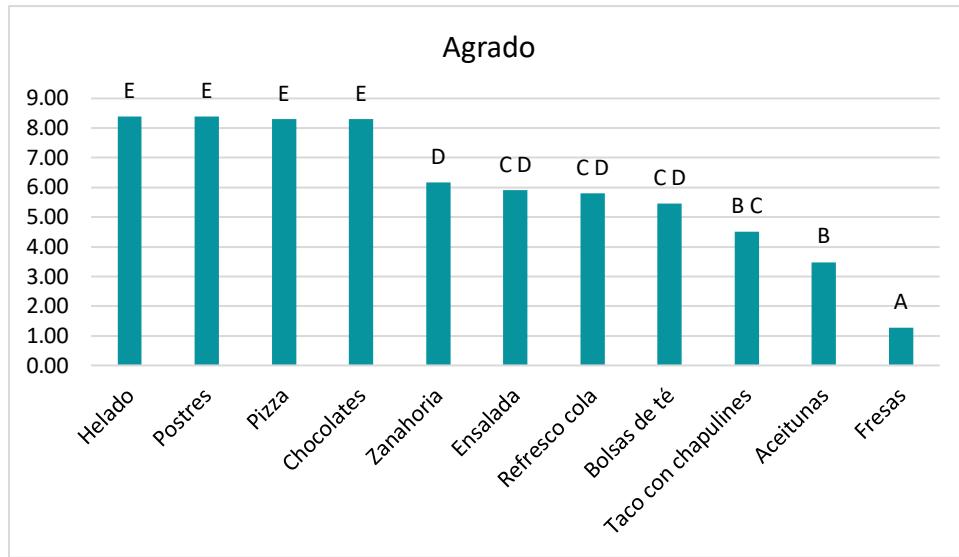


Gráfico 5. Medias de los rangos de las respuestas del nivel de agrado de las imágenes. Valores con letras diferentes indican diferencias significativas entre imágenes ($p < 0.05$, prueba de Friedman y Nemenyi con $\alpha=0.05$).

Disposición de consumo

Debido a la relación entre las variables de agrado y disposición de consumo, los resultados obtenidos (gráfico 6) fueron muy similares a los del nivel de agrado, con la imagen de las fresas en descomposición presentando el valor más bajo y siendo significativamente diferente a las demás imágenes.

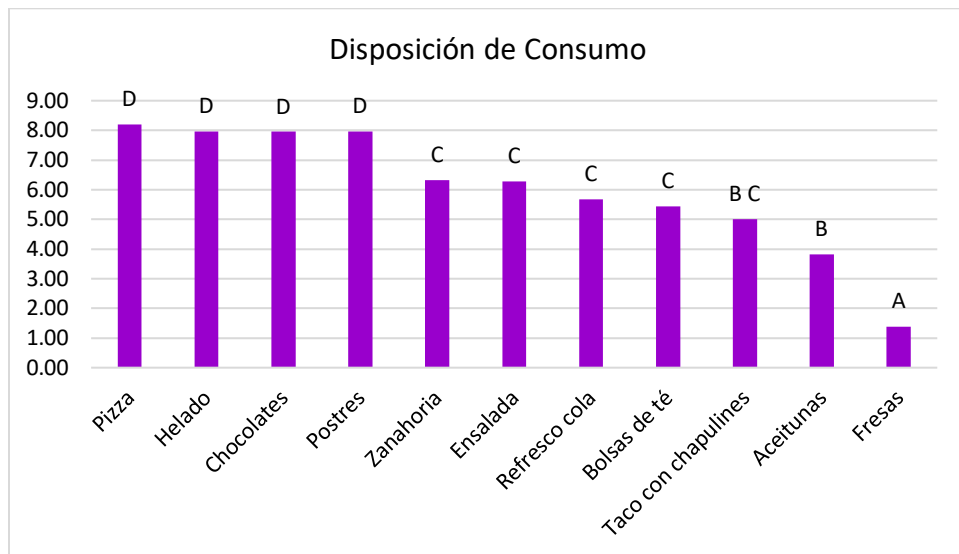


Gráfico 6. Medias de los rangos de las respuestas de disposición de consumo de las imágenes. Valores con letras diferentes indican diferencias significativas entre imágenes ($p < 0.05$, prueba de Friedman y Nemenyi con $\alpha=0.05$).

Nivel de familiaridad

El gráfico muestra el nivel de familiaridad para cada alimento. Las fresas resultan ser los menos familiares (grupo A), mientras que la pizza, chocolates, zanahoria, refresco cola y helado presentan la mayor familiaridad sin diferir entre sí (grupo D). Los alimentos restantes, como el taco con chapulines, bolsas de té, aceitunas, postres y ensalada, muestran familiaridad intermedia, reflejando diferencias significativas ($p < 0.05$) con algunos grupos.

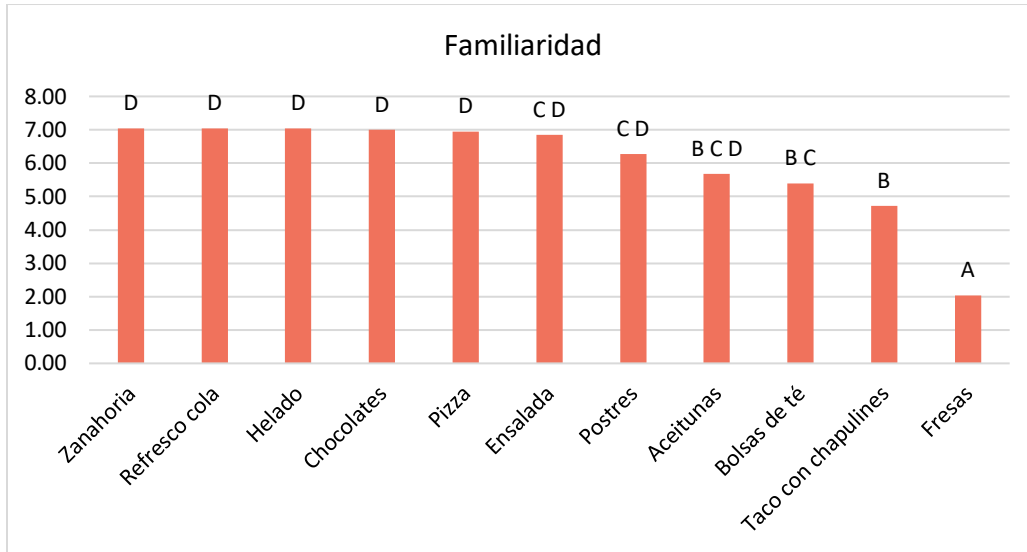


Gráfico 7. Medias de los rangos de las respuestas de familiaridad de las imágenes. Valores con letras diferentes indican diferencias significativas entre imágenes ($p < 0.05$, prueba de Friedman y Nemenyi con $\alpha=0.05$).

Expresiones faciales

Al analizar los valores obtenidos con FaceReader para cada emoción, se observó que en los siete estados registrados por el programa existieron diferencias significativas entre las imágenes, según la prueba de Friedman. En los gráficos siguientes se presentan las medias de intensidad emocional correspondientes a cada imagen, y en el [Anexo 3](#) se incluyen los resultados de las pruebas de Friedman y Nemenyi.

La expresión facial de neutral fue la más predominante para todas las imágenes. En cuanto a la emoción de alegría, las imágenes con medias más altas coincidieron en su mayoría con las que mostraron mayores niveles de agrado, excepto la imagen de fresas que presentó el nivel de agrado más bajo.

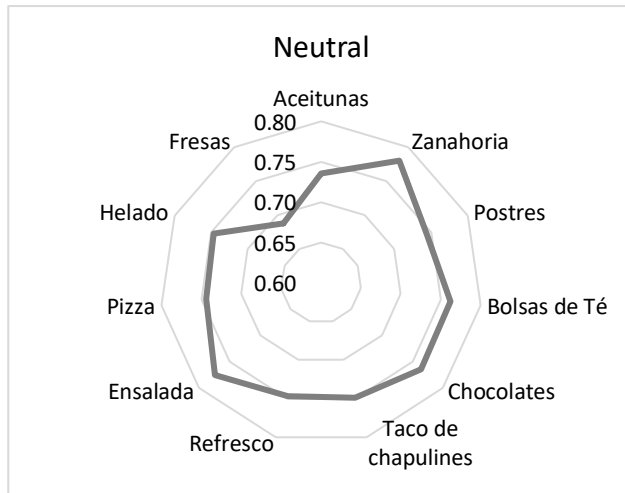


Gráfico 8. Medias de la intensidad de neutral.

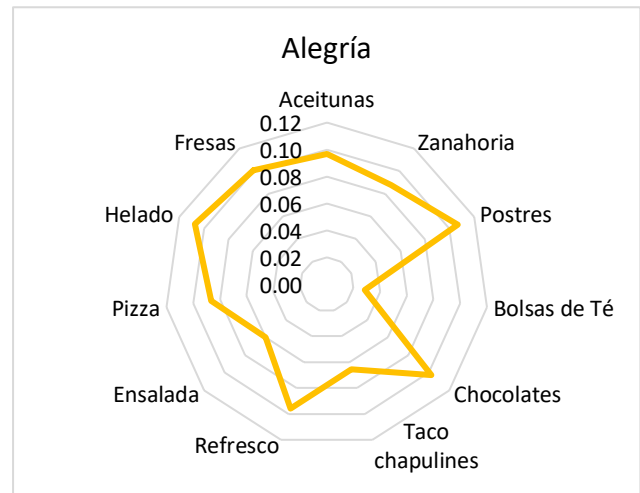


Gráfico 9. Medias de la intensidad de alegría.

Para la tristeza y el enojo se muestran comportamientos similares para la imagen de bolsas de té ya que tuvieron el valor más alto para ambas emociones y fueron diferentes de las demás.

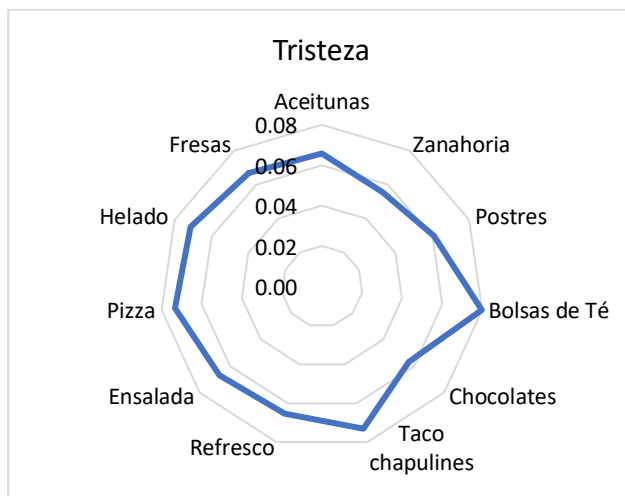


Gráfico 10. Medias de la intensidad de tristeza.

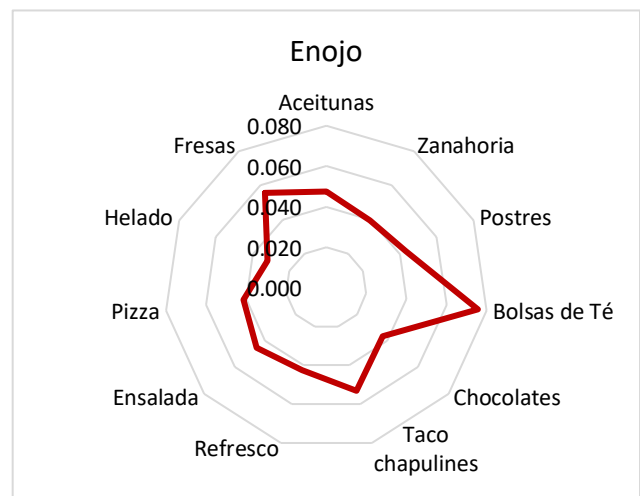


Gráfico 11. Medias de la intensidad de enojo.

Para la emoción de sorpresa, la imagen de las fresas obtuvo la media más baja y fue significativamente diferente de las demás. En la emoción de miedo, las imágenes de las bolsas de té, el taco de chapulines, las fresas y las aceitunas mostraron las medias más altas frente al resto.

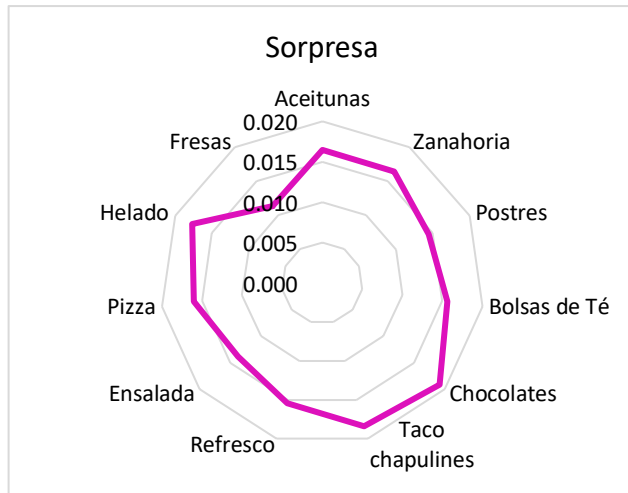


Gráfico 12. Medias de la intensidad de sorpresa.

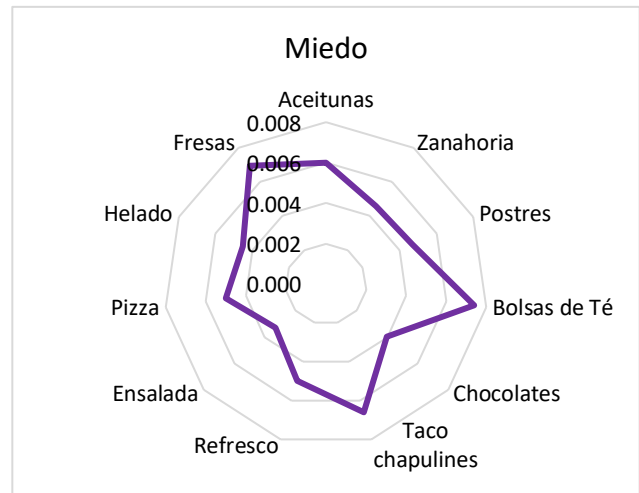


Gráfico 13. Medias de la intensidad de miedo.

Finalmente, para la emoción de disgusto se tuvieron los valores más altos en la imagen de las fresas y el taco de chapulines, mientras que los chocolates tuvieron la media más baja y fueron significativamente diferente de las demás imágenes.

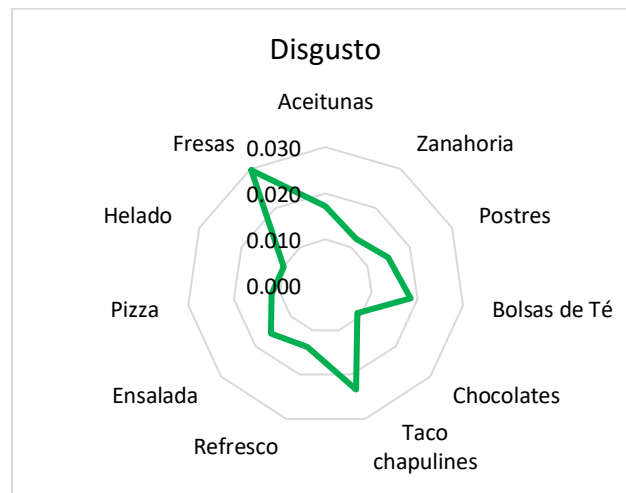


Gráfico 14. Medias de la intensidad de disgusto.

Emojis

Se analizaron los resultados de los emojis seleccionados para cada imagen y se obtuvo que los emojis permitieron diferenciar entre las imágenes a excepción de la cara enfadada, resoplando, sonrojada y desanimada. Esto se debió a que estos emojis fueron seleccionados muy pocas veces, lo que generó muchos ceros en los datos. Debido a que la prueba de Friedman se basa en rangos, la acumulación de valores iguales a cero generó medias de rangos muy similares entre las muestras, lo que impidió obtener resultados válidos. Esto puede apreciarse en los siguientes gráficos. Además, en el [Anexo 3](#) se encuentran los resultados de la prueba de Friedman y Nemenyi para los demás Emojis.

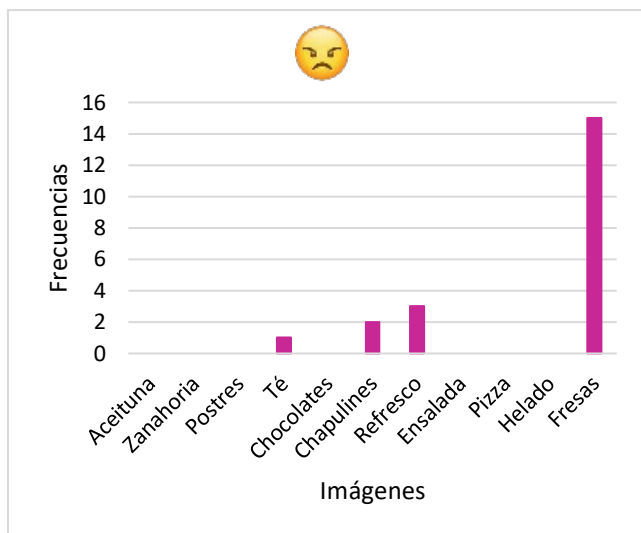


Gráfico 15. Frecuencias del emoji de cara enfadada.

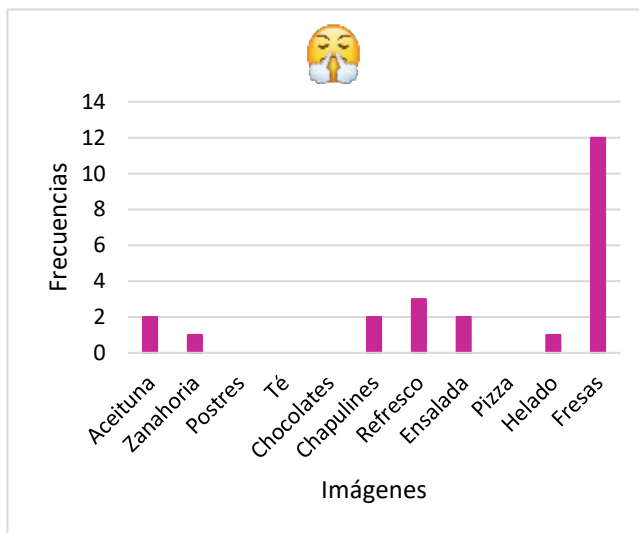


Gráfico 16. Frecuencias del emoji de cara resoplando.

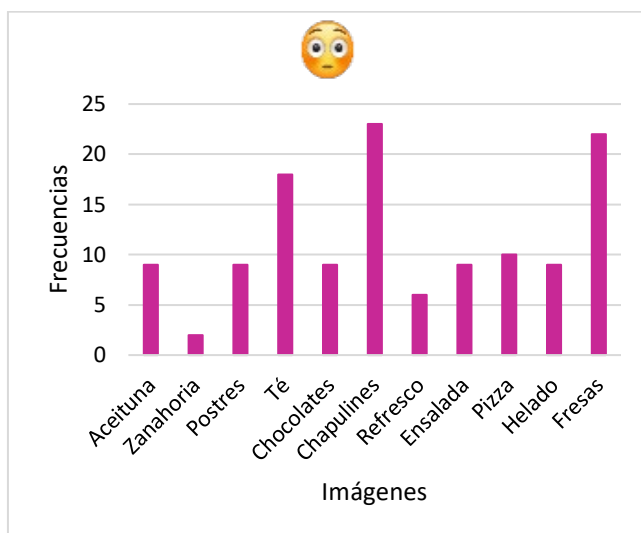


Gráfico 17. Frecuencias del emoji de cara sonrojada.

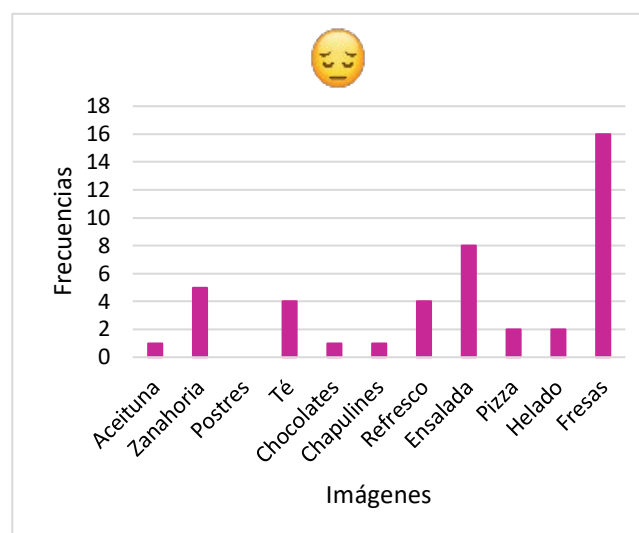


Gráfico 18. Frecuencias del emoji de cara desanimada.

La cara vomitando y la cara desesperada se seleccionaron con mayor frecuencia en la imagen de las fresas, mientras que en las imágenes con mayor nivel de agrado no fueron elegidas o fueron seleccionadas en menor medida.

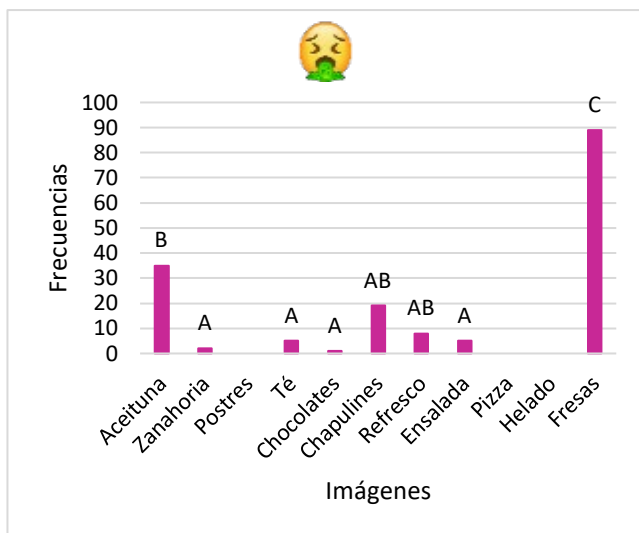


Gráfico 19. Frecuencias del emoji de cara vomitando.

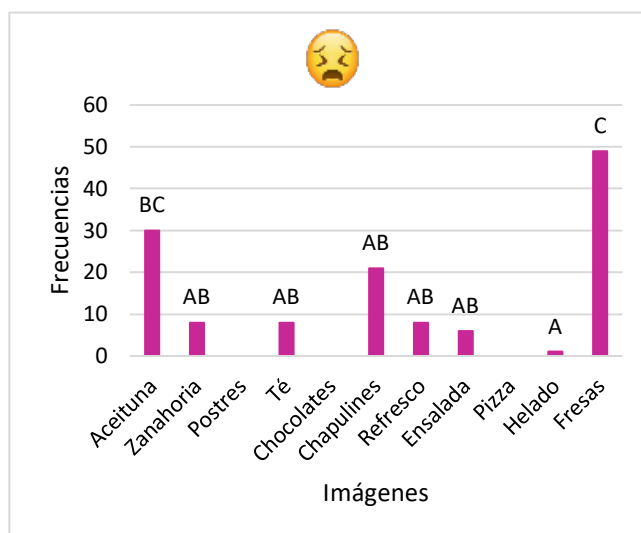


Gráfico 20. Frecuencias del emoji de cara desesperada.

En las imágenes con mayor nivel de agrado no se seleccionó tan frecuentemente la cara de neutral. Además, la cara estupefacta fue más marcada para la imagen del taco de chapulines.

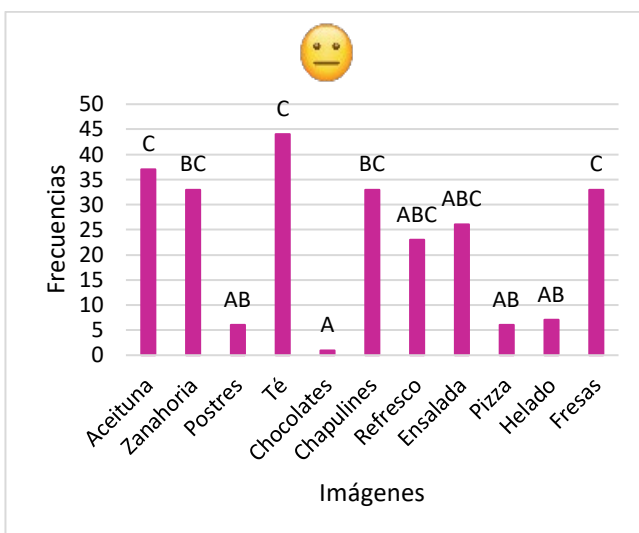


Gráfico 21. Frecuencias del emoji de cara neutral.

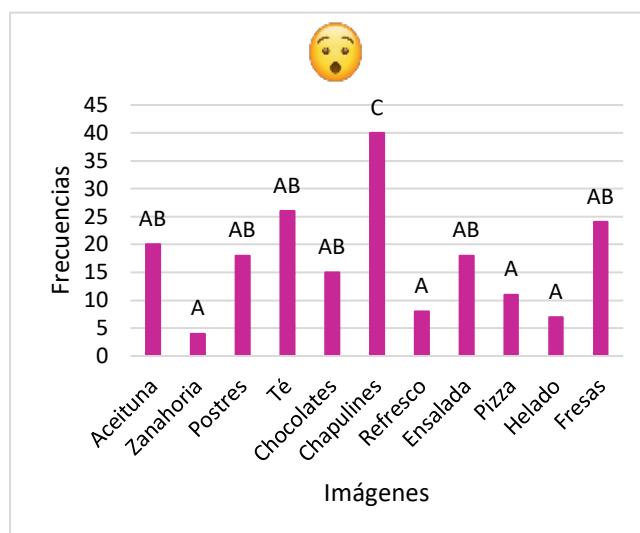


Gráfico 22. Frecuencias del emoji de cara estupefacta.

Para los emojis asociados a emociones positivas, en los gráficos 23 a 26 se aprecia que fueron seleccionados con mayor frecuencia en las imágenes con niveles más altos de agrado. En cambio, la imagen de las fresas presentó una frecuencia muy baja o nula, por lo que no se incluyó en el análisis de Friedman.

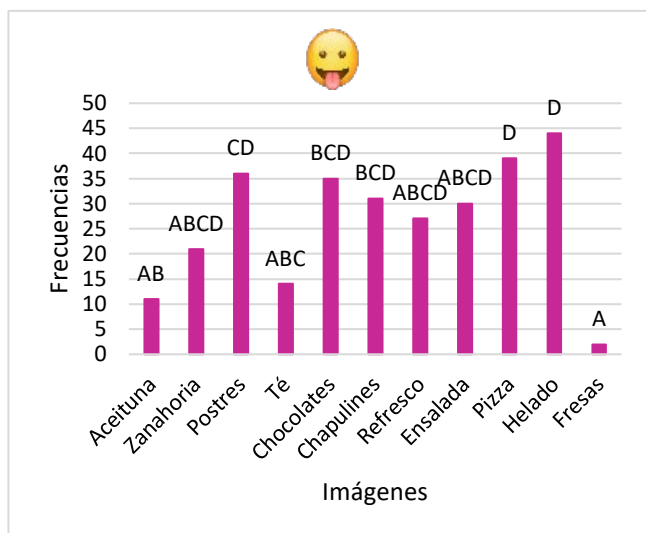


Gráfico 23. Frecuencias del emoji de cara sacando la lengua.

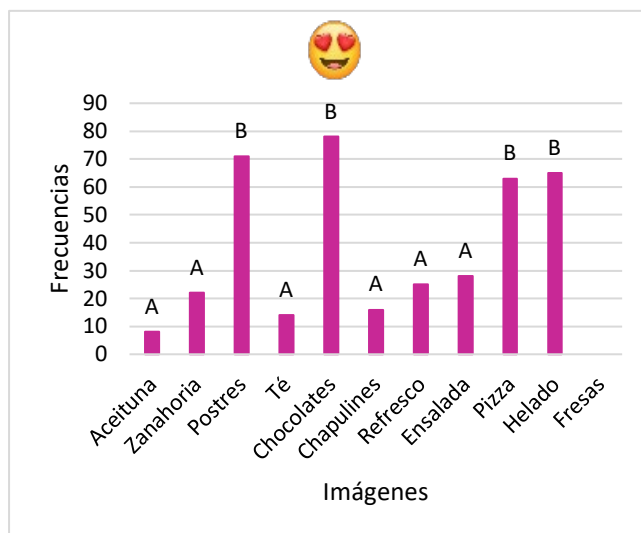


Gráfico 24. Frecuencias del emoji de cara sonriendo con ojos de corazón.

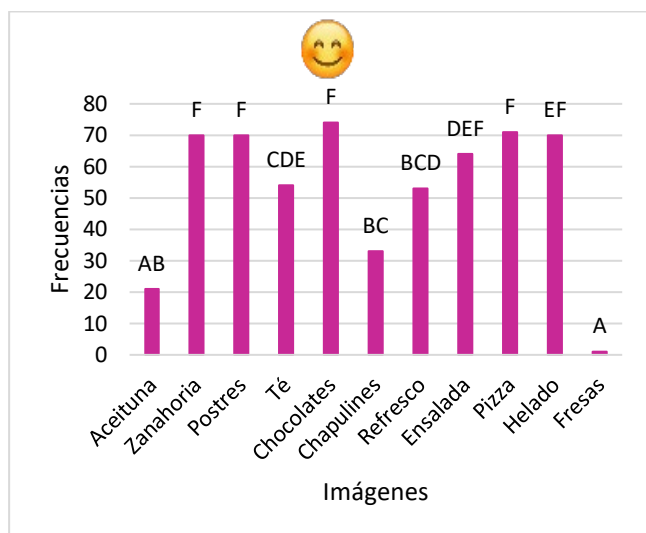


Gráfico 25. Frecuencias del emoji de cara feliz con ojos sonrientes.

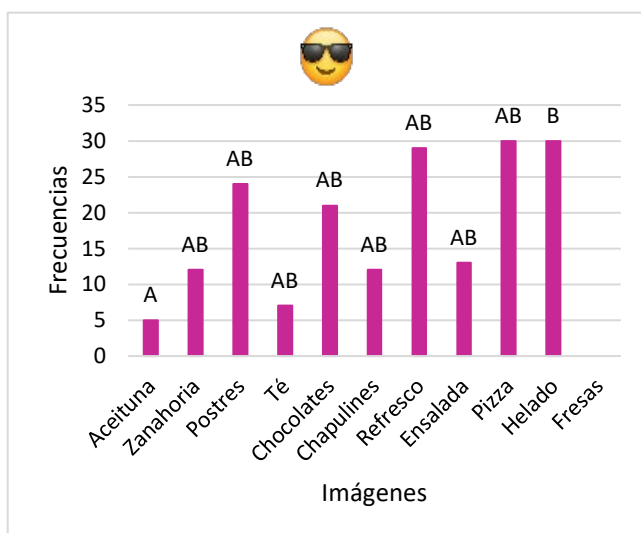


Gráfico 26. Frecuencias del emoji de cara sonriendo con gafas de sol.

Análisis Factorial Múltiple (MFA)

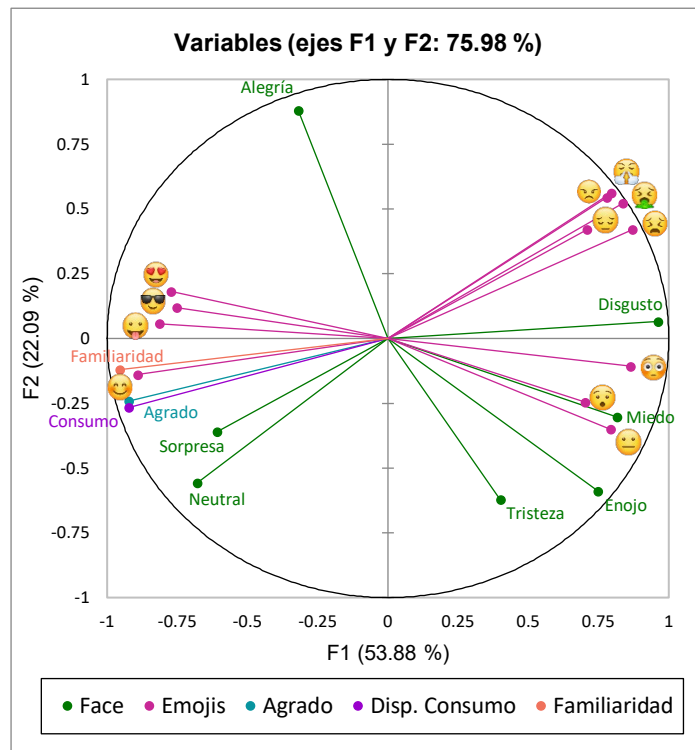


Gráfico 27. Correlación entre las variables medidas.

Al analizar las variables por medio de un MFA se puede observar en el gráfico 27 que se explicó un 75.98%, en el primer componente se explicó un 53.88% y diferenció las emociones placenteras del lado izquierdo y las emociones negativas del lado derecho. Las variables de agrado, familiaridad y disposición de consumo estuvieron relacionadas con los emojis asociados a emociones placenteras y a las emociones de sorpresa y neutral capturadas por el FaceReader. Por otro lado, las emociones obtenidas por medio del FaceReader de disgusto, miedo, enojo y tristeza tuvieron una mayor relación con los emojis asociados a emociones displacenteras, mientras que la alegría no tuvo mucha correlación con las demás variables.

En el gráfico 28 se puede observar que las imágenes asociadas a emociones más placenteras se acomodaron del lado izquierdo y del lado derecho se tienen las imágenes asociadas a emociones menos placenteras. Mientras que la imagen de fresas en descomposición fue la que presentó mayor diferencia con respecto a las demás ya que fue la que se encontró más alejada de todas las imágenes.

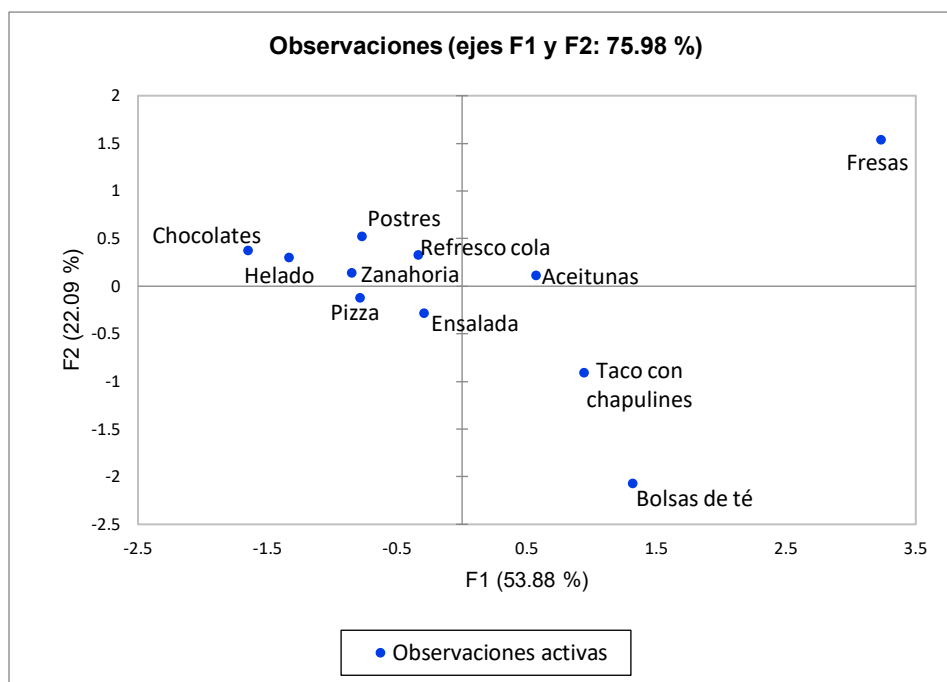


Gráfico 28. Proyección de observaciones en los ejes principales del MFA.

En la siguiente tabla se presentan los coeficientes R_v obtenidos del MFA, los cuales muestran que hubo una correlación moderada entre los datos de FaceReader y los de los Emojis (0.684). En contraste, en el estudio realizado por He et al. (2016), en el que 26 mujeres fueron expuestas a un aroma de naranja y otro de pescado, se correlacionaron las respuestas emocionales medidas con FaceReader y PrEmo, obteniendo un coeficiente de correlación de Pearson de $R=0.97$. Esta alta correlación puede atribuirse a que las muestras en este estudio presentaban diferencias más marcadas en comparación con las imágenes analizadas en esta prueba. Por otro lado, las variables de Emojis, agrado y disposición de consumo tuvieron una alta correlación (0.934 y 0.940, respectivamente)

Además, la variable de FaceReader con la familiaridad (0.704) tuvo una correlación más alta que con las variables de agrado y disposición de consumo (0.559 y 0.563, respectivamente). De igual forma la familiaridad fue la variable que tuvo coeficientes más altos de R_v a comparación de las demás variables. Los resultados obtenidos en este estudio, donde la familiaridad mostró los coeficientes R_v más altos en comparación con las demás variables, coinciden con la literatura que señala que este factor es uno de los predictores más sólidos de la aceptación sensorial. Diversas investigaciones han demostrado que, a medida que aumenta el nivel de familiaridad, también lo hace el agrado visual de los alimentos en distintos grupos culturales, y que los productos poco familiares tienden a recibir calificaciones consistentemente más bajas de agrado en todos los atributos sensoriales evaluados. Este patrón se ha atribuido a que la exposición previa a un alimento influye directamente en el desarrollo de preferencias, actitudes y expectativas hacia el producto (Torrico et al., 2019).

Tabla 8. Coeficientes Rv obtenidos del MFA.

	FaceReader	Emojis	Agrado	Disp. consumo	Familiaridad	MFA
FaceReader	1.000					
Emojis	0.684	1.000				
Agrado	0.559	0.934	1.000			
Disp. Consumo	0.563	0.940	0.992	1.000		
Familiaridad	0.704	0.843	0.806	0.802	1.000	
MFA	0.927	0.907	0.801	0.807	0.838	1.000

En el siguiente gráfico se puede observar la relación que tienen las variables analizadas de los Emojis (E) o del FaceReader (F) de cada imagen con respecto al consenso. La que tuvo mayor correlación fue la imagen de refresco de cola, mientras que las bolsas de té tuvieron la mayor diferencia al tener las proyecciones de FaceReader y Emojis más distantes. Esto pudo haber sido causado debido a que la presentación de las bolsas de té era un poco difícil de reconocer y hubo personas que fruncían el ceño viendo la imagen y otros no identificaron qué alimento era. Por otro lado, otra imagen que también no tuvo una correlación tan alta fueron las fresas en descomposición. En respuesta a este resultado, una explicación común para las expresiones de felicidad de los consumidores podría ser su sensación de sorpresa, ya que podrían ocultar su disgusto a través de una sonrisa (Crist et al., 2018).

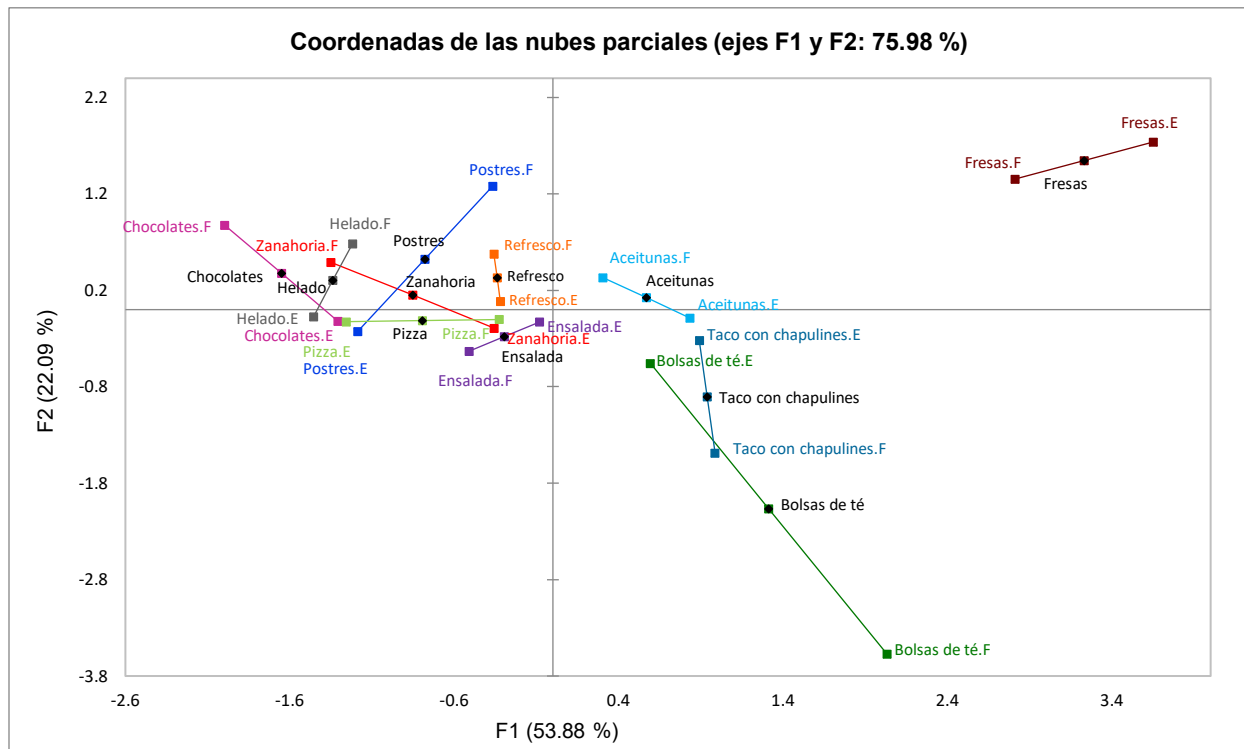


Gráfico 29. Relación entre las observaciones (imágenes) y los puntos proyectados (F, FaceReader y E, Emojis).

Prueba esfuerzo masticatorio-Aplicación de las metodologías de emojis, FaceReader y ANS

Metodología

Al considerar que la masticación tiene un efecto considerable sobre los resultados del análisis de la expresión facial (Zhi et al., 2018;De Wijk et al., 2019;Torrico et al., 2018). Se decidió llevar a cabo una nueva prueba sensorial utilizando diferentes matrices alimentarias que requirieran distintos niveles de masticación y por su modo de consumo (directo con las manos o con cuchara). El objetivo fue analizar cómo estos niveles afectan las mediciones implícitas (el análisis de la expresión facial y la frecuencia cardiaca) y así identificar tanto los beneficios como las limitaciones de las metodologías propuestas para evaluar la respuesta emocional durante el consumo de alimentos.

Se seleccionó un producto lácteo sabor fresa (danonino), chocolate con leche y una galleta con chispas de chocolate.



Figura 13. Muestras de Danonino, chocolate y galleta con chispas de chocolate.

Se midió la respuesta emocional por medio de la metodología de emojis, con el software de FaceReader y los datos del electrocardiograma (ECG) se registraron con un sensor Polar H10 (Polar Electro Oy, Kemple, Finlandia) utilizando la aplicación Polar Sensor Logger (Jukka Happonen, Polar Electro Oy Research Center); a una frecuencia de muestreo de 130 Hz. Para esta prueba primero se les aplicó a los participantes el cuestionario de psicopatologías y después se utilizó el procedimiento que se observa en la siguiente figura:

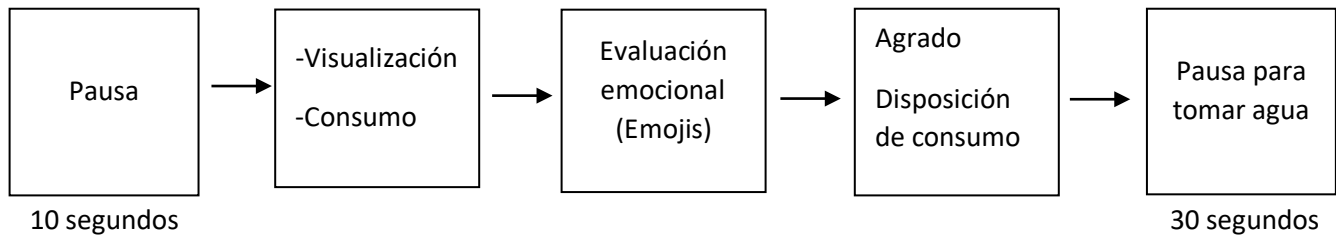


Figura 14. Metodología para la prueba sensorial evaluando el efecto masticatorio.

Se analizaron los resultados del análisis de la expresión facial durante los primeros dos segundos de la visualización del alimento y los dos segundos mientras los participantes lo tenían en la boca (consumo). Se consideraron los dos segundos para el análisis del consumo para minimizar el efecto de la masticación en este análisis (Mena et al., 2023). Por otro lado, para el análisis fisiológico se tomaron en cuenta los 10 segundos previos a la presentación de la muestra, los 3 segundos de su visualización y los 10 segundos correspondientes a su consumo. Este procedimiento se estableció con base en la metodología propuesta por de Wijk et al. (2012), Samant et al. (2017) y Samant & Seo (2020), en donde consideran los valores pre y post evento o consumo para el análisis de las mediciones fisiológicas. Igualmente, los participantes reportaron su estado emocional y la intensidad de sus emociones hacia la muestra utilizando la metodología de Emojis. Luego, evaluaron el nivel de agrado y su disposición a consumir el alimento presentado, finalmente tuvieron una pausa para tomar agua. Este procedimiento se repitió con cada una de las muestras propuestas.

Se registró la señal del ECG con el objetivo de obtener tanto la frecuencia cardíaca (HR), como la raíz media cuadrática de las diferencias sucesivas (RMSSD). Utilizando un sensor colocado en la parte superior del abdomen, como se muestra en la siguiente imagen:



Figura 15. Posicionamiento del sensor POLAR en la parte superior del abdomen.

Debido a las variaciones que se podrían presentar en los ECG de cada participante se excluyeron las personas que fuman, que estuvieran embarazadas o que tuvieran alguna enfermedad cardiovascular o neurodegenerativas como el Alzheimer o Parkinson. Además, con el propósito

de controlar la influencia del ciclo circadiano sobre las respuestas del ECG, se estableció un horario de aplicación de las pruebas de 9:00 a 13:00 horas.

La señal de electrocardiograma (ECG) y las métricas de variabilidad de la frecuencia cardíaca (HRV) fueron procesadas mediante un flujo de trabajo de análisis digital implementado en Python utilizando las bibliotecas numpy y scipy. Primero se cargó el archivo de texto con sus marcas de tiempo originales y estas se transformaron a un tiempo absoluto en segundos desde el inicio del día para asegurar una correcta sincronización temporal. Para minimizar artefactos típicos asociados al inicio de la medición, los primeros cinco segundos del registro fueron descartados. Posteriormente, la señal se centró restando su media con el fin de eliminar desplazamientos de línea base. Dado que el muestreo original podía presentar ligeras irregularidades, la señal fue remuestreada (520 Hz) mediante interpolación cúbica a un vector temporal uniformemente espaciado, garantizando así una frecuencia de muestreo constante necesaria para las etapas posteriores de filtrado y análisis.

La detección de los complejos QRS se realizó mediante una adaptación del algoritmo clásico de Pan-Tompkins (Pan & Tompkins, 1985). En primer lugar, la señal se filtró mediante un filtro Butterworth de segundo orden con frecuencias de corte entre 5 y 15 Hz. La señal filtrada fue posteriormente derivada, elevada al cuadrado e integrada mediante una ventana móvil de 150 ms, siguiendo las etapas típicas del algoritmo para resaltar las características de pendiente pronunciada asociadas al complejo QRS. Los picos se detectaron en la señal integrada utilizando un umbral de amplitud y una distancia mínima de 400 ms entre detecciones. Para obtener la localización precisa del pico R, cada detección inicial fue refinada identificando el máximo local de la señal filtrada dentro de una ventana de ± 100 ms alrededor del punto detectado.

A partir de los picos R se obtuvieron los intervalos R-R y el registro fue segmentado en ventanas de análisis. Para cada ventana se calcularon métricas de HRV en el dominio del tiempo, incluyendo la frecuencia cardíaca promedio y el RMSSD, a excepción de la ventana de visualización en donde sólo se calculó la HR debido al corto tiempo de la ventana (3 segundos). Posteriormente, se calculó la tasa de cambio para ambas variables con el fin de estimar la variación relativa en respuesta al estímulo. La tasa de cambio se calculó mediante la siguiente expresión para HR y RMSSD:

$$\text{Tasa de cambio HR} = \frac{(\text{HR vista o consumo}) - (\text{HR pausa})}{\text{HR pausa}}$$

En este caso, el valor durante el estímulo correspondió a una ventana de 10 segundos asociados al consumo del producto o 3 segundos de su visualización, mientras que el valor en pausa se calculó a partir de los 10 segundos previos a la presentación del producto. De esta manera, se obtuvieron dos indicadores, HR y RMSSD.

Los datos obtenidos de las escalas de agrado y disposición de consumo se convirtieron a números para su futuro análisis como se realizó en la prueba de las imágenes ([Anexo 1](#)). Se realizó un análisis de clusterización aglomerativa utilizando los datos de agrado con el objetivo de identificar patrones de respuesta entre los participantes. Este procedimiento permitió agrupar a los individuos en función de la similitud de sus evaluaciones, generando tres clústeres diferenciados. Este análisis se realizó utilizando la distancia euclidiana como método de disimilitud y el método de Ward como método de agregación. Posteriormente, se promediaron los valores de cada variable dentro de cada clúster con el fin de obtener una representación general de cada grupo y facilitar su análisis mediante el MFA. De esta manera, se obtuvieron las variables correspondientes a cada combinación de la muestra producto con el clúster, los cuales fueron utilizados como variable de análisis en el Análisis Factorial Múltiple (MFA). Por ejemplo, las denominaciones Danonino_C1, Danonino_C2 y Danonino_C3 corresponden a los promedios del clúster 1, 2 y 3 del agrado de los consumidores, respectivamente, para el producto Danonino. Igualmente, los resultados de la agrupación pueden observarse en el [Anexo 4](#).

Además, se utilizó la prueba de ANOVA para ver si había diferencia entre las muestras y si no se cumplía la distribución normal, se utilizó la prueba de Friedman. Por otro lado, se analizaron los datos del análisis de la expresión facial (prueba de Friedman) de los 5 segundos del consumo de las muestras para ver el efecto masticatorio sobre el análisis de la expresión facial.

Resultados y Discusión

Datos demográficos

Se aplicó la prueba a un total de 38 personas (21 mujeres y 17 hombres) y el 84% de estos pertenecía al grupo de edad de 18-30 años. Los demás datos demográficos se pueden consultar en el [Anexo 2](#).

Nivel de agrado y disposición de consumo

Las respuestas de los consumidores mostraron que las tres muestras se situaron en la parte superior de la escala a partir de medianamente agradable y también todas las muestras mostraron un nivel alto de disposición de consumo (entre posiblemente sí lo consumiría y definitivamente sí lo consumiría). Se realizó la prueba de Friedman y no se encontraron diferencias significativas entre las muestras ($\alpha=0.05$).

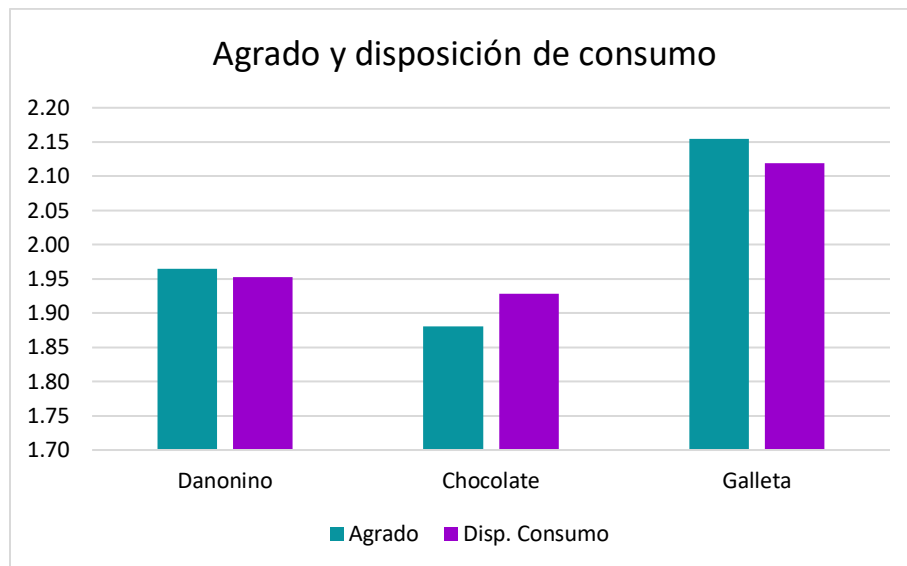


Gráfico 30. Medias de los rangos del nivel de agrado y disposición de consumo de las muestras analizadas.

Expresiones faciales

Se realizó una prueba previa para verificar el protocolo y se identificó que la posición de los utensilios interfería con las mediciones del FaceReader. Por ello, se instruyó a los participantes a dejar la cuchara sobre la mesa después de consumir el Danonino, evitando mantenerla cerca del rostro. De manera equivalente, para las muestras de galleta y chocolate se les indicó colocar el producto completo en la boca y retirar el vaso de la proximidad de la cara, con el fin de minimizar obstrucciones en la captura facial.

Al realizar una prueba de Friedman para los datos de las expresiones faciales al ver y consumir las muestras se encontró que no hubo diferencias significativas entre las muestras al verlas como se puede observar en la tabla 9. Este resultado contrasta con los hallazgos de Samant & Seo (2020), quienes sí identificaron diferencias significativas, específicamente en la emoción de alegría, al

evaluar visualmente bebidas de mezcla de vegetales. El carácter no concluyente de los resultados destaca los retos interpretativos que plantea el empleo de la expresión facial como métrica fiable ya que los resultados son dependientes de los alimentos utilizados. En general, se ha documentado que esta técnica discrimina con mayor fiabilidad entre productos con niveles de agrado bajos, siendo más sensible a reacciones negativas. De hecho, los resultados obtenidos en este trabajo concuerdan con los resultados obtenidos por Zeinstra et al. (2009) y de Wijk et al. (2012), quienes afirmaron que las expresiones faciales reflejan con éxito las preferencias alimentarias negativas, pero no las positivas. Por lo que los 3 alimentos analizados al tener niveles de agrado altos y similares no tuvieron diferencias significativas de las expresiones faciales en la etapa de visualización a comparación del estudio de bebidas de mezclas de vegetales en donde los niveles de agrado de las bebidas sí difirieron.

Tabla 9. Prueba de Friedman para las expresiones faciales al ver las muestras con $\alpha=0.05$.

Emoción	Muestra	Media de los rangos	Valor p
Neutral	Danonino	1.921	0.491
	Chocolate	1.921	
	Galleta	2.158	
Alegría	Danonino	1.868	0.358
	Chocolate	2.184	
	Galleta	1.947	
Tristeza	Danonino	2.105	0.479
	Chocolate	2.053	
	Galleta	1.842	
Enojo	Danonino	1.737	0.072
	Chocolate	2.263	
	Galleta	2.000	
Sorpresa	Danonino	1.763	0.172
	Chocolate	2.053	
	Galleta	2.184	
Miedo	Danonino	2.158	0.388
	Chocolate	2.000	
	Galleta	1.842	
Disgusto	Danonino	2.000	1.000
	Chocolate	2.000	
	Galleta	2.000	

Para el caso de las expresiones faciales al consumir las muestras sí se encontraron diferencias significativas entre las muestras para las emociones de neutral, alegría y miedo. Tras aplicar la prueba de Friedman y las correspondientes pruebas post-hoc de Nemenyi, se identificaron las diferencias específicas entre pares de muestras. Para la emoción de neutralidad, se observó una diferencia significativa entre el Danonino y el chocolate, siendo este último el que presentó una media más alta. En cuanto a la alegría, las muestras de galleta y chocolate resultaron

significativamente diferentes del Danonino, que registró el valor más alto para esta emoción. Respecto al miedo, el Danonino fue significativamente diferente de la galleta, mientras que el chocolate no mostró diferencias significativas con ninguna de las otras dos muestras.

Al contrastar estos hallazgos con la literatura existente, se observa que el estudio de Samant & Seo (2020) sobre bebidas de mezcla de vegetales reportó diferencias significativas durante el consumo para las emociones de miedo, disgusto y tristeza. En el trabajo de Samant & Seo (2020) se obtuvieron resultados similares en la emoción del miedo ya que la muestra con el nivel de agrado más alto registró el valor más alto en esta emoción en particular.

Tabla 10. Prueba de Friedman y Nemenyi para las expresiones faciales en el consumo de las muestras con $\alpha=0.05$.

Emoción	Muestra	Media de los rangos	Valor p (Friedman)	Prueba de Nemenyi
Neutral	Danonino	1.658	0.005	A
	Chocolate	2.395		B
	Galleta	1.947		AB
Alegría	Danonino	2.395	0.011	B
	Chocolate	1.842		A
	Galleta	1.763		A
Tristeza	Danonino	2.098	0.746	
	Chocolate	1.951		
	Galleta	1.951		
Enojo	Danonino	2.244	0.157	
	Chocolate	1.854		
	Galleta	1.902		
Sorpresa	Danonino	2.122	0.386	
	Chocolate	1.829		
	Galleta	2.049		
Miedo	Danonino	1.732	0.007	A
	Chocolate	1.878		AB
	Galleta	2.390		B
Disgusto	Danonino	1.829	0.249	
	Chocolate	1.976		
	Galleta	2.195		

Emojis

Al analizar las muestras por medio de la prueba de Friedman para los emojis, se encontró que no se encontraron diferencias significativas para las muestras. Para el caso del emoji de cara vomitando sí se encontraron diferencias significativas entre las muestras (prueba de Wilcoxon). El Danonino presentó la media más alta, seguido del chocolate, mientras que en la galleta este emoji no fue seleccionado. Además, la selección de este emoji se relaciona con el nivel de agrado

reportado para el Danonino, ya que quienes lo eligieron indicaron que la muestra les resultaba ligeramente desagradable.

Tabla 11. Prueba de Friedman y Wilcoxon para los emojis con $\alpha=0.05$.

Emoji	Muestra	Media de los rangos	Valor p
Cara enfadada	Danonino	0.000	-
	Chocolate	0.000	
	Galleta	0.000	
Cara resoplando	Danonino	0.000	-
	Chocolate	2.022	
	Galleta	0.000	
Cara vomitando	Danonino	2.076	0.039
	Chocolate	1.978	
	Galleta	1.946	
Cara sacando la lengua	Danonino	2.000	0.979
	Chocolate	2.011	
	Galleta	1.989	
Cara sonrojada	Danonino	1.989	0.081
	Chocolate	2.098	
	Galleta	1.913	
Cara estupefacta	Danonino	1.902	0.091
	Chocolate	2.120	
	Galleta	1.978	
Cara neutral	Danonino	2.065	0.336
	Chocolate	2.000	
	Galleta	1.935	
Cara desanimada	Danonino	2.033	0.368
	Chocolate	2.000	
	Galleta	1.967	
Cara de frustración	Danonino	0.000	0.135
	Chocolate	2.043	
	Galleta	0.000	
Cara sonriendo con ojos de corazón	Danonino	1.880	0.346
	Chocolate	2.120	
	Galleta	2.000	
Cara feliz con ojos sonrientes	Danonino	2.141	0.157
	Chocolate	1.815	
	Galleta	2.043	
Cara sonriendo con gafas de sol	Danonino	1.913	0.111
	Chocolate	1.957	
	Galleta	2.130	

Frecuencia cardíaca (HR) y RMSSD

El ANOVA se realizó para las variables HR y RMSSD como se muestra en la siguiente tabla, considerando las etapas de visualización y consumo de las muestras. No se encontraron diferencias significativas entre los resultados de hombres y mujeres para los valores de HR Y RMSSD (ANOVA).

Etapas de visualización

Para la variable HR, no se observaron diferencias significativas entre las muestras, lo que indica que la frecuencia cardíaca previa a la visualización fue similar entre productos.

En un estudio realizado por de Wijk et al. (2012), se evaluó la respuesta de la frecuencia cardíaca (HR) durante la visualización y consumo de alimentos agradables y desagradables. La metodología empleada para cuantificar el cambio en la HR consistió en calcular el promedio de los valores registrados durante los 7 segundos previos a un evento de visualización y compararlo con el promedio de los 7 segundos posteriores. El cambio final se obtuvo restando el promedio previo del posterior, de modo que un valor positivo indica un aumento en la HR, mientras que uno negativo refleja una disminución. Aunque los resultados no mostraron diferencias significativas en la HR entre los tipos de alimentos, se observó una tendencia notable. Los alimentos agradables presentaron un cambio promedio de -0.25 bpm, mientras que los desagradables registraron un valor de -0.87 bpm.

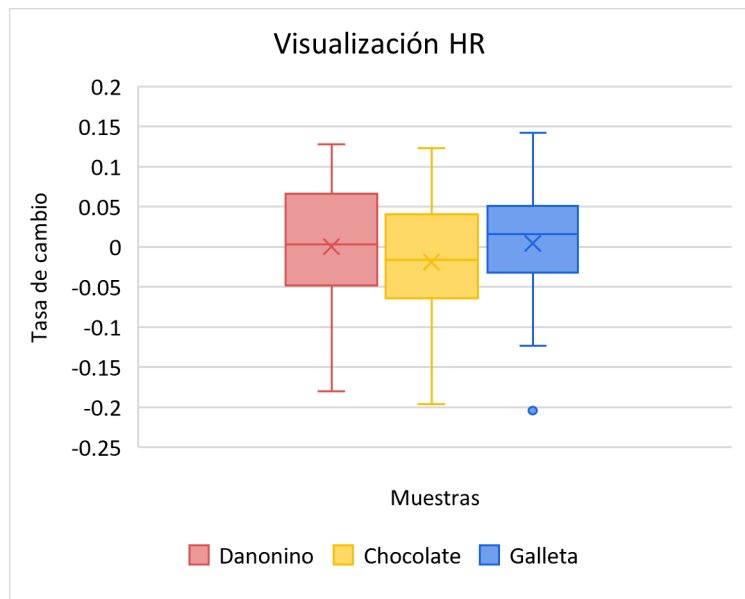


Gráfico 31. Resultados de la tasa de cambio de HR en la visualización de las muestras.

Estos resultados se comparan ligeramente con los obtenidos para HR en el presente estudio. Si bien chocolate y Danonino mostraron niveles de agrado similares, sus variaciones fisiológicas previas al estímulo fueron distintas: el chocolate presentó una disminución ligera (-0.0193), mientras que el Danonino prácticamente no mostró cambio (-0.0001). Por otro lado, la galleta, que fue el alimento con el mayor nivel de agrado, mostró el cambio más estable e incluso levemente positivo (0.0045). Este patrón es consistente con la tendencia reportada por de Wijk et al. (2012), donde los alimentos más agradables tendieron a provocar disminuciones menos marcadas en la frecuencia cardíaca. Por lo tanto, aunque las diferencias no fueron estadísticamente significativas, se observa que los productos con mayor agrado como la galleta tienden a generar una respuesta cardíaca más estable o con menor disminución.

En un estudio realizado por Kuoppa et al. (2016) encontraron que, al calcular la diferencia en los parámetros de la HRV entre un período de visualización (10 segundos) y su línea base (10 segundos antes del estímulo), las imágenes de alimentos positivos causaban una aceleración cardíaca (disminución del intervalo RR medio) y una reducción de la RMSSD, mientras que las imágenes negativas provocaban una desaceleración cardíaca (aumento del intervalo RR) y un aumento de la RMSSD. Comparando estos resultados con este trabajo se observa que solo la muestra de galleta en HR antes mostró un incremento de la frecuencia cardíaca a comparación de las demás muestras. Asimismo, en este trabajo no se calculó la RMSSD en la visualización debido a que la ventana de tiempo analizada fue muy corta (3 segundos) y el tiempo mínimo para el análisis de esta variable es de 10 segundos.

Etapas de consumo

Durante el consumo, para HR sí se presentaron diferencias significativas entre muestras. En el gráfico 32 se pueden observar las medias de las tasas de cambio calculadas.

Al contrastar estos resultados con los reportados por de Wijk et al. (2012) en su evaluación de alimentos agradables y desagradables, se observa que ellos no obtuvieron efectos consistentes ni significativos en el consumo de las muestras. Esto podría deberse a la forma en que calcularon los cambios en HR. Al considerar los 7 segundos previos al evento como un periodo estable, es posible que estuvieran incluyendo la fase de visualización del alimento, la cual puede generar fluctuaciones y no representa necesariamente un estado en reposo. En el presente estudio, al calcular la tasa de cambio utilizando la pausa previa a la visualización al estímulo como referencia, se observaron incrementos en la HR y diferencias significativas entre el Danonino y las otras dos muestras (galleta y chocolate).

En un estudio realizado por Brouwer et al. (2017) en el que participantes cocinaron y probaron platos elaborados con pollo o con gusanos, se encontró que la frecuencia cardíaca (medida mediante el intervalo interlatido) fue significativamente más alta al manipular, freír y consumir el pollo en comparación con los gusanos. Estos resultados son congruentes con los hallazgos del presente estudio, en el cual se registró un incremento de la HR para la mayoría de las muestras, con excepción del chocolate. Esto podría deberse a que la respuesta emocional y fisiológica generada por dichas muestras fue menos intensa, ya sea por una familiaridad mayor con estos alimentos, una menor percepción de rechazo o una activación afectiva más tenue.

Por otra parte, los resultados de RMSSD no mostraron diferencias significativas entre muestras ($p > 0.05$). Lo cual coincide con los resultados reportados en el estudio de Brouwer et al. (2017). Igualmente, está ampliamente documentado que los alimentos azucarados contrarrestan el estrés. Este efecto se produce porque activan las vías cerebrales de recompensa, liberando dopamina y endorfinas que inducen un estado de bienestar y tranquilidad (Ulrich-Lai et al., 2015).

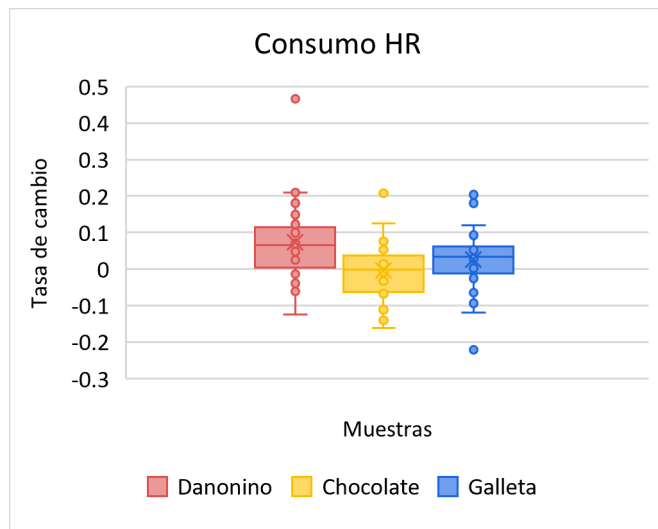


Gráfico 32. Resultados de la tasa de cambio de HR en el consumo de las muestras.

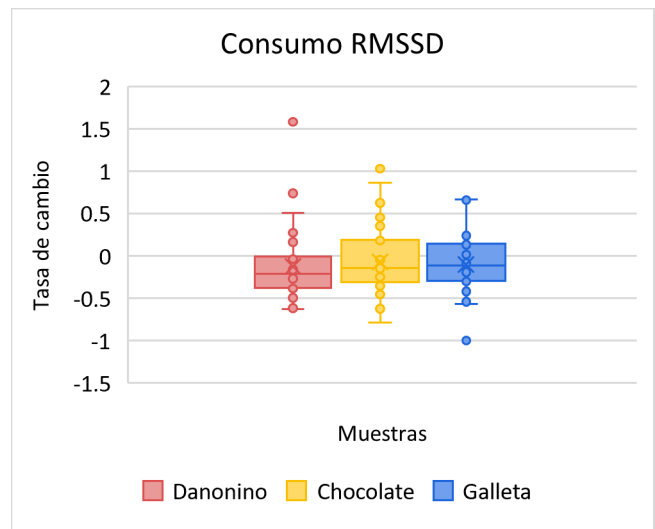


Gráfico 33. Resultados de la tasa de cambio de RMSSD en el consumo de las muestras.

Tabla 12. Resultados del ANOVA para las variables de HR y RMSSD con $\alpha=0.05$

Variable		Muestra	Media	Desviación estándar	Término del modelo	Valor p (ANOVA)	Prueba Tukey-Kramer
Vista	HR	Chocolate	-0.0193	0.0123	Muestra	0.33876	
		Danonino	-0.0001	0.0123			
		Galleta	0.0045	0.0123			
Consumo	HR	Chocolate	-0.0041	0.0135	Muestra	0.00062	A
		Danonino	0.0727	0.0135			B
		Galleta	0.0253	0.0135			A
	RMSSD	Chocolate	-0.0739	0.1587	Muestra	0.44631	
		Danonino	-0.1244	0.1587			
		Galleta	0.1452	0.1587			

Efecto masticatorio

En los siguientes gráficos se puede observar el promedio de las intensidades de las emociones obtenidas por el análisis de la expresión facial en el consumo de las muestras. Aunque todas las muestras tuvieron un alto nivel de agrado y disposición de consumo, la emoción predominante fue la tristeza (excluyendo neutral) seguida del enojo. Esto podría explicarse por el movimiento de la boca durante la masticación, el cual pudo haber afectado las mediciones reportadas. Ciertas unidades de acción (AU) asociadas a estas emociones también se activan durante el consumo de un alimento. En el caso de la tristeza, se ha identificado la participación de las AU 6, 15, 25 y 26, mientras que para el enojo las AU involucradas podrían ser la 17, 23, 24, 25 y 26 (Skiendziel et al., 2019).

En el gráfico de la galleta se puede observar que la tristeza incrementa con respecto al tiempo lo cual podía estar relacionado a la masticación y no a la percepción de la muestra. Aunque la tristeza tiene diferentes comportamientos en las muestras, los análisis realizados por cada segundo mediante la prueba de Friedman no revelaron diferencias significativas ([Anexo 5](#)). Por lo tanto, en las condiciones del presente estudio, el efecto de la masticación no generó variaciones diferenciadas entre las muestras.

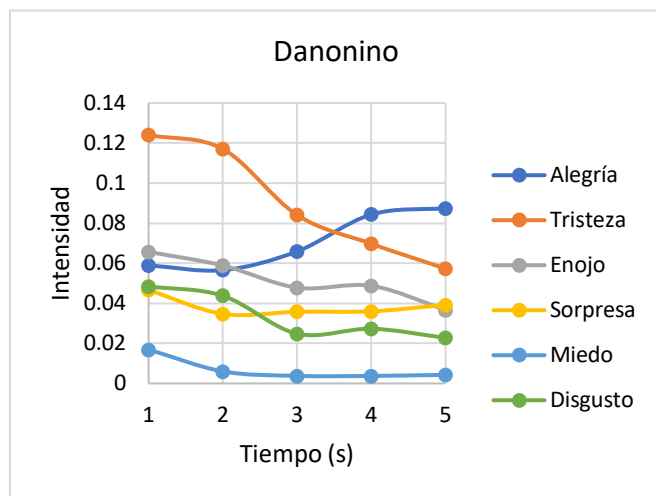


Gráfico 34. Promedio de los resultados del FaceReader para la muestra de Danonino en 5 segundos.

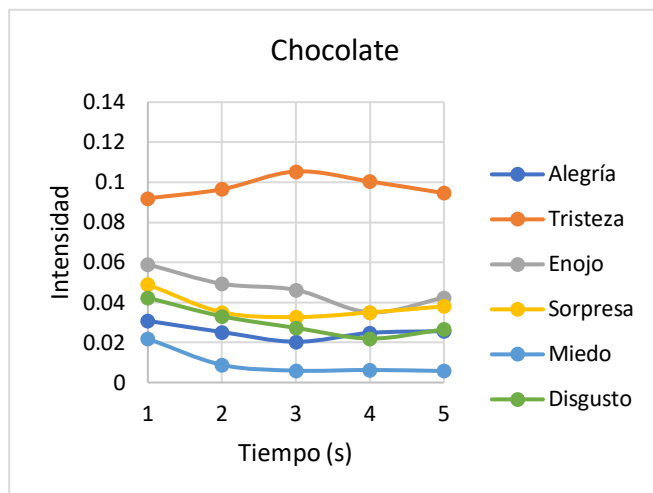


Gráfico 35. Promedio de los resultados del FaceReader para la muestra de chocolate en 5 segundos.

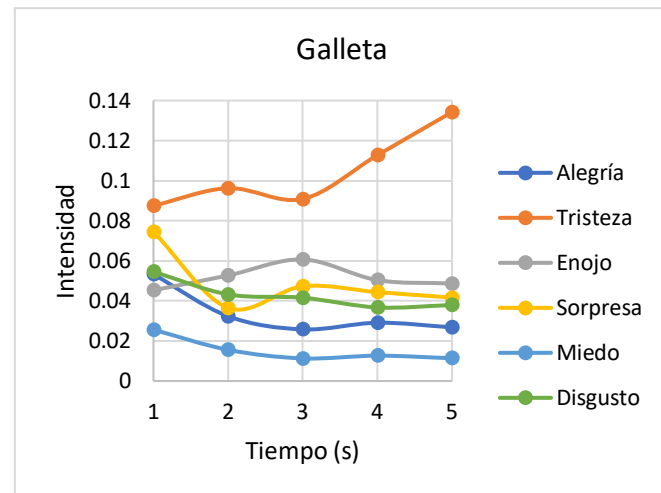


Gráfico 36. Promedio de los resultados del FaceReader para la muestra de galleta en 5 segundos.

De igual forma, Zhi et al. (2018) encontraron que, después de la emoción de neutralidad, las emociones de tristeza y enojo fueron las más prevalentes entre los participantes al evaluar su percepción emocional hacia jugos de durazno. Este hallazgo respalda la observación de que, en contextos de consumo de alimentos, ciertas emociones como la tristeza y el enojo pueden emerger con mayor frecuencia, probablemente debido a la relación entre las características sensoriales del producto y las respuestas emocionales subyacentes que se activan durante la ingesta del alimento. También en otro estudio realizado por (De Wijk et al., 2019) en donde evaluaron productos de carne como pollo y un producto de soya, se pudo observar que la emoción más predominante fue la tristeza para todas las muestras.

Análisis Factorial Múltiple

En el siguiente gráfico se puede observar que las variables del FaceReader (Face) nos muestran que las expresiones faciales de disgusto y tristeza se encuentran más cercanas a los emojis de cara vomitando, neutral y la cara sacando la lengua. La alegría y sorpresa se relacionó más con la disposición de consumo, el agrado y el emoji de la cara con corazones. Los demás emojis se correlacionaron entre sí en el cuadrante superior izquierdo. Por otro lado, RMSSD se correlacionó con la variable de excitación y HR se relacionó con la valencia, las cuales fueron obtenidas a través del FaceReader.

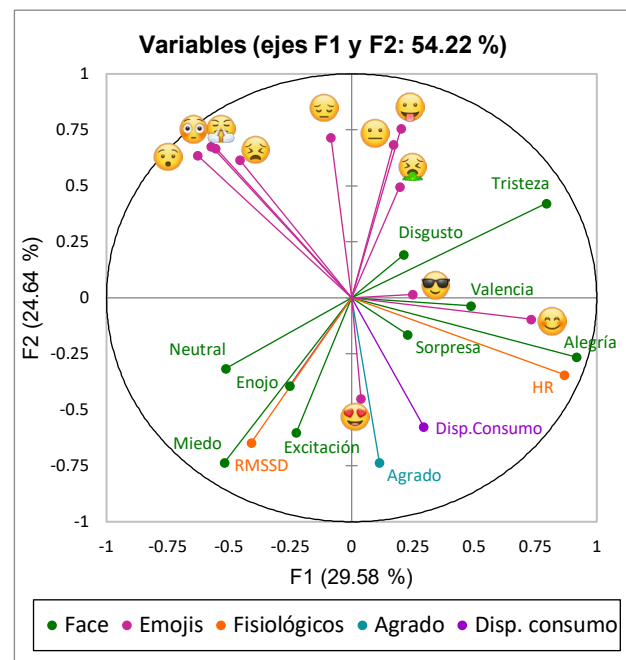


Gráfico 37. Correlación entre las variables medidas.

En el gráfico 38 se puede observar la manera en la que se distribuyeron las muestras. El Danonino_C1 y la galleta_C1 correspondientes al primer clúster se asociaron con las emociones de tristeza y disgusto, mientras que el Danonino del segundo y tercer clúster se asociaron con la alegría y la sorpresa. La galleta_C3, galleta_C2 y el chocolate_C2 se asociaron con las emociones de neutral, enojo y miedo. Finalmente, chocolate_C3 y chocolate_C1 se asociaron con los emojis asociados a las emociones de sorpresa, enojo y tristeza.

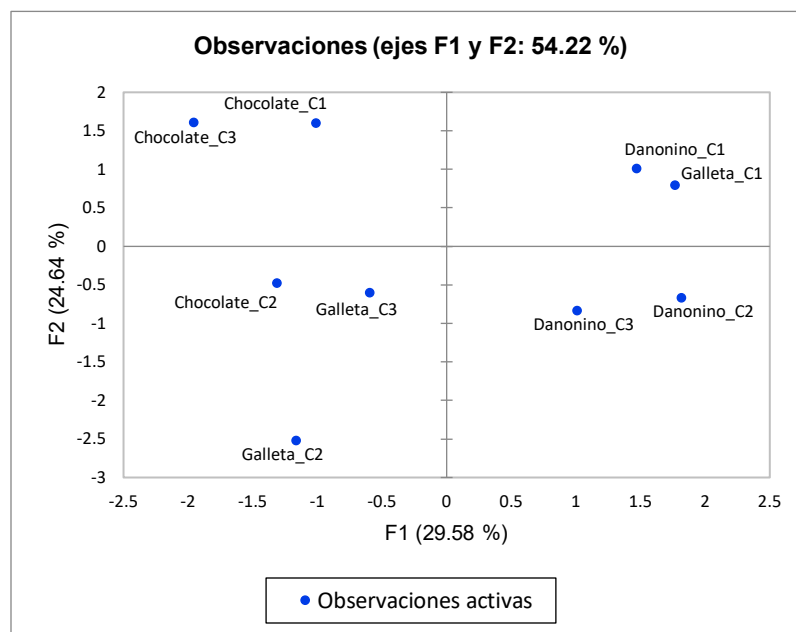


Gráfico 38. Proyección de observaciones en los ejes principales del MFA, HR y RMSSD.

Al analizar los coeficientes R_v de la tabla 13 se observa que los datos del FaceReader con los Emojis tuvieron el valor más alto (0.568). Por otro lado, la correlación más baja del FaceReader fue con los datos del nivel de agrado. Los emojis estuvieron relacionados con las respuestas de disposición de consumo seguidas del nivel de agrado. Además, las respuestas fisiológicas tuvieron una mayor correlación con los resultados del FaceReader que con los Emojis. Asimismo, la baja correlación entre las variables obtenidas con FaceReader y los Emojis podría explicarse por el movimiento de la boca durante la masticación, lo cual pudo haber afectado las mediciones.

Tabla 13. Coeficientes R_v obtenidos del MFA.

	FaceReader	Emojis	Fisiológicos	Disp. consumo	Agrado	MFA
FaceReader	1.000	0.568	0.430	0.292	0.181	0.851
Emojis	0.568	1.000	0.282	0.710	0.539	0.762
Fisiológicos	0.430	0.282	1.000	0.057	0.096	0.743
Disp. Consumo	0.292	0.710	0.057	1.000	0.798	0.428
Agrado	0.181	0.539	0.096	0.798	1.000	0.330
MFA	0.851	0.762	0.743	0.428	0.330	1.000

Prueba de chocolates

Metodología

Gracias a los resultados anteriores se seleccionó la matriz alimentaria de los chocolates como alimento de estudio. Este producto fue elegido porque no es un alimento tan dependiente de la temperatura como un producto lácteo y porque permite incorporar diferentes tipos de chocolate sin generar variaciones tan notables entre las muestras, como podría ocurrir con las galletas (diferentes sabores, texturas, tamaños, etc.). Asimismo, se sirvió en porciones de 1 gramo que podían consumirse directamente con las manos, ya que el uso de una cuchara generaba una ligera interferencia en la medición de las expresiones faciales.

Se seleccionaron cuatro variedades de chocolate de la marca CACEP, con diferentes porcentajes de cacao como se muestra en la siguiente tabla. Además, se incluyó una muestra de chocolate blanco con el fin de que los participantes se familiarizaran tanto con el procedimiento de la prueba como con el uso de la metodología basada en emojis.

Tabla 14. Ingredientes de las muestras de chocolates utilizados.

Muestra de chocolate	Ingredientes
Blanco	Manteca de cacao orgánica, azúcar de caña sin refinar, leche entera en polvo, lecitina de soya, sal yodada y vainillina.
Claro con leche	Pasta de cacao orgánica (38%), azúcares añadidos (sacarosa y lactosa), manteca de cacao, leche en polvo, lecitina de soya, sal y vainilla.
Oscuro con leche	Pasta de cacao orgánica (46%), azúcares añadidos (sacarosa y lactosa), manteca de cacao, leche en polvo, lecitina de soya, sal y vainilla.
70% cacao	Pasta de cacao orgánica, azúcares añadidos (azúcar orgánica) y manteca de cacao orgánica.
100% cacao	Pasta de cacao orgánica y manteca de cacao orgánica.

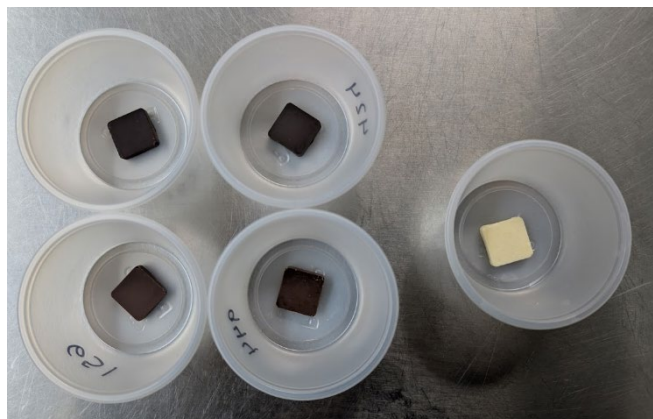


Figura 16. Muestras de chocolate utilizadas en la prueba.

Se estableció un horario de aplicación de las pruebas de 9:00 a 13:00 horas. La prueba se llevó a cabo en dos sesiones, en la primera sesión se les informó acerca de la prueba y si consentían a participar, posteriormente respondieron el cuestionario de las psicopatologías. En la segunda sesión se llevó a cabo el consumo de los chocolates. Se les solicitó a las participantes que se lavaran las manos con un jabón neutro y después se colocaron los electrodos correspondientes como se muestra en la siguiente figura y permanecieron en reposo durante 15 minutos para estabilizar las señales del ECG y EDA medidas a través del equipo BITalino.

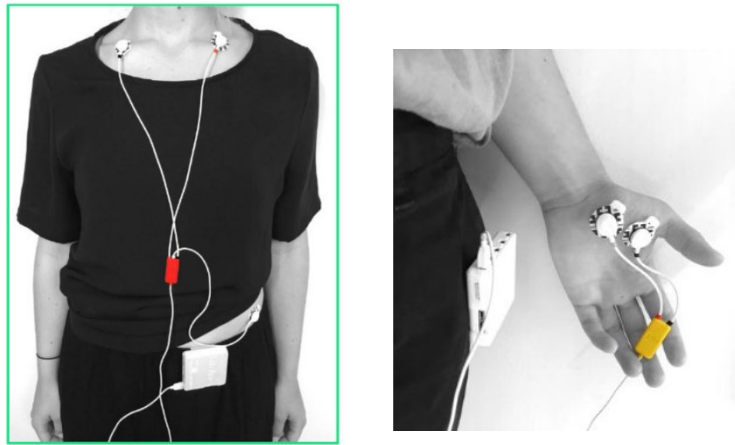


Figura 17. Posicionamiento de los electrodos para la medición del ECG y EDA. Imágenes obtenidas del manual de uso de BITalino.

Los participantes primero consumieron la muestra de chocolate blanco como entrenamiento de la prueba y al final consumieron la muestra de 100% cacao para evitar que el resabio amargo afectara la percepción de las demás muestras. El resto de las muestras se presentaron en orden aleatorio para cada persona. Igualmente, se midió la respuesta emocional por medio de la metodología de emojis, con el software de FaceReader y con el equipo de BITalino se obtuvieron las mediciones del ANS. Para esta prueba se utilizó el procedimiento que se observa en la siguiente figura:

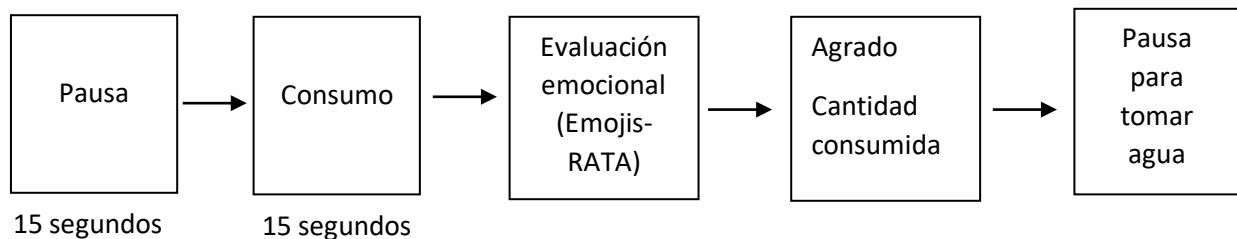


Figura 18. Metodología para la prueba sensorial de chocolates.

Se analizaron los resultados del análisis de la expresión facial y de ANS en dos momentos, 15 segundos antes del consumo de la muestra y 15 segundos durante el consumo del chocolate. Por otro lado, los participantes reportaron su estado emocional y la intensidad de sus emociones hacia la muestra utilizando la metodología de emojis. Luego, evaluaron el nivel de agrado y si

consumirían más de la muestra presentada, tuvieron una pausa para tomar agua y finalmente tuvieron una pausa para limpiarse el paladar con agua y pan blanco. Este procedimiento se repitió con cada una de las muestras.

Se excluyeron las personas que fuman o que tuvieran alguna enfermedad cardiovascular, neurodegenerativas como el Alzheimer o Parkinson, colesterol elevado, de la presión arterial, autoinmune, diabetes o hipoglicemia.

Los datos fisiológicos fueron registrados a una frecuencia de muestreo de 1000 Hz por medio de la aplicación de OpenSignals y posteriormente los datos fueron analizados por medio de un código en Python. El procesamiento del ECG se realizó mediante la biblioteca de NeuroKit2 (Makowski et al., 2021), que permitió filtrar la señal y detectar los picos R. Con los tiempos de estos picos se calcularon los intervalos R-R, sobre los cuales se aplicó un filtro adaptativo derivado del método de Wessel y Voss (Wessel et al., 2000) para eliminar artefactos y latidos anómalos mediante una estimación local (filtro binomial), un umbral porcentual del 10 % y reglas de control. La serie R-R filtrada se segmentó según las ventanas de 15 s y para cada una se calcularon métricas de HRV en el dominio del tiempo: HR y RMSSD. La tasa de cambio se calculó mediante la siguiente expresión para HR y RMSSD:

$$Tasa\ de\ cambio\ HR = \frac{(HR\ consumo) - (HR\ pausa)}{HR\ pausa}$$

En este caso, el valor durante el estímulo correspondió a una ventana de 10 segundos asociados al consumo del producto, mientras que el valor en pausa se calculó a partir de los 10 segundos previos a la presentación del producto.

Como primer paso del preprocesamiento, se aplicó a la señal de EDA un filtro pasa bajas de segundo orden (frecuencia de corte de 5 Hz) y posteriormente descompuesta en sus componentes tónica y fásica mediante un filtro pasa altas de segundo orden con una frecuencia de corte de 0.05 Hz. La componente tónica, obtenida al restar la fracción fásica de la señal filtrada, se utilizó para calcular la EDA tónica promedio normalizada dentro de cada ventana de 15 s, lo cual permitió caracterizar los cambios lentos del nivel basal de conductancia ajustados a la variabilidad individual. El componente fásico, correspondiente a las fluctuaciones rápidas asociadas a las respuestas de conductancia de la piel, sirvió para obtener la EDA fásica promedio. Ambas métricas proporcionaron una cuantificación diferenciada de la actividad electrodérmica tónica y fásica vinculada a los eventos experimentales. La componente fásica se utilizó para la detección de respuestas fásicas (SCR) mediante `find_peaks`, empleando un umbral adaptativo basado en la desviación estándar y una separación mínima de 1 s entre respuestas.

La tasa de cambio se calculó de la misma forma que en la prueba de esfuerzo masticatorio para las variables obtenidas del ECG. Por otro lado, de la señal de EDA se obtuvieron los valores para

la EDA fásica promedio las cuales fueron analizadas de la siguiente forma (de Wijk et al., 2012)(He, de Wijk, et al., 2016):

$$Tasa\ de\ cambio\ EDA = EDA\ fásica\ del\ consumo - EDA\ fásica\ de\ la\ pausa$$

También se consideraron el número de las respuestas fásicas de los 15 segundos del consumo.

Los datos obtenidos de las escalas de agrado y cantidad consumida se convirtieron a números para su análisis ([Anexo 1](#)). Además, se realizó un análisis de clusterización aglomerativa utilizando los datos de agrado como en la prueba de esfuerzo masticatorio. Posteriormente, se promediaron los valores de cada variable para su análisis mediante un MFA. En este contexto, por ejemplo, las denominaciones Cien_C1, Cien_C2 y Cien_C3 corresponden a los promedios de las evaluaciones del clúster 1, 2 y 3, respectivamente. Los resultados de la agrupación pueden observarse en el [Anexo 7](#). Además, se utilizó la prueba de ANOVA para ver si había diferencia entre las muestras y si no se cumplía la distribución normal, se utilizó la prueba de Friedman.

Resultados

Datos demográficos

La prueba fue aplicada a 61 personas, 34 mujeres y 27 hombres. El 89% pertenecía al grupo de edad de 18-30 años. Los datos demográficos adicionales están disponibles en el [Anexo 2](#).

Nivel de Agrado

En el siguiente gráfico se observa que las muestras de chocolate con mayor nivel de agrado fueron las que contenían sólidos de leche (claro y oscuro), seguida por la muestra de 70% de cacao. Por el contrario, la muestra de 100% de cacao registró el valor significativamente más bajo.

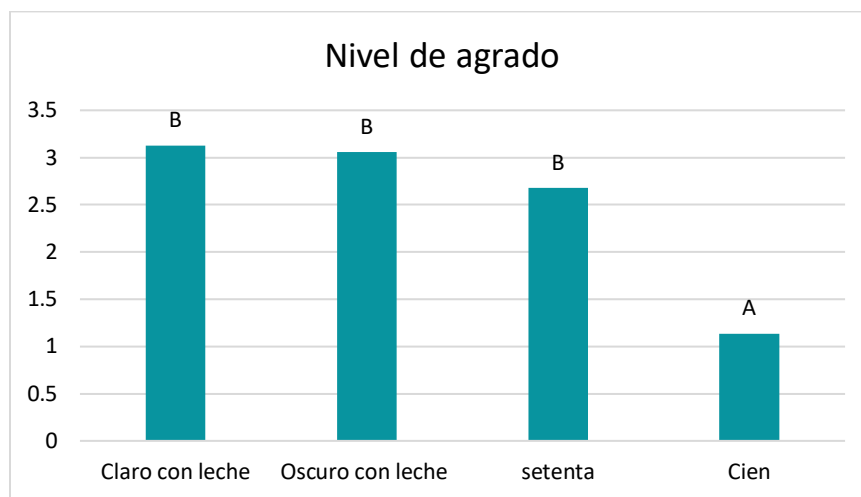


Gráfico 39. Medias de los rangos del nivel de agrado de las muestras analizadas. Valores con letras diferentes indican diferencias significativas entre muestras ($p < 0.05$, prueba de Friedman y Nemenyi con $\alpha=0.05$).

Cantidad consumida

Para la cantidad consumida se observa un comportamiento similar al del agrado, en donde solo la muestra de chocolate de 100% cacao es significativamente diferente del resto. Además, las muestras de claro con leche y 70% cacao fueron las que los participantes consumirían más porciones. El chocolate oscuro con leche, si bien presentó un valor ligeramente inferior, no mostró diferencias significativas con estos dos últimos.

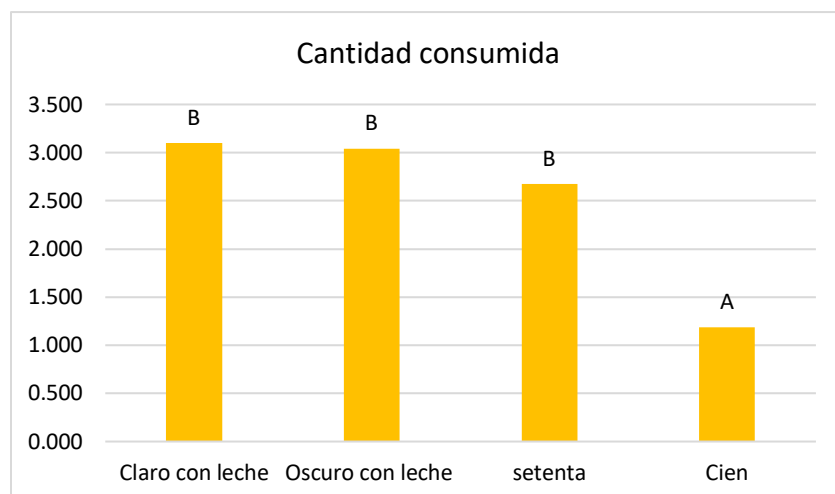


Gráfico 40. Medias de los rangos de la cantidad consumida de las muestras analizadas. Valores con letras diferentes indican diferencias significativas entre muestras ($p < 0.05$, prueba de Friedman y Nemenyi con $\alpha=0.05$).

Expresiones faciales

Las expresiones emocionales más predominantes, excluyendo la neutral, fueron tristeza y enojo, probablemente influenciadas por el movimiento facial asociado a la masticación. Para las emociones de tristeza, enojo y alegría, la muestra de 100% cacao presentó las medias más altas. No obstante, aunque este chocolate mostró valores ligeramente superiores en dichas emociones, no se observaron diferencias significativas respecto a las demás muestras.

También, aunque el chocolate de 100% cacao tuvo el nivel más bajo de agrado, no tuvo el valor más alto de disgusto. El valor más alto de disgusto fue para el 100% cacao, seguido de oscuro con leche, claro con leche y 70% cacao.

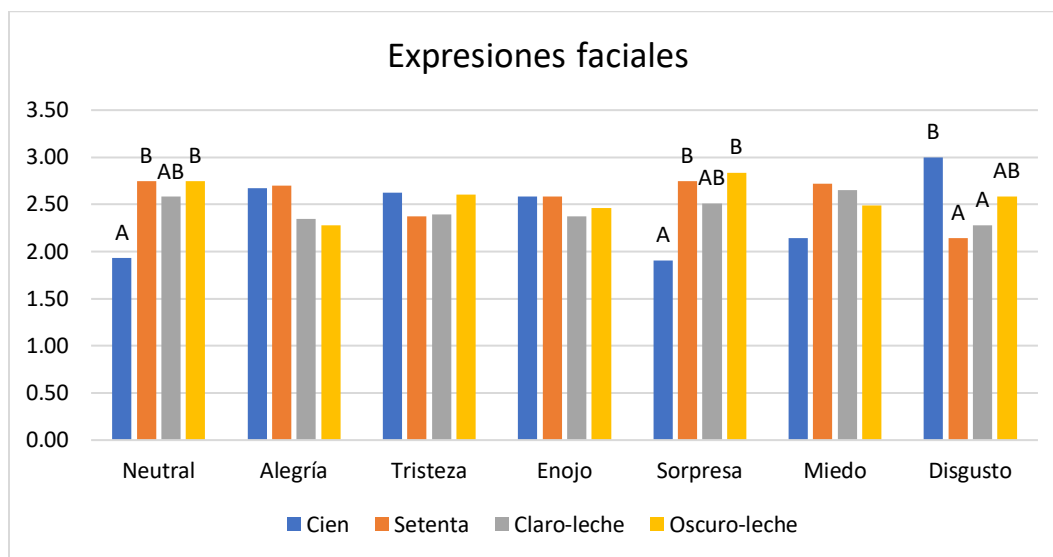


Gráfico 41. Medias de los rangos de las expresiones faciales del consumo de los chocolates excluyendo la expresión neutral. Valores con letras diferentes indican diferencias significativas entre muestras ($p < 0.05$, prueba de Friedman y Nemenyi con $\alpha=0.05$).

Al aplicar la prueba de Friedman se identificaron diferencias significativas entre las muestras para las expresiones de neutral, sorpresa y disgusto, como se muestra en la Tabla 15.

Estos resultados se compararon con los reportados por Torrico et al. (2019), quienes evaluaron cuatro tipos de chocolate y observaron que las emociones de mayor intensidad fueron neutral, tristeza y alegría. Sin embargo, en su estudio de Torrico et al. (2019) no se encontraron diferencias significativas entre las muestras. En contraste, en el presente estudio sí se detectaron diferencias significativas, particularmente entre las muestras de chocolate 100 % cacao, chocolate claro con leche y chocolate oscuro con leche.

Tabla 15. Prueba de Friedman y Nemenyi para las expresiones faciales para las muestras de chocolate con $\alpha=0.05$. Valores con letras diferentes indican diferencias significativas entre muestras.

Variable	Muestra	Media de los rangos	Valor p (Friedman)	Prueba de Nemenyi
Neutral	Cien	1.930	0.00879	A
	Setenta	2.744		B
	Claro con leche	2.581		AB
	Oscuro con leche	2.744		B
Alegría	Cien	2.674	0.30282	
	Setenta	2.698		
	Claro con leche	2.349		
	Oscuro con leche	2.279		
Tristeza	Cien	2.628	0.70336	
	Setenta	2.372		
	Claro con leche	2.395		
	Oscuro con leche	2.605		
Enojo	Cien	2.581	0.85058	
	Setenta	2.581		
	Claro con leche	2.372		
	Oscuro con leche	2.465		
Sorpresa	Cien	1.907	0.00359	A
	Setenta	2.744		B
	Claro con leche	2.512		AB
	Oscuro con leche	2.837		B
Miedo	Cien	2.140	0.15741	
	Setenta	2.721		
	Claro con leche	2.651		
	Oscuro con leche	2.488		
Disgusto	Cien	3.000	0.01053	B
	Setenta	2.140		A
	Claro con leche	2.279		A
	Oscuro con leche	2.581		AB

Emojis

En el siguiente gráfico se pueden observar las frecuencias de los emojis para cada chocolate. Para la muestra de 100% cacao la mayoría de los emojis seleccionados están asociados a emociones como la tristeza o la sorpresa mientras que para las demás muestras los emojis seleccionados están asociados a emociones positivas.

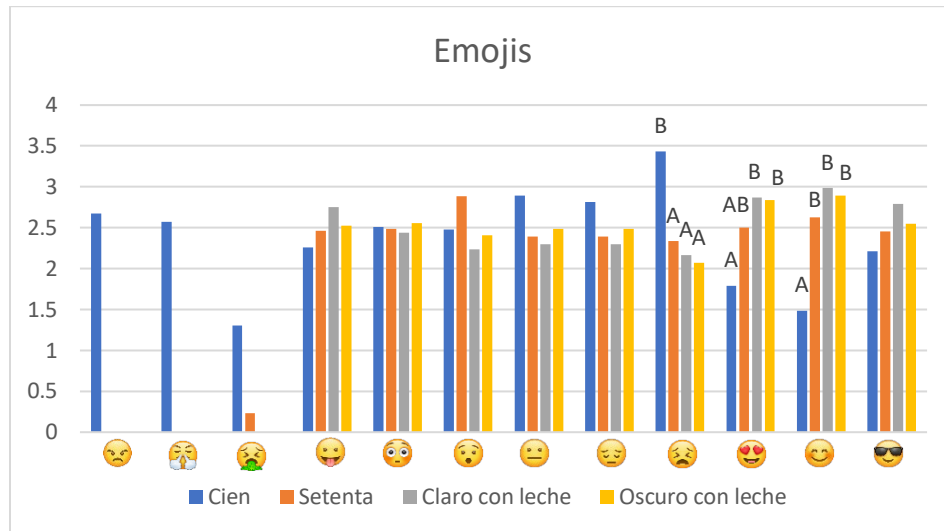


Gráfico 42. Medias de los rangos de los emojis seleccionados para los chocolates. Valores con letras diferentes indican diferencias significativas entre muestras ($p < 0.05$, prueba de Friedman y Nemenyi con $\alpha=0.05$).

Los emojis que permitieron diferenciar las muestras fueron la cara vomitando, la cara de frustración, la cara sonriendo con ojos de corazón y la cara feliz con los ojos sonrientes. Mientras que los emojis de la cara enfadada y la cara resoplando solo fueron asociados con la muestra de chocolate de 100% cacao, como se muestra en la siguiente tabla. Además, no se realizó la prueba de Friedman para los datos de los emojis de cara enfadada, resoplando, sacando la lengua, estupefacta, neutral, desanimada y sonriendo con gafas de sol. Esto fue debido a que casi no fueron seleccionados o una persona solo los seleccionó para una o dos muestras, provocando un aumento en la cantidad de ceros lo que genera medias de rangos muy similares y esto no permite obtener resultados válidos.

En el estudio de Gunaratne et al. (2019) donde se desarrolló un vocabulario emocional verbal específico para chocolates y los participantes evaluaron un chocolate con leche y otro con 70% de cacao, la mayoría de las palabras empleadas para describir los productos se asociaron con emociones positivas. En contraste, en el presente proyecto se seleccionaron emojis que abarcan tanto emociones positivas como negativas. Esta discrepancia podría deberse a las diferencias individuales en las preferencias de los participantes, relacionadas con perfiles sensoriales específicos del chocolate, ya sea con leche o con un mayor porcentaje de cacao. Dichas variaciones en las preferencias podrían haber generado una mayor heterogeneidad en las respuestas emocionales. Como resultado, fue necesario agrupar posteriormente a los

participantes en clústeres para analizar patrones de respuesta más consistentes dentro de cada grupo.

Tabla 16. Prueba de Friedman y Nemenyi para los emojis seleccionados para las muestras de chocolate con $\alpha=0.05$. Valores con letras diferentes indican diferencias significativas entre muestras.

Emoji	Muestra	Medias de los rangos	Valor p (Friedman o Wilcoxon)	Prueba de Nemenyi
Cara enfadada	Cien	2.674	-	
	Setenta	0.000		
	Claro con leche	0.000		
	Oscuro con leche	0.000		
Cara resoplando	Cien	2.570	-	
	Setenta	0.000		
	Claro con leche	0.000		
	Oscuro con leche	0.000		
Cara vomitando	Cien	1.302	0.001	
	Setenta	0.233		
	Claro con leche	0.000		
	Oscuro con leche	0.000		
Cara sacando la lengua	Cien	2.256	-	
	Setenta	2.465		
	Claro con leche	2.756		
	Oscuro con leche	2.523		
Cara sonrojada	Cien	2.512	0.8932	
	Setenta	2.488		
	Claro con leche	2.442		
	Oscuro con leche	2.558		
Cara estupefacta	Cien	2.477	-	
	Setenta	2.884		
	Claro con leche	2.233		
	Oscuro con leche	2.407		
Cara neutral	Cien	2.895	-	
	Setenta	2.395		
	Claro con leche	2.302		
	Oscuro con leche	2.488		
Cara desanimada	Cien	2.814	-	
	Setenta	2.395		
	Claro con leche	2.302		
	Oscuro con leche	2.488		
	Cien	3.430	< 0.0001	B

Cara de frustración	Setenta	2.337		A
	Claro con leche	2.163		A
	Oscuro con leche	2.070		A
Cara sonriendo con ojos de corazón	Cien	1.791	< 0.0001	A
	Setenta	2.500		AB
	Claro con leche	2.872		B
	Oscuro con leche	2.837		B
Cara feliz con ojos sonrientes	Cien	1.488	< 0.0001	A
	Setenta	2.628		B
	Claro con leche	2.988		B
	Oscuro con leche	2.895		B
Cara sonriendo con gafas de sol	Cien	2.209	-	
	Setenta	2.453		
	Claro con leche	2.791		
	Oscuro con leche	2.547		

Mediciones fisiológicas

Frecuencia cardíaca y RMSSD

En el siguiente gráfico se puede observar que el chocolate 100% cacao tuvo una disminución de HR. Para el chocolate claro con leche y el oscuro con leche se tuvo un incremento de HR. En general se observa un incremento de la HR en el consumo de las muestras a excepción de la muestra de 100% cacao. Además, no se observaron diferencias significativas en la tasa de cambio de la frecuencia cardíaca entre mujeres y hombres.



Gráfico 43. Resultados de la tasa de cambio de HR en el consumo de los chocolates.

Se observa un comportamiento de las muestras similar al reportado en el estudio realizado por Brouwer et al. (2017) en donde las personas mostraron un incremento de la frecuencia cardíaca al consumir el platillo con pollo en comparación con los gusanos. Por lo que en HR, solo la muestra de 100% cacao con el menor nivel de agrado mostró una disminución de la HR.

En cambio, el estudio realizado por Torrico et al. (2019) no reportó diferencias significativas en los valores de HR durante el consumo de cuatro tipos de chocolate, mientras que en el presente trabajo sí se identificaron diferencias entre las muestras. Esta discrepancia podría explicarse por

la inclusión del chocolate 100% cacao, cuya respuesta fisiológica divergió de manera más marcada respecto a las demás muestras, o bien por el enfoque analítico empleado por Torrico et al. (2019). En dicho estudio, se compararon únicamente las medias de HR por muestra, sin calcular una tasa de cambio relativa al estímulo, lo cual puede verse afectado por la elevada variabilidad interindividual en la HR y por lo tanto reducir la sensibilidad para detectar diferencias entre muestras.

En general, todas las tasas de cambio de RMSSD muestran valores negativos, indicando una reducción de la actividad parasimpática respecto a la pausa para todos los chocolates evaluados. Estos resultados coinciden por lo reportados por Brouwer et al. (2017), en donde se observó una disminución del valor de RMSDD para el consumo de las muestras, pero no se encontraron diferencias significativas entre ellas, aunque los estímulos tenían niveles de agrado muy diferentes (pollo y gusanos).

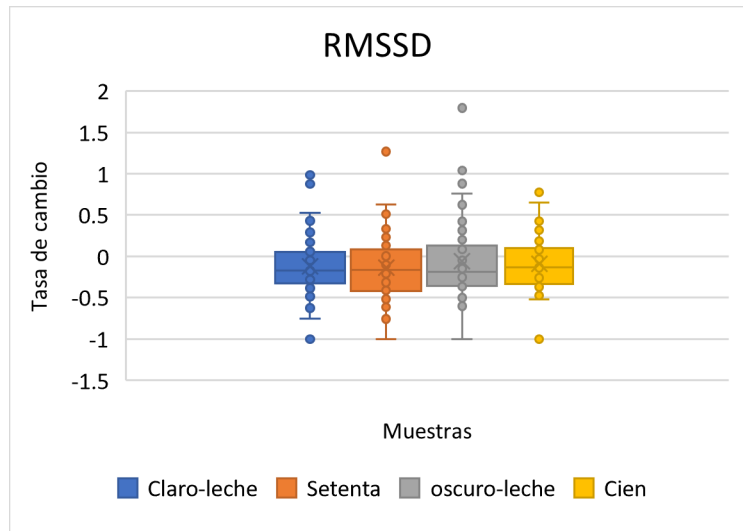


Gráfico 44. Resultados de la tasa de cambio de RMSSD en el consumo de los chocolates.

Por otro lado, no se encontraron diferencias significativas en la tasa de cambio del RMSSD entre mujeres y hombres con la excepción de la muestra de chocolate de 100% cacao ($p=0.0291$). La media para los hombres fue de -0.1997 y para las mujeres de -0.0064 , lo que indica que los hombres presentaron una mayor disminución en esta variable en comparación con las mujeres. Los hombres experimentaron una mayor disminución del control parasimpático, lo que podría indicar una respuesta fisiológica más reactiva, mientras que las mujeres mantuvieron su actividad parasimpática más estable.

Tabla 17. Resultados del ANOVA para las variables de HR y RMSSD con $\alpha=0.05$.

Variable	Muestra	Media	Desviación estándar	Valor p (ANOVA)	Prueba de Tukey-Kramer
HR	Cien	-0.0139	0.0076	0.000001	A
	Claro-leche	0.0368	0.0076		B
	Oscuro-leche	0.0219	0.0076		B
	Setenta	0.0384	0.0076		B
RMSSD	Cien	-0.0440	11.45	0.72155	
	Claro-leche	-0.0491	11.45		
	Oscuro-leche	-0.0113	11.45		
	Setenta	-0.0893	11.45		

Actividad Electroodérmica

En la variable de EDA fásica promedio (SCR) antes se obtuvieron valores similares en la tasa de cambio y no hubo diferencias significativas como se muestra en la tabla 18. Asimismo, no se encontraron diferencias significativas en la variación de la EDA fásica promedio entre mujeres y hombres.

Samant & Seo (2020) evaluaron la correlación entre respuestas del sistema nervioso autónomo (SCR, HR y temperatura de la piel) y la valoración hedónica de bebidas con mezcla de vegetales, su análisis no reveló asociaciones significativas entre estas medidas fisiológicas.

Si bien investigaciones posteriores han confirmado la utilidad de las respuestas autonómicas para discriminar entre productos (de Wijk et al., 2012), este estudio sugiere que su capacidad para predecir preferencias hedónicas podría ser limitada ya que se logró diferenciar la muestra de 70% cacao de las demás pero no se puede asociar directamente a alguna de las variables estudiadas en este trabajo como la expresión facial, el nivel de agrado, la cantidad consumida o los Emojis utilizados para describir este comportamiento.

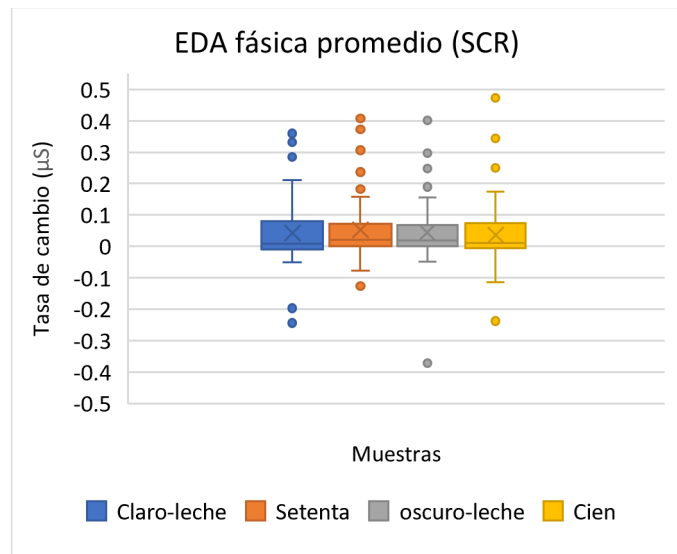


Gráfico 45. Resultados de la EDA fásica promedio en el consumo de los chocolates.

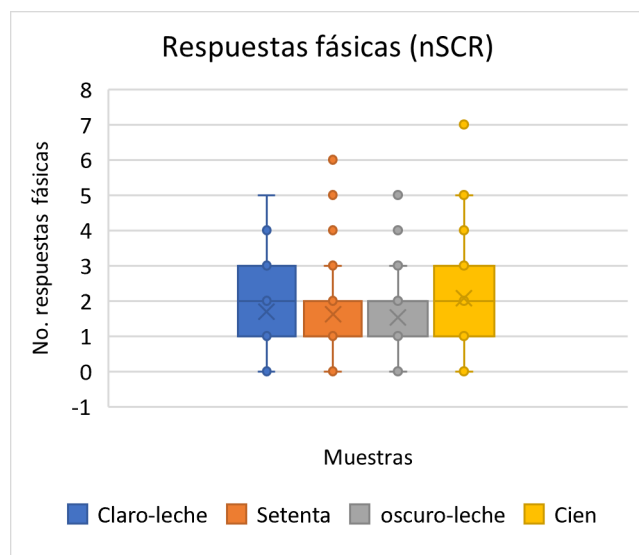


Gráfico 46. Resultados de las respuestas fásicas en el consumo de los chocolates.

Para la variable de número de respuestas fásicas se puede ver en el gráfico 46 que se tuvieron más respuestas para el chocolate 100% cacao seguido del chocolate claro con leche, 70% cacao y oscuro con leche. También se tuvieron diferencias significativas entre las muestras por medio de la prueba de ANOVA y con la prueba de Tukey-Kramer se tiene que la muestra de 100% cacao fue diferente del chocolate oscuro con leche y del de 70% cacao, pero no fue diferente del chocolate claro con leche.

Contrastando estos datos por lo obtenidos por Brouwer et al. (2017), se tienen similitudes en que las muestras con menor nivel de agrado tuvieron el mayor número de respuestas fásicas.

Además, no se observaron diferencias significativas en el número de respuestas fásicas entre hombres y mujeres, con excepción de la muestra de 70% cacao ($p = 0.01752$). En esta condición, la media para los hombres fue de 2.11, mientras que para las mujeres fue de 1.24.

Tabla 18. Resultados del ANOVA para las variables de EDA con $\alpha=0.05$.

Variable	Muestra	Media	Desviación estándar	Valor p (ANOVA)	Prueba de Tukey-Kramer
EDA fásica promedio	Cien	0.037	0.0109	0.81599	
	Claro-leche	0.0423	0.0109		
	Oscuro-leche	0.0442	0.0109		
	Setenta	0.0518	0.0109		
Número de respuestas fásicas	Cien	2.0820	0.1221	0.00856	A
	Claro-leche	1.6885	0.1221		AB
	Oscuro-leche	1.5246	0.1221		B
	Setenta	1.6223	0.1221		B

Análisis Factorial Múltiple (MFA)

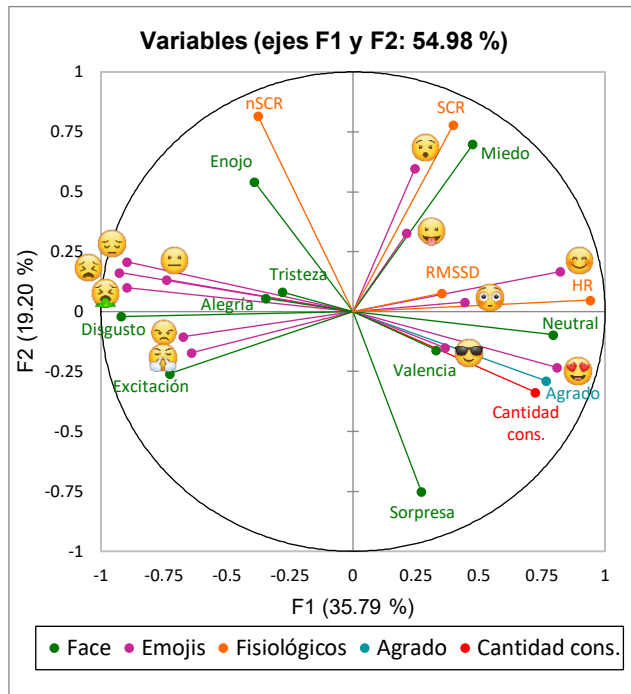


Gráfico 47. Correlación entre las variables medidas. SCR.= EDA fásica promedio, nSCR= no. respuestas fásicas, Cantidad cons.= cantidad consumida.

Después de realizar la clusterización en base a los datos de agrado ([Anexo 7](#)), se promediaron los valores para cada variable por clúster y se analizaron estos resultados por medio de un MFA. Se observa en el gráfico 47 que las primeras dos dimensiones concentran el 54.98% de la variabilidad total. El primer componente explicó un 35.79% y permite diferenciar los emojis asociados a emociones positivas del lado derecho y a negativas del lado izquierdo.

El nivel de agrado y la cantidad consumida se encontraron relacionadas con la emoción de neutral, la sorpresa, la valencia y con 2 emojis asociados a emociones positivas.

Por otro lado, la EDA fásica promedio, RMSSD y HR se relacionaron con el miedo, los emojis de cara sacando la lengua, cara estupefacta, la cara sonriendo y la cara sonrojada.

Los emojis asociados a emociones negativas se relacionaron con el número de respuestas fásicas y con las emociones de disgusto, enojo, alegría y a la excitación obtenida por medio del FaceReader.

En el gráfico 48 se observa la distribución de las muestras de chocolate. Para los 3 clústers los chocolates de 100% cacao se relacionaron con los emojis asociados a emociones negativas. Los demás chocolates del primer y segundo clúster se relacionaron con la emoción de miedo, emojis asociados a emociones positivas y con la mayoría de las mediciones fisiológicas medidas.

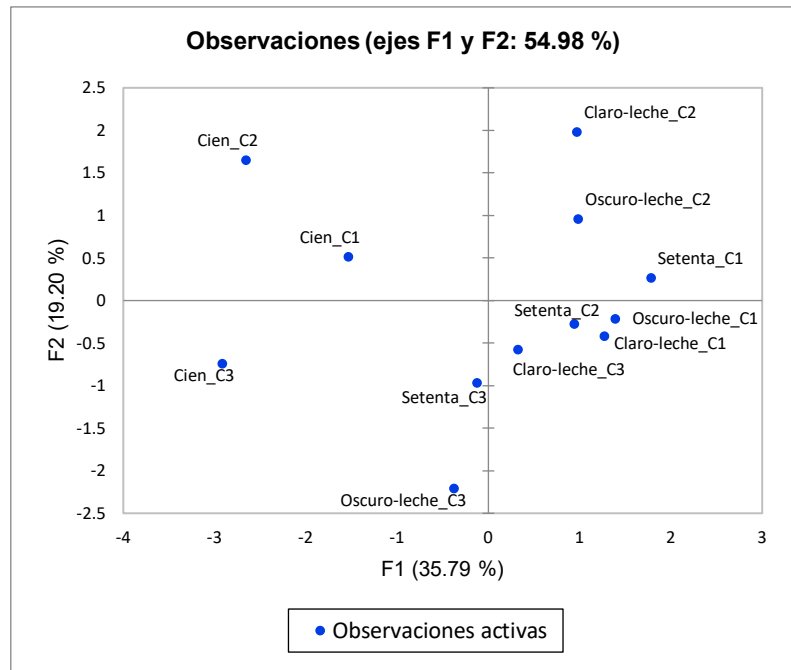


Gráfico 48. Proyección de observaciones en los ejes principales del MFA.

Por último, los chocolates del tercer clúster se relacionaron con la sorpresa y la excitación medida por el FaceReader.

En la siguiente tabla se muestra que los datos obtenidos a través del FaceReader tuvieron una mayor correlación con el resto de las variables en comparación con la metodología de Emojis, cuya correlación más alta se obtuvo con el FaceReader (0.530) seguido del nivel de agrado (0.438) y la cantidad consumida (0.441). Mientras que en un estudio realizado por Schouteten et al. (2022), en el que se evaluaron leches con chocolate, se reportó una correlación de Pearson de 0.626 entre los datos de RATA con emojis y el agrado general. Esta diferencia podría deberse al tipo y presentación de las muestras que se presentó, lo que podría influir en una menor correlación entre las respuestas de los emojis y el agrado en general. Además de que en el presente análisis se examinaron 12 emojis y en el de Schouteten et al. (2022) se evaluaron 39, lo que también podría haber influido en los resultados.

Asimismo, los valores fisiológicos tuvieron una correlación ligeramente más elevada con las expresiones faciales (0.448) que con los Emojis (0.403).

Tabla 19. Coeficientes Rv obtenidos del MFA.

	FaceReader	Emojis	Fisiológicos	Agrado	Cantidad cons.	MFA
FaceReader	1.000	0.530	0.448	0.518	0.441	0.830
Emojis	0.530	1.000	0.403	0.438	0.430	0.772
Fisiológicos	0.448	0.403	1.000	0.373	0.352	0.795
Agrado	0.518	0.438	0.373	1.000	0.979	0.552
Cantidad cons.	0.441	0.430	0.352	0.979	1.000	0.506
MFA	0.830	0.772	0.795	0.552	0.506	1.000

Resumen resultados

La Tabla 20 presenta un resumen de los resultados de las pruebas realizadas, en las cuales las variables fueron evaluadas con el fin de determinar la existencia de diferencias significativas entre las muestras.

Tabla 20. Resumen resultados de las pruebas aplicadas.

Prueba	Variable	Análisis	Diferencias significativas ($p < 0.05$)
Imágenes	Nivel de agrado	Friedman	Sí
	Disposición de consumo	Friedman	Sí
	Nivel de familiaridad	Friedman	Sí
	Expresiones faciales	Friedman	Sí
	Emojis	Friedman	Sí
Esfuerzo masticatorio	Nivel de agrado	Friedman	No
	Disposición de consumo	Friedman	No
	Expresiones faciales (vista)	Friedman	No
	Expresiones faciales (consumo)	Friedman	Sí
	Emojis	Wilcoxon	Sí ¹
	HR (vista)	ANOVA	No
	HR (consumo)	ANOVA	Sí
	RMSSD	ANOVA	No
	Efecto masticatorio-Expresiones faciales	Friedman	No ²
Chocolates	Nivel de agrado	Friedman	Sí
	Cantidad consumida	Friedman	Sí
	Expresiones faciales	Friedman	Sí
	Emojis	Friedman y Wilcoxon ³	Sí
	HR	ANOVA	Sí
	RMSSD	ANOVA	No
	SCR	ANOVA	No
	nSCR	ANOVA	Sí

1. Sólo hubo diferencias significativas para el emoji de cara vomitando. 2. La tristeza (FaceReader) medida en los 5 segundos de consumo 3. Se aplicó Wilcoxon cuando se eligió el emoji en dos muestras y Friedman cuando el emoji mínimo fue elegido en al menos tres muestras.

Discusión Global

La combinación de la metodología explícita (emojis) y las metodologías implícitas (FaceReader y mediciones fisiológicas) permitió caracterizar distintos niveles de la respuesta emocional frente a varios tipos de alimentos.

En general, las variables de autoreporte (nivel de agrado, familiaridad y disposición de consumo) fueron las que mostraron mayor coherencia entre ellas, con correlaciones altas entre ellas. Esto sugiere que el nivel de agrado sigue siendo el principal determinante de las variables de autoreporte y también se confirmó la relación que se tiene entre la familiaridad y el nivel de agrado, a medida que aumenta una la otra también lo hace.

Para la metodología explícita de los emojis, tanto en la prueba de las imágenes como en el consumo de las muestras en las otras pruebas, exhibieron una elevada consistencia, reflejando con precisión las tendencias positivas o negativas hacia los estímulos. Su correlación con el agrado y disposición de consumo, lo posiciona como un método eficiente, intuitivo y estable, especialmente adecuado para capturar la dimensión afectiva consciente.

Las expresiones faciales mostraron mayor variabilidad. En la prueba con imágenes, FaceReader se alineó parcialmente con los resultados presentados en el estudio de CROCUFID. Aunque su capacidad discriminativa disminuyó cuando el estímulo generaba expresiones ambiguas o con mayor complejidad. FaceReader, pese a registrar todos los cambios expresivos, solo analiza las seis emociones básicas y el estado neutral, lo que imposibilita la evaluación de emociones más complejas. Un ejemplo claro es que en un estudio previo se registró una discrepancia en la que, si bien los participantes iniciaron la tarea experimental con una actitud seria y poniendo atención a las instrucciones, el software FaceReader clasificó su expresión emocional como enojo (Zaman & Shrimpton-Smith, 2006). Además, se obtuvieron resultados similares a como lo reportaron Zeinstra et al. (2009) y de Wijk et al. (2012), en donde mencionan que las expresiones faciales son mejores para discriminar entre alimentos con bajos niveles de agrado que a los alimentos con alto nivel de agrado.

En las pruebas con consumo de alimentos, la masticación generó movimientos musculares que fueron interpretados por el software como activación de emociones como tristeza o enojo, evidenciando que la masticación sí afecta el análisis de las expresiones faciales. Esto sugiere que la medición facial es más estable en condiciones estáticas (visualización), mientras que durante el consumo su interpretación se ve influenciada por la activación muscular asociada al acto de masticar. Sin embargo, aunque se esperaba que una mayor dureza del alimento incrementara la expresión de tristeza en comparación con una muestra blanda, permitiendo así la diferenciación entre muestras, los resultados indicaron que el efecto de la masticación no contribuyó a discriminar entre ellas. En este sentido, enfoques como el propuesto por da Quinta et al. (2023), que sugieren la exclusión de ciertas unidades de acción (AU) para minimizar el efecto de la masticación, podrían representar una alternativa metodológica para mejorar la interpretación de las expresiones faciales durante el consumo.

Por otro lado, la masticación no produjo efectos significativos en las mediciones de ECG, lo que sugiere que el esfuerzo físico asociado al consumo no generó una activación fisiológica relevante. Sin embargo, sí influyó en la forma de consumo, ya que el uso de cuchara o de las manos interfirió con el análisis de la expresión facial.

Las variables fisiológicas medidas por la EDA y el ECG demostraron ser sensibles a las características sensoriales de las muestras, incluso cuando el nivel de agrado no difería (prueba esfuerzo masticatorio). Mientras que la EDA diferenció una muestra a través de la SCR (70% cacao) y otra mediante las nSCR (100% cacao). En el caso de las nSCR, fue posible correlacionar los resultados con las variables evaluadas; sin embargo, para la SCR no se logró identificar una correspondencia clara entre la respuesta fisiológica y las características del estímulo. Este resultado puede atribuirse a que las mediciones fisiológicas están influenciadas por múltiples factores, como diferencias individuales en composición corporal, estado psicológico o edad, lo que puede enmascarar o modular la respuesta asociada al estímulo sensorial específico. En consecuencia, aunque estas medidas pueden ser útiles para detectar diferencias entre productos, su interpretación debe realizarse con cautela, considerando la complejidad de los procesos fisiológicos involucrados.

En conjunto, los resultados muestran que ninguna metodología, por sí sola, es suficiente para caracterizar de manera completa la respuesta emocional del consumidor. Sin embargo, su uso complementario ofrece un panorama integral del proceso evaluativo. El agrado permite capturar la dimensión hedónica consciente, mientras que los emojis representan de manera más directa la emoción subjetiva expresada por el participante. Por su parte, el análisis de la expresión facial aporta información válida durante la visualización y consumo de la muestra, aunque su precisión disminuye durante el consumo debido a la interferencia generada por los movimientos faciales. Las mediciones fisiológicas, en cambio, revelan la activación emocional automática que no siempre coincide con las valoraciones declaradas. Finalmente, la cantidad consumida confirma el componente comportamental asociado a la preferencia. Así, la integración de estos enfoques permite comprender de forma multidimensional la experiencia emocional frente a la visualización o consumo de alimentos.

Conclusión

A lo largo de la presente investigación se verificó de manera integral la relación entre las respuestas emocionales implícitas y explícitas en estudios con consumidores, cumpliendo satisfactoriamente los objetivos planteados. Los resultados evidenciaron que ambas metodologías capturan dimensiones relacionadas pero distintas de la experiencia emocional. Mientras que el agrado refleja la evaluación hedónica consciente y los emojis permiten expresar con precisión la dimensión emocional subjetiva, las metodologías implícitas revelaron aspectos complementarios. El FaceReader mostró utilidad principalmente durante la visualización del estímulo, aunque con limitaciones claras durante el consumo debido a la interferencia generada por los movimientos faciales y las mediciones fisiológicas permitieron identificar variaciones automáticas en la activación emocional que no siempre se reflejaron en las valoraciones declaradas. Estas observaciones confirman que las metodologías implícitas y explícitas no son intercambiables y que su integración es necesaria para una evaluación emocional completa y robusta.

Asimismo, se constató que las variables cognitivas como la familiaridad y el agrado influyen significativamente en la respuesta emocional. En particular, la familiaridad emergió como un modulador central tanto de las respuestas declaradas como de algunos indicadores implícitos, mientras que el agrado mostró una relación más directa con las medidas explícitas y con comportamientos como la cantidad consumida. Este hallazgo coincide con la literatura, subrayando el papel determinante de la exposición previa del producto en la aceptación del consumidor.

Un aporte relevante del estudio fue el análisis del efecto de la matriz alimentaria y del proceso de masticación sobre las respuestas implícitas. Los resultados indicaron que la matriz alimentaria no tuvo un impacto significativo sobre las expresiones faciales, es decir, una mayor o menor dureza del producto no se asoció con una mayor intensidad de emociones como tristeza o enojo. En consecuencia, la matriz no contribuyó a la diferenciación emocional entre las muestras. No obstante, la masticación en general sí tuvo un efecto relevante, ya que afecta el análisis de las expresiones faciales al introducir movimientos musculares que pueden enmascarar la detección de cambios emocionales sutiles, lo que limitó la diferenciación emocional entre las muestras.

Asimismo, la masticación no afectó de manera relevante las mediciones de ECG. Sin embargo, sí influyó en la forma de consumo, ya que el uso de cuchara o el consumo con las manos modificó la expresión facial de manera distinta. Estos resultados permitieron identificar que algunos alimentos son más adecuados para estudios con mediciones implícitas, recomendándose aquellos que pueden consumirse con las manos o administrarse mediante algún dispositivo para reducir el ruido en las mediciones. Finalmente, el análisis detallado de la respuesta emocional utilizando un alimento específico permitió contextualizar y consolidar estos hallazgos, mostrando la aplicabilidad del marco metodológico propuesto e ilustrando la interacción real entre el nivel de agrado, la cantidad consumida, las expresiones faciales y las respuestas del ANS.

En conjunto, esta investigación confirma que la relación entre mediciones implícitas y explícitas es multifacética y está modulada por variables clave como la familiaridad, el agrado y las características físicas del alimento. Los resultados destacan la importancia de seleccionar estratégicamente tanto las metodologías como los estímulos utilizados, ya que las respuestas emocionales hacia los alimentos no dependen de un único factor, sino de una interacción dinámica entre factores externos, como la matriz alimentaria y el ambiente físico de evaluación, y factores internos, como el estado emocional y fisiológico del consumidor, así como sus preferencias y hábitos. Esta interacción condiciona la forma en que las emociones son expresadas y captadas por las distintas herramientas de medición.

Anexos

Anexo 1-Escalas utilizadas en las pruebas

Prueba con imágenes

	Escala	Equivalencia
Familiaridad ¿Ha comido alguna vez el producto de la imagen?	Sí	3
	No, pero lo había visto antes	2
	No, nunca lo había visto	1
Disposición de consumo ¿Consumirías este alimento si tuvieras la oportunidad?	Definitivamente no	1
	Posiblemente no	2
	Posiblemente sí	3
	Definitivamente sí	4

Prueba esfuerzo masticatorio

	Escala	Equivalencia
Disposición de consumo ¿Consumirías este alimento si tuvieras la oportunidad?	Definitivamente no	1
	Posiblemente no	2
	Posiblemente sí	3
	Definitivamente sí	4

Prueba de chocolates

	Escala	Equivalencia
Cantidad consumida Si tuvieras la oportunidad de consumir más de esta muestra, ¿qué cantidad adicional consumirías?	No consumiría más	0
	Una porción más	1
	2 porciones más	2
	4 porciones más	3
	6 porciones más	4

Anexo 2-Datos demográficos de las pruebas sensoriales

Prueba con imágenes

		Personas
Sexo	Hombres	43
	Mujeres	60
Escolaridad (Nivel más alto alcanzado)	Preparatoria	61
	Universidad	31
	Maestría	9
	Doctorado	2
Edad	18-30	93
	31-45	10
	46-60	0
Uso de emojis para describir alimentos	Sí	63
	No	40
Trastorno bipolar	Marcaron por lo menos un rasgo	82
	No marcaron ningún rasgo	21
	Diagnóstico	8
Esquizofrenia	Marcaron por lo menos un rasgo	41
	No marcaron ningún rasgo	62
	Diagnóstico	2
Ansiedad	Marcaron por lo menos un rasgo	73
	No marcaron ningún rasgo	30
Depresión	Marcaron por lo menos un rasgo	79
	No marcaron ningún rasgo	24
Trastorno obsesivo compulsivo	Marcaron por lo menos un rasgo	59
	No marcaron ningún rasgo	44
Estrés postraumático	Marcaron por lo menos un rasgo	64
	No marcaron ningún rasgo	39

Prueba esfuerzo masticatorio

		Personas
Sexo	Hombres	17
	Mujeres	20
Escolaridad (Nivel más alto alcanzado)	Preparatoria	19
	Universidad	14
	Maestría	3
	Doctorado	1
Edad	18-30	31
	31-45	6
	46-60	0
Trastorno bipolar	Marcaron por lo menos un rasgo	33
	No marcaron ningún rasgo	4
	Diagnóstico	6
Esquizofrenia	Marcaron por lo menos un rasgo	33
	No marcaron ningún rasgo	4
	Diagnóstico	6
Ansiedad	Marcaron por lo menos un rasgo	22
	No marcaron ningún rasgo	15
Depresión	Marcaron por lo menos un rasgo	27
	No marcaron ningún rasgo	10
Trastorno obsesivo compulsivo	Marcaron por lo menos un rasgo	23
	No marcaron ningún rasgo	14
Estrés postraumático	Marcaron por lo menos un rasgo	27
	No marcaron ningún rasgo	10

Prueba de chocolates

		Personas
Sexo	Hombres	27
	Mujeres	34
Fase del ciclo menstrual	Folicular	21
	Lútea	12
Escolaridad (Nivel más alto alcanzado)	Preparatoria	38
	Universidad	18
	Maestría	5
	Doctorado	0
Edad	18-30	54
	31-45	7
	46-60	0
Trastorno bipolar	Marcaron por lo menos un rasgo	22
	No marcaron ningún rasgo	46
	Diagnóstico	5
Esquizofrenia	Marcaron por lo menos un rasgo	57
	No marcaron ningún rasgo	4
	Diagnóstico	2
Ansiedad	Marcaron por lo menos un rasgo	38
	No marcaron ningún rasgo	23
Depresión	Marcaron por lo menos un rasgo	45
	No marcaron ningún rasgo	16
Trastorno obsesivo compulsivo	Marcaron por lo menos un rasgo	13
	No marcaron ningún rasgo	48
Estrés postraumático	Marcaron por lo menos un rasgo	25
	No marcaron ningún rasgo	36

Anexo 3- Prueba de Friedman y Nemenyi para las expresiones faciales y los emojis seleccionados de la prueba de esfuerzo masticatorio

Expresiones faciales

Variable	Muestra	Media	Desviación estándar	Valor p (Friedman)	Prueba de Nemenyi
Neutral	Aceitunas	0.73552979	0.23632326	< 0.0001	B
	Zanahoria	0.77979395	0.21268947		B
	Postres	0.74395528	0.220617		B
	Bolsas de Té	0.76218275	0.18134099		AB
	Chocolates	0.76443853	0.21278348		B
	Taco chapulines	0.74886021	0.18603674		AB
	Refresco	0.74682895	0.22067963		B
	Ensalada	0.77467273	0.19448413		B
	Pizza	0.7439527	0.21223796		AB
	Helado	0.74627485	0.22870636		AB
	Fresas	0.6870064	0.23616159		A
Alegría	Aceitunas	0.09673848	0.1809088	< 0.0001	C
	Zanahoria	0.08790345	0.17816566		BC
	Postres	0.10677032	0.20083718		BC
	Bolsas de Té	0.02839772	0.07000838		A
	Chocolates	0.10283833	0.18971992		C
	Taco chapulines	0.06559036	0.13594416		ABC
	Refresco	0.0958888	0.18966672		ABC
	Ensalada	0.05973151	0.12318476		AB
	Pizza	0.0863809	0.17162471		ABC
	Helado	0.10743746	0.19453781		C
	Fresas	0.10073117	0.17883556		BC
Tristeza	Aceitunas	0.06583985	0.10412882	0.00019	A
	Zanahoria	0.05547029	0.08346245		A
	Postres	0.06081191	0.08647104		A
	Bolsas de Té	0.07982708	0.08947051		B
	Chocolates	0.0568443	0.08749854		A
	Taco chapulines	0.07313054	0.09190968		AB
	Refresco	0.06537368	0.08711074		AB
	Ensalada	0.06687668	0.07878889		AB
	Pizza	0.07336616	0.10451802		AB
	Helado	0.07148259	0.10935923		AB
	Fresas	0.06659397	0.09512647		A
Enojo	Aceitunas	0.04750114	0.06809414	< 0.0001	ABC
	Zanahoria	0.03967863	0.06367908		A
	Postres	0.04322093	0.05977192		ABC
	Bolsas de Té	0.07566335	0.09223389		D

	Chocolates	0.03680959	0.05748807		A
	Taco chapulines	0.05313087	0.06291964		BCD
	Refresco	0.04249594	0.06478596		ABC
	Ensalada	0.04541041	0.06941002		ABC
	Pizza	0.0413665	0.05749809		ABC
	Helado	0.03188387	0.04439048		AB
	Fresas	0.05582281	0.07893849		CD
Sorpresa	Aceitunas	0.01647268	0.02563205	0.00063	B
	Zanahoria	0.01642369	0.03136557		B
	Postres	0.01449302	0.01953471		AB
	Bolsas de Té	0.01561413	0.02642042		AB
	Chocolates	0.01913967	0.03362313		B
	Taco chapulines	0.01841457	0.03526106		B
	Refresco	0.01547094	0.03024617		AB
	Ensalada	0.01378314	0.02259053		AB
	Pizza	0.01605784	0.02501225		B
	Helado	0.0176665	0.03255531		AB
	Fresas	0.01129609	0.01799105		A
Miedo	Aceitunas	0.00599609	0.01133648	< 0.0001	BCD
	Zanahoria	0.00458089	0.01044128		AB
	Postres	0.00470649	0.0089493		AB
	Bolsas de Té	0.00739691	0.01565946		C
	Chocolates	0.00399124	0.00847912		A
	Taco chapulines	0.00660412	0.01393439		C
	Refresco	0.00499856	0.01508658		A
	Ensalada	0.00329599	0.00725947		A
	Pizza	0.00500154	0.01104306		A
	Helado	0.00451071	0.01413421		A
	Fresas	0.0069393	0.01824426		ABC
Disgusto	Aceitunas	0.0173	0.0494	< 0.0001	BCD
	Zanahoria	0.0122	0.0305		AB
	Postres	0.0148	0.0377		ABC
	Bolsas de Té	0.0186	0.0435		BCD
	Chocolates	0.0090	0.0266		A
	Taco chapulines	0.0234	0.0572		D
	Refresco	0.0138	0.0349		ABC
	Ensalada	0.0157	0.0472		ABC
	Pizza	0.0117	0.0234		AB
	Helado	0.0100	0.0177		ABC
	Fresas	0.0297	0.0633		CD

Emojis

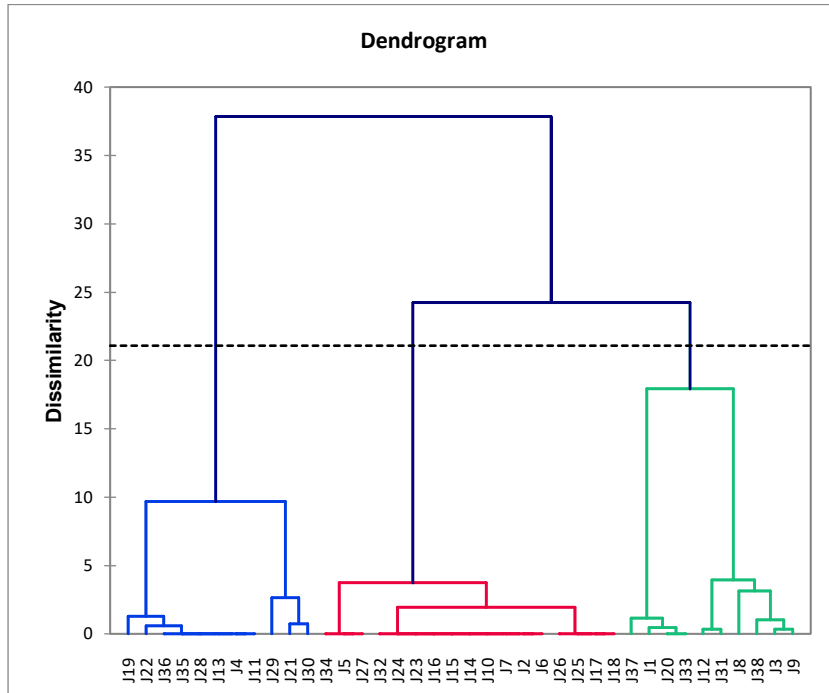
Variable	Muestra	Media	Desviación estándar	Valor p (Friedman)	Prueba de Nemenyi
Cara vomitando	Aceitunas	1.1359	1.7825	< 0.0001	B
	Zanahoria	0.0388	0.3107		A
	Postres	-	-		-
	Bolsas de Té	0.0971	0.4752		A
	Chocolates	0.0485	0.4927		A
	Taco chapulines	0.6505	1.5321		AB
	Refresco	0.3204	1.1650		AB
	Ensalada	0.1262	0.6669		A
	Pizza	-	-		-
	Helado	-	-		-
	Fresas	3.9126	1.8317		C
Cara sacando la lengua	Aceitunas	0.3301	1.0515	< 0.0001	AB
	Zanahoria	0.6990	1.4541		ABCD
	Postres	1.5437	2.1863		CD
	Bolsas de Té	0.3689	1.0755		ABC
	Chocolates	1.4757	2.1367		BCD
	Taco chapulines	1.1068	1.8519		BCD
	Refresco	0.9903	1.7850		ABCD
	Ensalada	0.9806	1.6685		ABCD
	Pizza	1.4660	2.0666		D
	Helado	1.7670	2.1792		D
	Fresas	0.0680	0.5288		A
Cara estupefacta	Aceitunas	0.5728	1.2649	< 0.0001	AB
	Zanahoria	0.1165	0.6613		A
	Postres	0.6602	1.4987		AB
	Bolsas de Té	0.8350	1.5848		AB
	Chocolates	0.4563	1.1780		AB
	Taco chapulines	1.4369	1.9336		B
	Refresco	0.2136	0.8361		A
	Ensalada	0.5049	1.2117		AB
	Pizza	0.4078	1.2081		A
	Helado	0.2136	0.8477		A
	Fresas	1.0291	1.9274		AB
Cara neutral	Aceitunas	1.2233	1.7486	< 0.0001	C
	Zanahoria	0.9320	1.5163		BC
	Postres	0.2330	0.9822		AB
	Bolsas de Té	1.4951	1.9193		C
	Chocolates	0.0485	0.4927		A
	Taco chapulines	1.0777	1.6668		BC
	Refresco	0.8350	1.6455		ABC

	Ensalada	0.8738	1.6311		ABC
	Pizza	0.1748	0.7198		AB
	Helado	0.2039	0.8327		AB
	Fresas	1.2524	1.9489		C
Cara de frustración	Aceitunas	1.0000	1.6920	< 0.0001	BC
	Zanahoria	0.2039	0.8088		AB
	Postres	-	-		-
	Bolsas de Té	0.1845	0.7376		AB
	Chocolates	-	-		-
	Taco chapulines	0.6990	1.5071		AB
	Refresco	0.3107	1.1205		AB
	Ensalada	0.1748	0.7850		AB
	Pizza	-	-		-
	Helado	0.0291	0.2956		A
	Fresas	2.0680	2.3063		C
Cara sonriendo con ojos de corazón	Aceitunas	0.2524	0.9259	< 0.0001	A
	Zanahoria	0.7670	1.5668		A
	Postres	3.1456	2.2422		B
	Bolsas de Té	0.4951	1.3201		A
	Chocolates	3.4757	2.1044		B
	Taco chapulines	0.6408	1.5521		A
	Refresco	0.9806	1.8523		A
	Ensalada	1.0194	1.8095		A
	Pizza	2.7282	2.3355		B
	Helado	2.8738	2.3460		B
	Fresas	-	-		.
Cara feliz con ojos sonrientes	Aceitunas	0.7379	1.5527	< 0.0001	AB
	Zanahoria	2.6019	1.9671		DEF
	Postres	3.0680	2.2019		F
	Bolsas de Té	1.9903	2.0887		CDE
	Chocolates	3.1553	2.1363		F
	Taco chapulines	1.1553	1.8458		BC
	Refresco	1.8155	1.9641		BCD
	Ensalada	2.4466	2.0662		DEF
	Pizza	3.0680	2.1705		F
	Helado	3.0194	2.1917		EF
	Fresas	0.0194	0.1971		A
Cara sonriendo con gafas de sol	Aceitunas	0.1456	0.6918	< 0.0001	A
	Zanahoria	0.4563	1.3119		AB
	Postres	0.8641	1.6748		AB
	Bolsas de Té	0.2524	0.9571		AB
	Chocolates	0.8058	1.7038		AB
	Taco chapulines	0.3981	1.1910		AB

	Refresco	1.1456	1.9067		AB
	Ensalada	0.3981	1.1232		AB
	Pizza	1.2039	1.9919		B
	Helado	1.2524	2.0519		B
	Fresas	-	-		-

No se realizó la prueba de Friedman para los emojis de cara enfadada, resoplando, sonrojada y desanimada.

Anexo 4-Clusterización aglomerativa de los datos de agrado en la prueba de esfuerzo masticatorio

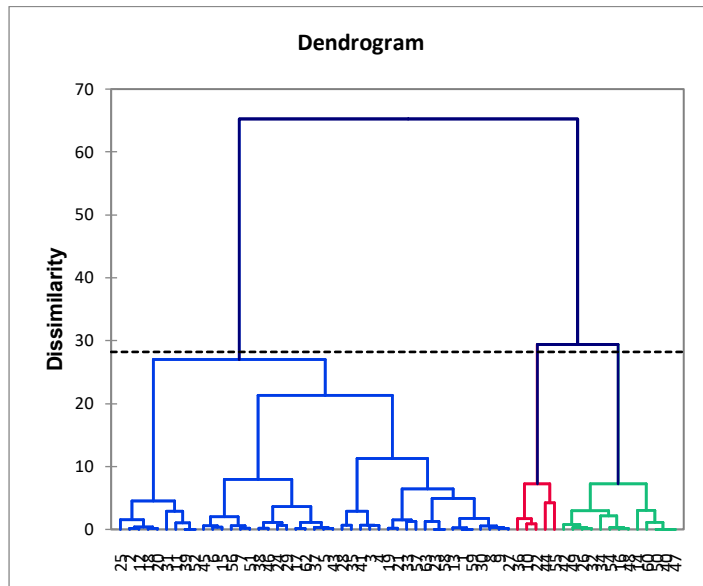


Class	1	2	3
Objects	10	17	11
Sum of weights	10	17	11
Within-class variance	3.556	0.346	1.673
Minimum distance to centroid	0.447	0.294	0.455
Average distance to centroid	1.654	0.509	1.100
Maximum distance to centroid	2.608	0.856	2.302
	J101	J2	J109
	J5	J107	J116
	J142	J22	J53
	J144	J140	J147
	J1	J125	J149
	J148	J81	J150
	J160	J89	J157
	J162	J145	J158
	J25	J146	J159
	J26	J104	J164
		J152	J167
		J153	
		J154	
		J155	
		J156	
		J161	
		J163	

Anexo 5-Prueba de Friedman ($\alpha=0.05$) para la tristeza medida en los 5 segundos de consumo del Danonino, chocolate y galleta.

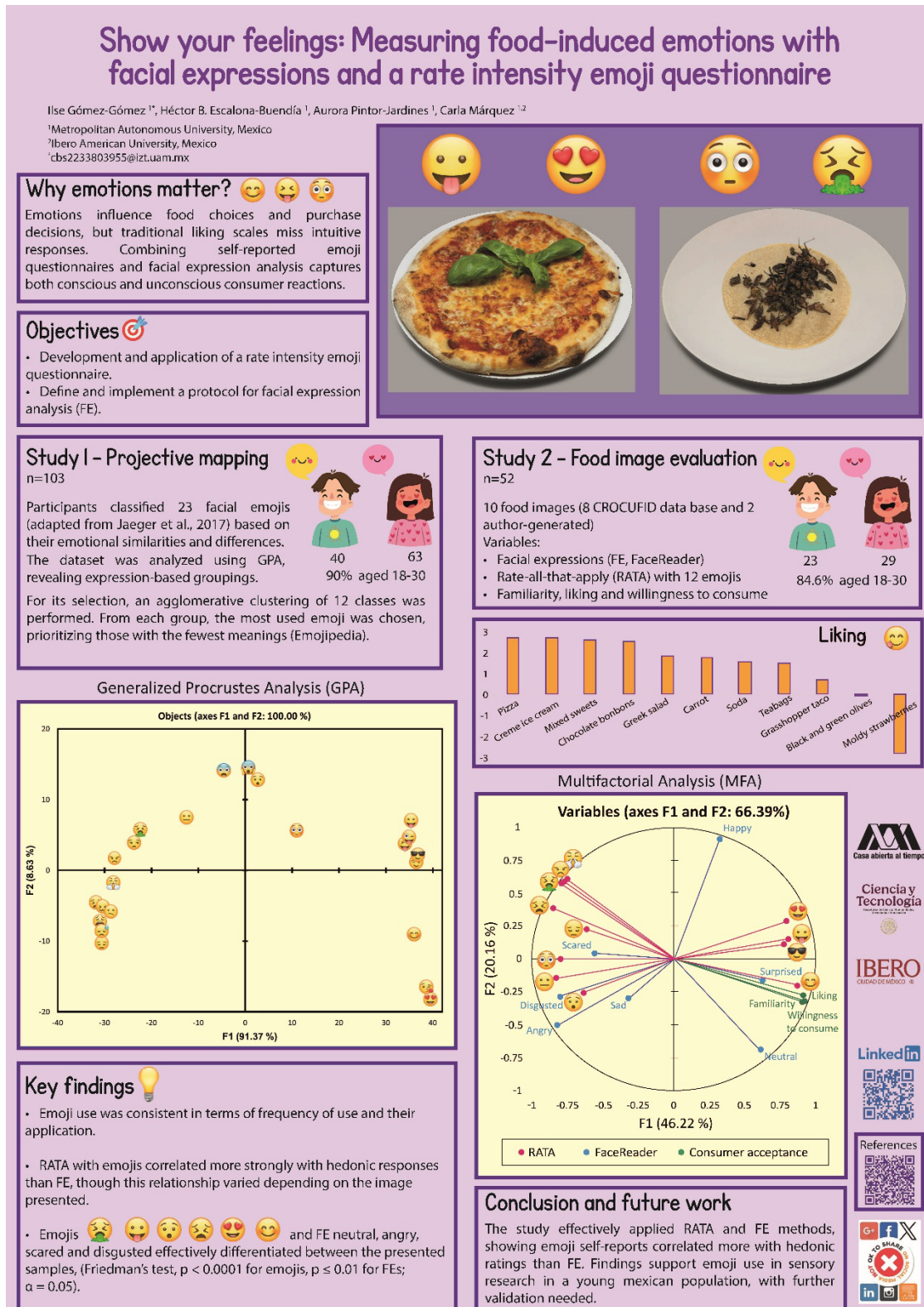
Tiempo (segundos)	Muestra	Media	Desviación estándar	Valor p
1	Danonino	0.114	0.126	0.350
	Chocolate	0.077	0.079	
	Galleta	0.080	0.081	
2	Danonino	0.105	0.099	0.803
	Chocolate	0.085	0.096	
	Galleta	0.087	0.079	
3	Danonino	0.048	0.065	0.543
	Chocolate	0.043	0.057	
	Galleta	0.068	0.087	
4	Danonino	0.034	0.054	0.803
	Chocolate	0.028	0.031	
	Galleta	0.031	0.036	
5	Danonino	0.047	0.087	0.226
	Chocolate	0.041	0.052	
	Galleta	0.054	0.093	

Anexo 6-Clusterización aglomerativa de los datos de agrado en la prueba de chocolates



Class	1	2	3
Objects	43	5	13
Sum of weights	43	5	13
Within-class variance	4.606	6.100	2.397
Minimum distance to centroid	0.843	0.346	0.746
Average distance to centroid	2.005	2.031	1.377
Maximum distance to centroid	4.042	2.814	2.925
	1 21 46	10	14
	2 23 51	22	16
	3 24 52	36	26
	4 25 56	44	32
	5 27 57	55	34
	6 28 58		40
	7 29 59		42
	8 30 62		47
	9 31 63		48
	11 33		49
	12 35		50
	13 37		54
	15 38		60
	17 39		
	18 41		
	19 43		
	20 45		

Anexo 7- Póster presentado en el congreso 16th Pangborn Sensory Science Symposium - Connecting Senses and Minds en Filadelfia, Estados Unidos



Fuentes consultadas

- Appelhans, B. M., & Luecken, L. J. (2006). Heart Rate Variability as an Index of Regulated Emotional Responding. *Review of General Psychology*, 10(3), 229–240. <https://doi.org/10.1037/1089-2680.10.3.229>
- Ares, G., & Jaeger, S. R. (2017). A comparison of five methodological variants of emoji questionnaires for measuring product elicited emotional associations: An application with seafood among Chinese consumers. *Food Research International*, 99, 216–228. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.04.028>
- Batista, D., Plácido da Silva, H., Fred, A., Moreira, C., Reis, M., & Ferreira, H. A. (2019). Benchmarking of the BITalino biomedical toolkit against an established gold standard. *Healthcare Technology Letters*, 6(2), 32–36. <https://doi.org/10.1049/htl.2018.5037>
- Bear, M. F., Connors, B. W., & Paradiso, M. A. (2016). Neuroscience: Exploring the brain. En *Neuroscience: Exploring the brain*, 3rd ed. Lippincott Williams & Wilkins Publishers.
- Bensaa, M. (2023). *Basic Protocols on Emotions, Senses, and Foods* (M. Bensafi, Ed.). Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-1-0716-2934-5>
- Brouwer, A.-M., Hogervorst, M. A., Grootjen, M., van Erp, J. B. F., & Zandstra, E. H. (2017). Neurophysiological responses during cooking food associated with different emotions. *Food Quality and Preference*, 62, 307–316. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2017.03.005>
- Cardello, A. V. (2020). Human experience of eating and drinking: Perspectives on 50 years of measurement progress. *Handbook of Eating and Drinking: Interdisciplinary Perspectives*, 1599–1625.
- Carroll, J. D. (1972). Individual differences and multidimensional scaling. *Multidimensional scaling: Theory and applications in the behavioral sciences*, 1, 105–155.
- Cernea, D., & Kerren, A. (2015). A survey of technologies on the rise for emotion-enhanced interaction. *Journal of Visual Languages & Computing*, 31, 70–86. <https://doi.org/10.1016/j.jvlc.2015.10.001>
- Crist, C. A., Duncan, S. E., Arnade, E. A., Leitch, K. A., O'Keefe, S. F., & Gallagher, D. L. (2018). Automated facial expression analysis for emotional responsivity using an aqueous bitter model. *Food Quality and Preference*, 68, 349–359. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2018.04.004>
- da Quinta, N., Baranda, A., Ríos, Y., Llorente, R., Naranjo, A. B., & Martinez de Marañón, I. (2023). Children's physiological and behavioural response evoked by the observation, olfaction, manipulation, and consumption of food textures. Part 1: Liquid products. *Food Research International*, 165, 112495. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.112495>

- de Wijk, R. A., & Boesveldt, S. (2016). Responses of the Autonomic Nervous System to Flavors. En *Multisensory Flavor Perception: From Fundamental Neuroscience Through to the Marketplace* (pp. 249–268). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100350-3.00013-4>
- De Wijk, R. A., Kaneko, D., Dijksterhuis, G. B., van Zoggel, M., Schiona, I., Visalli, M., & Zandstra, E. H. (2019). Food perception and emotion measured over time in-lab and in-home. *Food Quality and Preference*, 75, 170–178. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2019.02.019>
- de Wijk, R. A., Kooijman, V., Verhoeven, R. H. G., Holthuysen, N. T. E., & de Graaf, C. (2012a). Autonomic nervous system responses on and facial expressions to the sight, smell, and taste of liked and disliked foods. *Food Quality and Preference*, 26(2), 196–203. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2012.04.015>
- de Wijk, R. A., Kooijman, V., Verhoeven, R. H. G., Holthuysen, N. T. E., & de Graaf, C. (2012b). Autonomic nervous system responses on and facial expressions to the sight, smell, and taste of liked and disliked foods. *Food Quality and Preference*, 26(2), 196–203. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2012.04.015>
- Ekman, P. (1970). Universal facial expressions of emotion. *California Mental Health Research Digest*, 8(4), 151–158.
- Emerson, R. W. (2022). ANOVA Assumptions. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 116(4), 585–586. <https://doi.org/10.1177/0145482X221124187>
- Eric U., O., & Michael O., O. (2024). Overview of Agglomerative Hierarchical Clustering Methods. *British Journal of Computer, Networking and Information Technology*, 7(2), 14–23. <https://doi.org/10.52589/BJCNIT-CV9POOGW>
- Escalona, H. (1995). *Evaluación Estadística de Metodologías para Pruebas Sensoriales a través de Estudios de Caso*. UAM.
- Escofier, B., & Pagès, J. (1994). Multiple factor analysis (AFMULT package). *Computational Statistics & Data Analysis*, 18(1), 121–140. [https://doi.org/10.1016/0167-9473\(94\)90135-X](https://doi.org/10.1016/0167-9473(94)90135-X)
- Gómez-Corona, C., & Rodrigues, H. (2023). *Consumer Research Methods in Food Science* (C. Gómez-Corona & H. Rodrigues, Eds.). Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-1-0716-3000-6>
- Green, P. E., & Srinivasan, V. (1978). Conjoint analysis in consumer research: issues and outlook. *Journal of consumer research*, 5(2), 103–123.
- Gunaratne, T. M., Gonzalez Viejo, C., Fuentes, S., Torrico, D. D., Gunaratne, N. M., Ashman, H., & Dunshea, F. R. (2019). Development of emotion lexicons to describe chocolate using the Check-All-That-Apply (CATA) methodology across Asian and Western groups. *Food Research International*, 115, 526–534. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.10.001>

- He, W., Boesveldt, S., de Graaf, C., & de Wijk, R. A. (2016). The relation between continuous and discrete emotional responses to food odors with facial expressions and non-verbal reports. *Food Quality and Preference*, 48, 130–137. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2015.09.003>
- He, W., de Wijk, R. A., de Graaf, C., & Boesveldt, S. (2016). Implicit and explicit measurements of affective responses to food odors. *Chemical Senses*, 41(8), 661–668. <https://doi.org/10.1093/chemse/bjw068>
- Hough, G., Wakeling, I., Mucci, A., Chambers, E., Gallardo, I. M., & Alves, L. R. (2006). Number of consumers necessary for sensory acceptability tests. *Food Quality and Preference*, 17(6), 522–526. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2005.07.002>
- Huyut, M. T. (2026). Empirical and Asymptotic Perspectives on Sample Size Adequacy in Normality Testing: A Monte Carlo Study. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 16(1), 127–140. <https://doi.org/10.21597/jist.1846196>
- Jaeger, S. R., Cardello, A. V., & Schutz, H. G. (2013). Emotion questionnaires: A consumer-centric perspective. *Food Quality and Preference*, 30(2), 229–241. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2013.05.015>
- Jaeger, S. R., Lee, S. M., Kim, K.-O., Chheang, S. L., Jin, D., & Ares, G. (2017). Measurement of product emotions using emoji surveys: Case studies with tasted foods and beverages. *Food Quality and Preference*, 62, 46–59. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2017.05.016>
- Jaeger, S. R., Vidal, L., & Ares, G. (2021). Should emoji replace emotion words in questionnaire-based food-related consumer research? *Food Quality and Preference*, 92. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2020.104121>
- Jones, L. V., Peryam, D. R., & Thurstone, L. L. (1955). DEVELOPMENT OF A SCALE FOR MEASURING SOLDIERS' FOOD PREFERENCES. *Journal of Food Science*, 20(5), 512–520. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1955.tb16862.x>
- Kaneko, D., Toet, A., Brouwer, A.-M., Kallen, V., & van Erp, J. B. F. (2018). Methods for Evaluating Emotions Evoked by Food Experiences: A Literature Review. *Frontiers in Psychology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00911>
- Köster, E. P., & Mojet, J. (2015). From mood to food and from food to mood: A psychological perspective on the measurement of food-related emotions in consumer research. *Food Research International*, 76, 180–191. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.04.006>
- Kuoppa, P., Tarvainen, M. P., Karhunen, L., & Narvainen, J. (2016). Heart rate reactivity associated to positive and negative food and non-food visual stimuli. *2016 38th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)*, 5279–5282. <https://doi.org/10.1109/EMBC.2016.7591918>

- Lawless, H. T., & Heymann, H. (2010). *Sensory Evaluation of Food*. Springer New York. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6488-5>
- Makowski, D., Pham, T., Lau, Z. J., Brammer, J. C., Lespinasse, F., Pham, H., Schölzel, C., & Chen, S. H. A. (2021). NeuroKit2: A Python toolbox for neurophysiological signal processing. *Behavior Research Methods*, 53(4), 1689–1696. <https://doi.org/10.3758/s13428-020-01516-y>
- Massaro, S., & Pecchia, L. (2019). Heart Rate Variability (HRV) Analysis: A Methodology for Organizational Neuroscience. *Organizational Research Methods*, 22(1), 354–393. <https://doi.org/10.1177/1094428116681072>
- Meiselman, H. L., Jaeger, S. R., Carr, B. T., & Churchill, A. (2022). Approaching 100 years of sensory and consumer science: Developments and ongoing issues. *Food Quality and Preference*, 100. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2022.104614>
- Mena, B., Torrico, D. D., Hutchings, S., Ha, M., Ashman, H., & Warner, R. D. (2023). Understanding consumer liking of beef patties with different firmness among younger and older adults using FaceReader™ and biometrics. *Meat Science*, 199. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2023.109124>
- Munoz, M. L., van Roon, A., Riese, H., Thio, C., Oostenbroek, E., Westrik, I., de Geus, E. J. C., Gansevoort, R., Lefrandt, J., Nolte, I. M., & Snieder, H. (2015). Validity of (Ultra-)Short Recordings for Heart Rate Variability Measurements. *PLOS ONE*, 10(9), e0138921. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0138921>
- Muroni, P., Crnjar, R., & Tomassini Barbarossa, I. (2011). Emotional Responses to Pleasant and Unpleasant Oral Flavour Stimuli. *Chemosensory Perception*, 4(3), 65–71. <https://doi.org/10.1007/s12078-011-9093-5>
- Noldus. (2021). *FaceReader: Tool for automatic analysis of facial expressions* (Version 9). Noldus Information Technology B.V.
- Nussinovitch, U., Elishkevitz, K. P., Katz, K., Nussinovitch, M., Segev, S., Volovitz, B., & Nussinovitch, N. (2011). Reliability of Ultra-Short ECG Indices for Heart Rate Variability. *Annals of Noninvasive Electrocardiology*, 16(2), 117–122. <https://doi.org/10.1111/j.1542-474X.2011.00417.x>
- O'Mahony, M. (2017). *Sensory Evaluation of Food*. Routledge. <https://doi.org/10.1201/9780203739884>
- Pan, J., & Tompkins, W. J. (1985). A Real-Time QRS Detection Algorithm. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, BME-32(3), 230–236. <https://doi.org/10.1109/TBME.1985.325532>
- Páris, C., Barbosa, J., Ferreira, E., & Gomes, A. (2017). BITalino use and applications for health, education, home automation and industry. *Proceedings of the 8th International Conference on Society and Information Technologies, Orlando, FL, USA*, 21–24.

- Plutchik, R. (2001). The Nature of Emotions: Human emotions have deep evolutionary roots, a fact that may explain their complexity and provide tools for clinical practice. *American Scientist*, 89(4), 344–350. <http://www.jstor.org/stable/27857503>
- Posada-Quintero, H. F., & Chon, K. H. (2020). Innovations in Electrodermal Activity Data Collection and Signal Processing: A Systematic Review. *Sensors*, 20(2), 479. <https://doi.org/10.3390/s20020479>
- Ruiz-Padial, E., Carmen, & M., Mercado, F., Luis Mata-Martín, J., & García-León, A. (2021). *MATTER in emotion research: Spanish standardization of an affective image set*. <https://doi.org/10.3758/s13428-021-01567-9/Published>
- Russell, J. A. (1980). A circumplex model of affect. *Journal of Personality and Social Psychology*, 39(6), 1161–1178. <https://doi.org/10.1037/h0077714>
- Samant, S. S., Chapko, M. J., & Seo, H. S. (2017). Predicting consumer liking and preference based on emotional responses and sensory perception: A study with basic taste solutions. *Food Research International*, 100, 325–334. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.07.021>
- Samant, S. S., & Seo, H.-S. (2020). Influences of sensory attribute intensity, emotional responses, and non-sensory factors on purchase intent toward mixed-vegetable juice products under informed tasting condition. *Food Research International*, 132, 109095. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109095>
- Schiffman, L. G., Lazar Kanuk, L., & Wisenblit, J. (2010). *Comportamiento del consumidor*. Prentice Hall.
- Schippers, A., Aben, B., Griep, Y., & Van Overwalle, F. (2018). Ultra-short term heart rate variability as a tool to assess changes in valence. *Psychiatry Research*, 270, 517–522. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2018.10.005>
- Severiano Pérez, P. (2019). ¿Qué es y cómo se utiliza la evaluación sensorial? *INTER DISCIPLINA*, 7(19), 47. <https://doi.org/10.22201/ceiich.24485705e.2019.19.70287>
- Shaffer, F., Meehan, Z. M., & Zerr, C. L. (2020). A Critical Review of Ultra-Short-Term Heart Rate Variability Norms Research. *Frontiers in Neuroscience*, 14. <https://doi.org/10.3389/fnins.2020.594880>
- Spinelli, S., Monteleone, E., Ares, G., & Jaeger, S. R. (2019). Sensory drivers of product-elicited emotions are moderated by liking: Insights from consumer segmentation. *Food Quality and Preference*, 78. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2019.103725>
- Thomson, D. M. H., & Coates, T. (2021). Concept profiling – navigating beyond liking. En *Emotion Measurement* (pp. 381–438). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821124-3.00012-0>

- Toet, A., Kaneko, D., de Kruijf, I., Ushiama, S., van Schaik, M. G., Brouwer, A.-M., Kallen, V., & van Erp, J. B. F. (2019). CROCUFID: A Cross-Cultural Food Image Database for Research on Food Elicited Affective Responses. *Frontiers in Psychology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00058>
- Tomic, O., Berget, I., & Næs, T. (2015). A comparison of generalised procrustes analysis and multiple factor analysis for projective mapping data. *Food Quality and Preference*, 43, 34–46. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2015.02.004>
- Torrico, D. D., Fuentes, S., Gonzalez Viejo, C., Ashman, H., & Dunshea, F. R. (2019). Cross-cultural effects of food product familiarity on sensory acceptability and non-invasive physiological responses of consumers. *Food Research International*, 115, 439–450. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.10.054>
- Torrico, D. D., Fuentes, S., Gonzalez Viejo, C., Ashman, H., Gunaratne, N. M., Gunaratne, T. M., & Dunshea, F. R. (2018). Images and chocolate stimuli affect physiological and affective responses of consumers: A cross-cultural study. *Food Quality and Preference*, 65, 60–71. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2017.11.010>
- Ulrich-Lai, Y. M., Fulton, S., Wilson, M., Petrovich, G., & Rinaman, L. (2015). Stress exposure, food intake and emotional state. *Stress (Amsterdam, Netherlands)*, 18(4), 381–399. <https://doi.org/10.3109/10253890.2015.1062981>
- Varela, P., & Ares, G. (2014). *Novel Techniques in Sensory Characterization and Consumer Profiling*.
- Varela, P., & Ares, G. (2018). Recent Advances in Consumer Science. En *Methods in Consumer Research, Volume 1: New Approaches to Classic Methods* (Vol. 1, pp. 3–21). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102089-0.00001-7>
- Wendin, K., Allesen-Holm, B. H., & Bredie, W. L. P. (2011). Do facial reactions add new dimensions to measuring sensory responses to basic tastes? *Food Quality and Preference*, 22(4), 346–354. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2011.01.002>
- Wessel, N., Voss, A., Malberg, H., Ziehmann, C., Voss, H. U., Schirdewan, A., Meyerfeldt, U., & Kurths, J. (2000). Nonlinear analysis of complex phenomena in cardiological data. *Herzschrittmachertherapie und Elektrophysiologie*, 11(3), 159–173. <https://doi.org/10.1007/s003990070035>
- YQ Low, J., Janin, N., Traill, R. M., & Hort, J. (2022). The who, what, where, when, why and how of measuring emotional response to food. A systematic review. En *Food Quality and Preference* (Vol. 100). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2022.104607>
- Zaman, B., & Shrimpton-Smith, T. (2006). The FaceReader: Measuring instant fun of use. *ACM International Conference Proceeding Series*, 189, 457–460. <https://doi.org/10.1145/1182475.1182536>

Zedge. (s/f). *Emojipedia*. Recuperado <https://emojipedia.org/>

Zeinstra, G. G., Koelen, M. A., Colindres, D., Kok, F. J., & de Graaf, C. (2009). Facial expressions in school-aged children are a good indicator of 'dislikes', but not of 'likes'. *Food Quality and Preference*, 20(8), 620–624. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2009.07.002>

Zhi, R., Wan, J., Zhang, D., & Li, W. (2018). Correlation between hedonic liking and facial expression measurement using dynamic affective response representation. *Food Research International*, 108, 237–245. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.03.042>



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

ACTA DE EXAMEN DE GRADO

No. 00336

Matrícula: 2233803955

Mediciones implícitas y explícitas de las respuestas emocionales en pruebas con consumidores.

En la Ciudad de México, se presentaron a las 9:30 horas del día 16 del mes de marzo del año 2026 en la Unidad Iztapalapa de la Universidad Autónoma Metropolitana, los suscritos miembros del jurado:

DRA. MARIA AURORA PINTOR JARDINES
DRA. CARLA ALEJANDRA MARQUEZ MUÑOZ
DRA. LAURA MERCEDES SANTIAGO FUENTES
DRA. PATRICIA SEVERIANO PEREZ

Bajo la Presidencia de la primera y con carácter de Secretaria la última, se reunieron para proceder al Examen de Grado cuya denominación aparece al margen, para la obtención del grado de:

MAESTRA EN BIOTECNOLOGÍA

DE: ILSE GOMEZ GOMEZ

y de acuerdo con el artículo 78 fracción III del Reglamento de Estudios Superiores de la Universidad Autónoma Metropolitana, los miembros del jurado resolvieron:

Aprobar

Acto continuo, la presidenta del jurado comunicó a la interesada el resultado de la evaluación y, en caso aprobatorio, le fue tomada la protesta.



Ilse Gomez Gomez

ILSE GOMEZ GOMEZ
ALUMNA

REVISÓ

[Signature]

MTRA. ROSALIA SERRANO DE LA PAZ
DIRECTORA DE SISTEMAS ESCOLARES

DIRECTORA DE LA DIVISIÓN DE CBS

[Signature]

DRA. EDITH ARENAS RIOS

PRESIDENTA

[Signature]

DRA. MARIA AURORA PINTOR JARDINES

VOCAL

[Signature]

DRA. CARLA ALEJANDRA MARQUEZ MUÑOZ

VOCAL

[Signature]

DRA. LAURA MERCEDES SANTIAGO FUENTES

SECRETARIA

[Signature]

DRA. PATRICIA SEVERIANO PEREZ