

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE ALIMENTOS



Desarrollo de un programa de entrenamiento sensorial para la evaluación de cinco atributos de sabor en productos lácteos en polvo

Trabajo de graduación en modalidad de trabajo profesional presentado por
Ana Luisa Pérez Alvarado
para optar por el grado académico de Licenciada en Ingeniería en Ciencias de Alimentos
Guatemala
2025

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE ALIMENTOS



Desarrollo de un programa de entrenamiento sensorial para la evaluación de cinco atributos de sabor en productos lácteos en polvo

Trabajo de graduación en modalidad de trabajo profesional presentado por
Ana Luisa Pérez Alvarado
para optar por el grado académico de Licenciada en Ingeniería en Ciencias de Alimentos
Guatemala
2025

Vo. Bo. :

(f) 
Msc. Adilia Blandón Úbeda

Tribunal Examinador:

(f) 
Msc. Ana Alicia Paz

(f) 
Msc. Ana Silvia Colmenares

(f) 
Msc. Adilia Blandón Úbeda

Fecha de aprobación del examen de graduación:

Guatemala, 23 de octubre de 2025

Prefacio

Este trabajo de investigación fue posible gracias al apoyo y compromiso de quienes me acompañaron en el proceso. Agradezco profundamente a los panelistas Alberto, Ervin, Sergio, Jesica, Joselin, Gabriela, Katherine, Isaac David, Brayan y Benix, por su dedicación y disposición en cada sesión de entrenamiento, demostrando constancia y entusiasmo en cada etapa del estudio.

De manera especial, deseo expresar mi más sincera gratitud a mis padres. Su apoyo incondicional, sus palabras de aliento y la confianza que siempre depositaron en mí fueron la base sobre la cual pude mantener la motivación y la perseverancia. Gracias a su ejemplo de esfuerzo y dedicación aprendí a valorar la disciplina y la constancia, virtudes que guiaron cada paso en la realización de este trabajo.

Índice

Prefacio	i
Índice.....	ii
Lista de cuadros	v
Lista de figuras.....	vi
Lista de anexos.....	vii
Resumen.....	ix
Abstract.....	xi
I. Introducción	1
II. Antecedentes	3
III. Justificación	6
IV. Objetivos	8
A. Objetivo general.....	8
B. Objetivos específicos	8
V. Marco teórico	9
A. Definición e importancia de la evaluación sensorial en productos lácteos.....	9
1. Importancia del sabor en la calidad de la leche	10
2. Selección de materiales de empaque.....	11
3. Determinación de vida de anaquel.....	12
B. Métodos de evaluación sensorial	13
1. Pruebas discriminativas	13
C. Análisis Descriptivo Cuantitativo (QDA).....	16
D. Spectrum	17
E. Pruebas afectivas.....	17
F. Factores que influyen en la calidad sensorial de productos lácteos en polvo	18
1. Alimentación.....	18
2. Procesamiento térmico.....	19

3.	Composición de ácidos grasos y su relación con oxidación lipídica en la leche	20
4.	Condiciones de almacenamiento.....	21
G.	Principales atributos de sabor en productos lácteos en polvo	22
1.	Notas dulces	22
2.	Notas a cocido y caramelo	22
3.	Nota salada.....	23
4.	Nota ácida	23
5.	Astringente.....	24
6.	Defectos sensoriales.....	24
H.	Entrenamiento del panel sensorial	25
1.	Selección de jueces con alta sensibilidad sensorial	26
2.	Entrenamiento en descriptores sensoriales específicos.....	26
3.	Calibración del panel para mejorar reproducibilidad.....	27
I.	Validación del método de entrenamiento	28
J.	Principales normas estandarizadas para evaluación sensorial	28
1.	ISO 8586: Selección y entrenamiento de evaluadores sensoriales	28
2.	ISO 13299: Definición de perfiles sensoriales y selección de paneles	29
3.	ISO 8589: Diseño de laboratorios para pruebas sensoriales	30
4.	ISO 11132: Análisis sensorial. Metodología. Directrices para la medición del rendimiento de una panel sensorial descriptivo cuantitativo	30
5.	ISO 16779: Análisis sensorial - Evaluación (determinación y verificación) de la vida útil de los productos alimenticios.....	31
VI.	Metodología	32
A.	Selección de atributos para productos lácteos en polvo.....	32
B.	Selección de panelistas.....	32
1.	Cuestionario de preselección	33
2.	Ejercicio de escalas	33
3.	Prueba daltonismo.....	34

4.	Prueba de olores.....	34
5.	Prueba de reconocimiento de sabores básicos	35
6.	Prueba discriminativa de diferencia.....	35
C.	Desarrollo del entrenamiento sensorial.....	36
1.	Sesión informativa del estudio.....	38
2.	Familiarización con los atributos	38
3.	Planificación de sesiones	39
4.	Recopilación de datos y análisis estadístico	44
D.	Validación del entrenamiento.....	46
E.	Desarrollo de perfil sensorial para productos lácteos en polvo	46
VII.	Resultados y discusión.....	48
A.	Selección de atributos sensoriales en lácteos en polvo	48
B.	Selección de panelistas.....	49
C.	Entrenamiento del atributo dulce	50
D.	Entrenamiento del atributo salado.....	51
E.	Entrenamiento del atributo ácido	53
F.	Entrenamiento del atributo cartón.....	56
G.	Entrenamiento del atributo metálico	57
H.	Evaluación del perfil de sabor en productos lácteos en polvo	59
VIII.	Conclusiones	67
IX.	Recomendaciones.....	68
X.	Bibliografía	69
XI.	Anexos	72

Lista de cuadros

Cuadro 1. Clasificación de pruebas para análisis sensorial	13
Cuadro 2. Criterios de selección de panelistas	26
Cuadro 3. Técnicas de calibración del panel	28
Cuadro 4. Puntaje mínimo para pruebas en la preselección	33
Cuadro 5. Soluciones de aromas.....	34
Cuadro 6. Reactivos y concentraciones para prueba de sabores básicos.....	35
Cuadro 7. Resumen de resultados de la preselección de panelistas	49
Cuadro 8. Determinación del análisis estadístico ANOVA para validar el entrenamiento del panel en el atributo dulce después de dos sesiones de entrenamiento	50
Cuadro 9. Determinación del análisis estadístico ANOVA para validar el entrenamiento del panel en el atributo salado después de dos sesiones de entrenamiento	52
Cuadro 10. Determinación del análisis estadístico ANOVA para validar el entrenamiento del panel en el atributo ácido después de dos sesiones de entrenamiento	53
Cuadro 11. Determinación del análisis estadístico ANOVA para validar el entrenamiento del panel en el atributo ácido después de tres sesiones de entrenamiento	54
Cuadro 12. Determinación del análisis estadístico ANOVA para validar el entrenamiento del panel en el atributo cartón después de dos sesiones de entrenamiento	56
Cuadro 13. Determinación del análisis estadístico ANOVA para validar el entrenamiento del panel en el atributo metálico después de dos sesiones de entrenamiento	57
Cuadro 14. Determinación del análisis estadístico ANOVA para validar el entrenamiento de los cinco atributos de sabor en lácteos en polvo	59
Cuadro 15. Determinación de los promedios de las muestras de lácteos en polvo evaluadas para el atributo dulce	60
Cuadro 16. Determinación de los promedios de las muestras de lácteos en polvo evaluadas para el atributo salado	60
Cuadro 17. Determinación de los promedios de las muestras de lácteos en polvo evaluadas para el atributo ácido	61
Cuadro 18. Determinación de los promedios de las muestras de lácteos en polvo evaluadas para el atributo cartón.....	61
Cuadro 19. Determinación de los promedios de las muestras de lácteos en polvo evaluadas para el atributo metálico	62

Lista de figuras

Figura 1. Número mínimo de respuestas correctas.....	15
Figura 2. Diagrama general del entrenamiento en descriptores sensoriales	27
Figura 3. Resultados de prueba pareada de los panelistas preseleccionados.....	36
Figura 4. Gráfica de interacción producto y panelista para el atributo dulce posterior a dos sesiones de entrenamiento	51
Figura 5. Gráfica de interacción producto y panelista para el atributo salado posterior a dos sesiones de entrenamiento	52
Figura 6. Gráfica de interacción producto y panelista para el atributo ácido posterior a dos sesiones de entrenamiento	54
Figura 7. Gráfica de interacción producto y panelista para el atributo ácido posterior a tres sesiones de entrenamiento.....	55
Figura 8. Gráfica de interacción producto y panelista para el atributo cartón posterior a dos sesiones de entrenamiento	56
Figura 9. Gráfica de interacción producto y panelista para el atributo metálico posterior a dos sesiones de entrenamiento	58
Figura 10. Gráfico radial para el perfil de sabor de leche entera.....	63
Figura 11. Gráfico radial para el perfil de sabor de leche descremada	64
Figura 12. Gráfico radial para el perfil de sabor de mezcla de lactosuero, leche descremada con grasa vegetal y leche entera.....	65
Figura 13. Preparación de muestras para el entrenamiento del atributo dulce	153
Figura 14. Preparación de muestras para el entrenamiento del atributo cartón	154
Figura 15. Muestras de sesión de entrenamiento de atributo de sabor	154
Figura 16. Evaluación final de atributos de sabor en lácteos en polvo.....	155

Lista de anexos

Anexo 1. Consentimiento informado para los participantes del panel entrenado	72
Anexo 2. Presentación informativa del estudio con modalidad de trabajo de graduación	73
Anexo 3. Hoja de planificación para la sesión 1 del atributo dulce	84
Anexo 4. Boleta de respuestas sesión de familiarización con referencias sensoriales del atributo dulce	86
Anexo 5. Hoja maestra de sesión 2 de entrenamiento en el atributo dulce	87
Anexo 6. Boletas de respuestas de sesión 2 de entrenamiento en el atributo dulce	90
Anexo 7. Hoja maestra de sesión 3 de entrenamiento en el atributo dulce	92
Anexo 8. Boleta de respuestas de sesión 3 de entrenamiento en el atributo dulce.....	95
Anexo 9. Hoja maestra de sesión 1 de entrenamiento en el atributo salado.....	96
Anexo 10. Boleta de respuestas de sesión 1 de entrenamiento en el atributo salado	97
Anexo 11. Hoja maestra de sesión 2 de entrenamiento en el atributo salado	98
Anexo 12. Boleta de respuestas de sesión 2 de entrenamiento en el atributo salado	100
Anexo 13. Hoja maestra de sesión 3 de entrenamiento en el atributo salado.....	102
Anexo 14. Boleta de respuestas de sesión 3 de entrenamiento en el atributo salado	104
Anexo 15. Hoja maestra de sesión 1 de entrenamiento en el atributo ácido	105
Anexo 16. Boleta de respuestas de sesión 1 de entrenamiento en el atributo ácido.....	106
Anexo 17. Hoja maestra de sesión 2 de entrenamiento en el atributo ácido	107
Anexo 18. Boleta de respuestas de sesión 2 de entrenamiento en el atributo ácido.....	110
Anexo 19. Hoja maestra de sesión 3 de entrenamiento en el atributo ácido	112
Anexo 20. Boleta de respuestas de sesión 3 de entrenamiento en el atributo ácido.....	114
Anexo 21. Hoja maestra de sesión 4 de entrenamiento en el atributo ácido	115
Anexo 22. Boleta de respuestas de sesión 4 de entrenamiento en el atributo ácido.....	117
Anexo 23. Hoja maestra de sesión 1 de entrenamiento en el atributo cartón.....	118
Anexo 24. Boleta de respuestas de sesión 1 de entrenamiento en el atributo cartón.....	119
Anexo 25. Hoja maestra de sesión 2 de entrenamiento en el atributo cartón.....	120
Anexo 26. Boleta de respuestas de sesión 2 de entrenamiento en el atributo cartón.....	122
Anexo 27. Hoja maestra de sesión 3 de entrenamiento en el atributo cartón.....	123
Anexo 28. Boleta de respuestas de sesión 3 de entrenamiento en el atributo cartón.....	125
Anexo 29. Hoja maestra de sesión 1 de entrenamiento en el atributo metálico	126
Anexo 30. Boleta de respuestas de sesión 1 de entrenamiento en el atributo metálico...	127
Anexo 31. Hoja maestra de sesión 2 de entrenamiento en el atributo metálico	128
Anexo 32. Boleta de respuestas de sesión 2 de entrenamiento en el atributo metálico...	130
Anexo 33. Hoja maestra de sesión 3 de entrenamiento en el atributo metálico	131
Anexo 34. Boleta de respuestas de sesión 3 de entrenamiento en el atributo metálico...	133

Anexo 35. Hoja maestra de sesión final de evaluación de entrenamiento en cinco atributos de sabor en lácteos en polvo	134
Anexo 36. Boleta de respuestas de sesión final de evaluación de entrenamiento en cinco atributos de sabor en lácteos en polvo	136
Anexo 37. Datos crudos de sesiones de entrenamiento en atributos de sabor	137
Anexo 38. Datos crudos de la sesión final de evaluación de atributos de sabor de lácteos en polvo.....	139
Anexo 39. Output de RStudio para la validación de las sesiones de entrenamiento de atributos de sabor en lácteos en polvo	141
Anexo 40. Output de RStudio para la sesión final de evaluación de atributos de sabor de lácteos en polvo.....	148
Anexo 41. Fotografías de la preparación de muestras, sesiones de entrenamiento y evaluación final de cinco atributos de sabor en lácteos en polvo	153

Resumen

La evaluación sensorial es una herramienta esencial para garantizar la calidad y aceptación de los productos alimenticios, especialmente en la industria láctea, donde el sabor representa un atributo determinante para la percepción del consumidor. En la Ciudad de Guatemala, una empresa dedicada al empaque de productos lácteos en polvo enfrenta desafíos en el aseguramiento sensorial de la calidad, debido a la ausencia de un panel sensorial entrenado y la dependencia de análisis fisicoquímicos externos.

Este trabajo tiene como objetivo desarrollar un programa de entrenamiento sensorial para la evaluación de cinco atributos de sabor dulce, salado, ácido, cartón y metálico en productos lácteos en polvo, utilizando metodologías estandarizadas como el Análisis Descriptivo Cuantitativo (QDA) y el método Spectrum. El proceso la participación de panelistas previamente seleccionados mediante pruebas sensoriales rigurosas y una capacitación estructurada en descriptores sensoriales específicos. Posteriormente, se aplicará el entrenamiento en productos reales de la empresa para validar y ejemplificar la funcionalidad del panel en el desarrollo del perfil sensorial de tres productos lácteos en polvo de la empresa.

El desarrollo del panel entrenado permite una evaluación sensorial precisa, reproducible y rápida, reduciendo la dependencia de laboratorios externos, mejorando la eficiencia en la toma de decisiones y fortaleciendo el control de calidad del producto final. Además, facilita el desarrollo de perfiles sensoriales aplicables en el diseño de nuevos productos y la mejora continua de los existentes, contribuyendo así a la competitividad de la empresa en el mercado nacional e internacional.

Se pudo demostrar que el programa de entrenamiento sensorial permitió evaluar de forma sistemática los cinco atributos de sabor, incluyendo tanto notas características como defectos en los productos lácteos en polvo. El panel alcanzó niveles adecuados de precisión (repetibilidad) y reproducibilidad (entre evaluadores) conforme a los criterios establecidos, evidenciando su idoneidad para ser aplicado en control de calidad y desarrollo de productos. La selección, capacitación y calibración de panelistas, realizadas bajo los enfoques QDA y Spectrum, resultaron efectivas para alinear percepciones sensoriales y reducir los sesgos individuales. Finalmente, la validación estadística confirmó la capacidad discriminativa del panel y la robustez de su desempeño al evaluar diferentes muestras de productos lácteos en polvo, garantizando la confiabilidad de los resultados obtenidos.

En conclusión, el programa de entrenamiento sensorial desarrollado constituye una herramienta sólida para fortalecer los sistemas internos de aseguramiento de la calidad sensorial, facilitando una toma de decisiones más ágil y basada en evidencia, al mismo tiempo que impulsa la innovación y la mejora continua en el portafolio de productos lácteos en polvo de la empresa.

Abstract

Sensory evaluation is an essential tool for ensuring the quality and acceptance of food products, especially in the dairy industry, where taste is a determining factor in consumer perception. In Guatemala City, a company dedicated to packaging powdered dairy products faces challenges in sensory quality assurance due to the absence of a trained sensory panel and its dependence on external physicochemical analyses.

This work aims to develop a sensory training program for the evaluation of five attributes of sweet, salty, sour, cardboard, and metallic taste in powdered dairy products, using standardized methodologies such as Quantitative Descriptive Analysis (QDA) and the Spectrum method. The process involves panelists previously selected through rigorous sensory tests and structured training in specific sensory descriptors. Subsequently, the training will be applied to the company's actual products to validate and exemplify the panel's functionality in developing the sensory profile of three of the company's powdered dairy products.

The development of the trained panel allows for accurate, reproducible, and rapid sensory evaluation, reducing dependence on external laboratories, improving decision-making efficiency, and strengthening the quality control of the final product. In addition, it facilitates the development of sensory profiles applicable in the design of new products and the continuous improvement of existing ones, thus contributing to the company's competitiveness in the national and international markets.

It was demonstrated that the sensory training program allowed for the systematic evaluation of the five flavor attributes, including both characteristic notes and defects in powdered dairy products. The panel achieved adequate levels of precision (repeatability) and reproducibility (between evaluators) in accordance with the established criteria, demonstrating its suitability for application in quality control and product development. The selection, training, and calibration of panelists, carried out under the QDA and Spectrum approaches, were effective in aligning sensory perceptions and reducing individual biases. Finally, statistical validation confirmed the panel's discriminatory capacity and the robustness of its performance in evaluating different samples of powdered dairy products, ensuring the reliability of the results obtained.

In conclusion, the sensory training program developed is a solid tool for strengthening internal sensory quality assurance systems, facilitating more agile and evidence-based decision-making, while driving innovation and continuous improvement in the company's powdered dairy product portfolio.

I. Introducción

La industria láctea representa un pilar esencial dentro del sector alimentario global y regional, no solo por su relevancia económica, sino también por su papel clave en la seguridad alimentaria y nutricional. A nivel mundial, el mercado de productos lácteos alcanzó un valor de 871 mil millones de dólares en 2021, con una producción total de 216 millones de toneladas métricas, siendo impulsado principalmente por el crecimiento del consumo en Asia (Ministerio de Economía, 2023). En Centroamérica, Guatemala se posiciona como uno de los principales productores, con una producción anual superior a 1.2 millones de toneladas de leche y un crecimiento sostenido del consumo interno del 4.4% anual entre 2014 y 2020 (Ministerio de Economía, 2022).

En este contexto, la calidad sensorial de los productos lácteos cobra especial relevancia, ya que factores como el sabor, aroma y textura influyen directamente en la aceptación del consumidor. La leche en polvo, por su naturaleza procesada y su uso extendido en formulaciones alimenticias, requiere de mecanismos rigurosos de control sensorial para garantizar su estandarización. El sabor, en particular, constituye uno de los atributos más críticos, siendo resultado de la interacción compleja entre compuestos volátiles, condiciones de procesamiento y almacenamiento, y características de la materia prima (Wolf, Bergamini, Perotti, & Hynes, 2013).

La evaluación sensorial se presenta como una herramienta esencial en este escenario. A través de paneles entrenados, es posible detectar y clasificar atributos positivos y defectos, permitiendo un control de calidad más preciso. Según el INCAP (2020), "la implementación de análisis sensorial en la industria láctea guatemalteca permite identificar y corregir posibles desviaciones en las características sensoriales de los productos", favoreciendo su adaptación al mercado y mejorando su competitividad.

Estudios como el de Drake et al. (2003) han sido fundamentales para la estandarización de perfiles sensoriales en ingredientes lácteos, estableciendo un lenguaje descriptivo común y detectando atributos clave como dulzura, notas saladas, ácidas, metálicas y defectos como cartón. Además, investigaciones recientes resaltan la importancia de entrenar a los panelistas en métodos como QDA y Spectrum, los cuales han demostrado ser altamente efectivos para lograr evaluaciones precisas y reproducibles en diversos productos (Lawless & Heymann, 2010; Barton et al., 2020).

En la empresa guatemalteca objeto de este estudio, actualmente no se cuenta con un panel sensorial entrenado, lo que limita la capacidad de detectar defectos y mantener la consistencia entre lotes. La dependencia de análisis fisicoquímicos externos implica además un retraso de hasta cinco días en la liberación del producto, mientras que la evaluación sensorial permitiría tomar decisiones de forma inmediata (Drake et al., 2003; Clarke et al., 2021).

Por estas razones, el presente trabajo busca desarrollar un programa de entrenamiento sensorial para capacitar un panel en la evaluación de cinco atributos clave de sabor en productos lácteos en polvo. Este panel contribuirá al fortalecimiento del control de calidad, a la mejora continua del producto y a la consolidación de la competitividad de la empresa en el mercado nacional e internacional.

El presente estudio contextualiza la importancia de la evaluación sensorial en la industria láctea y los desafíos actuales que enfrentan las empresas en el aseguramiento de la calidad del sabor. Posteriormente, se expone la justificación del estudio y su relevancia técnica e industrial en la industria láctea, seguida de un marco teórico que aborda los fundamentos de la evaluación sensorial, los principales métodos empleados incluyendo el Análisis Descriptivo Cuantitativo (QDA) y el método Spectrum, así como los factores tecnológicos y composicionales que influyen en la calidad sensorial de los productos lácteos en polvo. Además, se describen los atributos críticos de sabor y los defectos más relevantes, junto con las normas internacionales ISO aplicables al entrenamiento y validación de paneles sensoriales.

En la sección de metodología, se detalla el proceso de selección, evaluación y calibración de los panelistas, la definición del léxico sensorial, la planificación de sesiones de entrenamiento y el análisis estadístico de desempeño del panel. Finalmente, se presentan los resultados del entrenamiento, la validación del panel y las conclusiones generales, que evidencian la aplicabilidad del programa en el aseguramiento sensorial de la calidad y en el desarrollo de nuevos productos lácteos en polvo.

II. Antecedentes

La industria láctea es un sector clave en la economía global, con una creciente demanda en mercados internacionales debido a su importancia en la alimentación humana y en la producción de insumos para diversas industrias. En 2021, el mercado de productos lácteos alcanzó un valor estimado de 871 mil millones de dólares, con una producción total de 216 millones de toneladas métricas. Este crecimiento ha sido impulsado principalmente por el aumento del consumo en Asia, donde China ha desempeñado un papel crucial en la demanda de derivados lácteos, como el suero de leche utilizado en la alimentación animal (Ministerio de Economía, 2023)

En Guatemala y la región centroamericana, la producción de productos lácteos es una actividad esencial para la economía local. Existen alrededor de 250,000 productores en la región, con un hato ganadero de aproximadamente 4.5 millones de vacas, generando una producción de más de 1.2 millones de toneladas de leche al año. Este sector representa una fuente clave de ingresos, con una contribución significativa a la generación de divisas para la región (Ministerio de Economía, 2022).

En Centroamérica, el país con mayor producción de lácteos es Nicaragua, con una participación del 33.3% del total regional, seguido por Costa Rica (28.6%), Honduras (16.2%), Guatemala (12.3%) y El Salvador (9.7%). En el caso de Guatemala, las condiciones climáticas favorables han permitido el desarrollo de la ganadería lechera, beneficiando tanto a la producción industrial como a la artesanal. La industria láctea ha mantenido un crecimiento sostenido, con una contribución al PIB de Q1,197 millones en 2020, lo que representa el 1.66% del PIB de la industria manufacturera. Además, el consumo de productos lácteos en el país ha crecido a una tasa del 4.4% anual entre 2014 y 2020, lo que indica un incremento en la demanda interna (Ministerio de Economía, 2022).

El comercio de productos lácteos es un componente clave en la economía global, con China, la Unión Europea y Estados Unidos como los principales importadores. Mientras que las exportaciones están lideradas por la Unión Europea (20%), seguida de Singapur (6.1%) y Estados Unidos (5%). En Centroamérica, la industria láctea presenta un déficit comercial, ya que las importaciones superan ampliamente las exportaciones. En 2021, la región exportó 3,430.3 millones de dólares en productos lácteos, pero importó 7,143.9 millones de dólares, con tasas de crecimiento interanuales del 26.4% y 23.3%, respectivamente (Ministerio de Economía, 2023).

La evaluación sensorial se vuelve una herramienta fundamental en la industria láctea de Guatemala, ya que permite analizar las propiedades organolépticas de los productos, asegurando su calidad y aceptación por parte de los consumidores. Según el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), la implementación de análisis sensorial en la industria láctea guatemalteca permite identificar y corregir posibles desviaciones en las características sensoriales de los productos, garantizando su consistencia y calidad. Además, facilita la adaptación de los productos a las preferencias del mercado, incrementando su competitividad tanto a nivel local como internacional (Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, 2020).

El sabor es un atributo sensorial clave en los productos lácteos. La evaluación sensorial permite desarrollar perfiles de sabor detallados en productos como la leche, el queso, el yogur y el helado. Los paneles sensoriales entrenados son capaces de percibir diferencias sutiles en el sabor que podrían pasar desapercibidas en un análisis químico. Esta información es esencial para el desarrollo de nuevos productos y el control de calidad. Por ejemplo, en la producción de queso, la evaluación sensorial se utiliza para comparar diferentes lotes, garantizando que cada uno mantenga un perfil de sabor uniforme (Kumar, 2024).

El estudio de *Determinación de los atributos sensoriales de leche en polvo e ingredientes lácteos* se enfocó en la caracterización sensorial de la leche descremada en polvo y los ingredientes lácteos deshidratados, permitiendo la creación de un lenguaje descriptivo estandarizado para estos productos. A través de un panel descriptivo altamente entrenado, el estudio identificó 21 descriptores sensoriales en ingredientes lácteos deshidratados, de los cuales 17 correspondían a sabores y gustos específicos en la leche descremada en polvo. Asimismo, se determinó que 9 de estos sabores estuvieron presentes en todas las muestras de leche en polvo evaluadas. Estos hallazgos han sido fundamentales para la estandarización de perfiles sensoriales en la industria, permitiendo un mayor control de calidad y uniformidad en los productos (Drake, Karagul-Yuceer, Cadwallader, & Civille, 2003).

Desde un enfoque sensorial, la leche en polvo de alta calidad debe presentar un sabor limpio y dulce, libre de defectos como oxidación y rancidez, los cuales pueden afectar su aceptación en el mercado. En este sentido, el análisis sensorial descriptivo ha sido ampliamente utilizado como una herramienta para detectar y clasificar desviaciones en el perfil sensorial esperado, contribuyendo así a la mejora continua de los productos lácteos. Esta metodología ha permitido a la industria láctea optimizar sus procesos de producción, ajustar formulaciones y garantizar la satisfacción del consumidor, consolidando su relevancia dentro del control de calidad y la innovación en el sector lácteo (Drake, Karagul-Yuceer, Cadwallader, & Civille, 2003).

En 2021, una revisión bibliográfica identificó que la oxidación lipídica es un factor clave en la degradación de la calidad de los polvos lácteos, afectando su vida útil y percepción sensorial. Se determinó que compuestos volátiles como aldehídos, cetonas y alcoholes generan sabores indeseables descritos como rancio, cartón, metálico y a pintura. Adicional, factores como la composición de ácidos grasos, almacenamiento, procesamiento y envase influyen en la estabilidad oxidativa (Clarke, McCarthy, O'Sullivan, Kerry, & Kilcawley, 2021).

La implementación de un panel sensorial entrenado es fundamental en la evaluación de la calidad y diferenciación de productos alimentarios, incluyendo los lácteos. La experiencia y el nivel de entrenamiento de los panelistas influyen significativamente en la precisión y consistencia de los resultados obtenidos en pruebas sensoriales. Un estudio reciente comparó distintos tipos de panelistas en la aplicación de Mapeado Proyectivo (PM) y

Perfilado Ultrarrápido (UFP) en la evaluación de vinos blancos mono-varietales de Nueva Escocia, Canadá (Barton, Hayward, L, Richardson, & McSweeney, 2020).

El estudio evaluó cómo la familiaridad con un método sensorial influye en la diferenciación de productos, comparando panelistas experimentados, entrenados, consumidores sin experiencia y expertos en vino. Los resultados mostraron que los panelistas experimentados, aunque desconocían el producto, obtuvieron evaluaciones similares a los entrenados, pero no a los consumidores sin experiencia. Estos hallazgos destacan que el entrenamiento sensorial es clave para evaluar con precisión un producto, incluso sin conocimiento previo sobre él. (Barton, Hayward, L, Richardson, & McSweeney, 2020).

En la industria láctea, contar con panelistas entrenados permite un control de calidad más preciso y el desarrollo de productos con atributos sensoriales bien definidos. La evaluación sensorial ha sido históricamente el método más confiable para determinar la calidad de los productos lácteos, dado que ciertos atributos, como el sabor y el aroma, solo pueden ser evaluados con precisión por el ser humano (Schiano, Harwood, & Drake, 2017)

La evolución del análisis sensorial en productos lácteos ha permitido mejorar la detección de defectos sensoriales, optimizar procesos de producción y garantizar la consistencia de la calidad del producto. Estudios han demostrado que la evaluación sensorial de la leche no solo ayuda a identificar sabores indeseables o desviaciones en el perfil del producto, sino que también contribuye a detectar problemas en el manejo de la materia prima y el procesamiento del producto final. En este sentido, el entrenamiento de los panelistas es clave para garantizar evaluaciones confiables y reproducibles, mejorando la capacidad de diferenciación entre productos y la identificación de características específicas (Schiano, Harwood, & Drake, 2017).

III. Justificación

En la industria láctea de la Ciudad de Guatemala, la evaluación sensorial es un pilar fundamental en el control de calidad de productos lácteos en polvo. Sin embargo, en la actualidad, una empresa de empaque de estos productos carece de un panel entrenado robusto que garantice una evaluación precisa y consistente de los atributos de sabor. La ausencia de un equipo capacitado genera variabilidad en la percepción de defectos y atributos deseables, afectando la estandarización de la calidad y la aceptación del producto en el mercado. Además, el hecho de que la misma persona encargada de los análisis fisicoquímicos y la preparación de muestras sensoriales también determine la liberación del producto compromete la confiabilidad y precisión del método de evaluación sensorial.

El sector lácteo es clave en la economía global y en la región centroamericana, con Guatemala contribuyendo significativamente a la producción de lácteos. La creciente demanda de productos lácteos en polvo tanto a nivel nacional como internacional exige estándares de calidad elevados, donde la percepción sensorial desempeña un papel crucial. Estudios previos han demostrado que la implementación de paneles entrenados mejora la detección de atributos sensoriales, asegurando la consistencia y calidad del producto (Drake et al., 2003; Schiano, Harwood, & Drake, 2017). La falta de un programa estructurado de entrenamiento sensorial limita la capacidad de la empresa para identificar y corregir desviaciones organolépticas de manera eficaz.

Diversos estudios han demostrado que la oxidación lipídica y otros factores pueden generar defectos sensoriales como rancidez o sabores metálicos en productos lácteos en polvo, afectando su aceptación en el mercado (Clarke et al., 2021). Si bien la detección de estos defectos podría realizarse mediante análisis químicos específicos, esta alternativa requiere la implementación de un laboratorio especializado, equipamiento instrumental y personal técnico calificado, lo que implica costos elevados y tiempos de respuesta prolongados.

En contraste, la conformación de un panel sensorial entrenado permite identificar de forma rápida, confiable y reproducible dichos defectos, complementando los análisis fisicoquímicos y optimizando los procesos de control de calidad. Un programa de entrenamiento sensorial basado en metodologías estandarizadas permitirá la formación de un panel capacitado para evaluar cinco atributos clave de sabor, reduciendo la variabilidad en los resultados y mejorando la toma de decisiones en la liberación del producto.

La relevancia de la evaluación sensorial mediante un panel entrenado se basa en poder cuantificar los defectos sensoriales del producto que afectan directamente el perfil sensorial, es decir, el conjunto de características organolépticas que determinan su aceptación por parte del consumidor. Aunque los análisis fisicoquímicos pueden medir compuestos específicos asociados a la oxidación, como el índice de peróxidos o los aldehídos volátiles, estos no siempre correlacionan con la percepción sensorial real.

Actualmente, la empresa no cuenta con el equipo de laboratorio especializado necesario para realizar estos análisis internamente, por lo que debe recurrir a análisis externos, los cuales pueden tardar hasta 5 días hábiles en coordinar la entrega de las muestras y en obtener resultados por parte del Laboratorio externo, retrasando la toma de decisiones. En contraste, un panel sensorial entrenado permite una evaluación rápida y efectiva, facilitando la identificación temprana de problemas de almacenamiento, manipulación o empaque, asegurando así la calidad y frescura del producto sin incurrir en costos adicionales de análisis externos.

Este trabajo de investigación busca desarrollar un programa de entrenamiento sensorial estructurado que fortalezca la capacidad de evaluación de los productos lácteos en polvo dentro de la empresa. Se espera que la aplicación de metodologías científicas en la capacitación de los panelistas incremente la precisión y consistencia de las evaluaciones. Además, la creación de un panel entrenado contribuirá a la optimización de los procesos de producción y a la mejora continua del producto, consolidando la competitividad de la empresa en el mercado.

IV. Objetivos

A. Objetivo general

Desarrollar un programa de entrenamiento sensorial para la evaluación de cinco atributos de sabor en productos lácteos en polvo, incluyendo notas características como defectos, con el fin de garantizar la precisión y reproducibilidad del panel entrenado.

B. Objetivos específicos

1. Definir cinco atributos de sabor críticos (notas características y defectos) en productos lácteos en polvo que influyen directamente en la calidad percibida del producto mediante un léxico consensuado, materiales de referencia y escalas establecidas que permitan su evaluación.
2. Entrenar a un grupo de panelistas con una metodología adaptada a productos lácteos en polvo, basada en enfoques estandarizados de Análisis Descriptivo Cualitativo (QDA) y Spectrum.
3. Validar el desempeño del panel entrenado mediante parámetros estadísticos de precisión, reproducibilidad y capacidad discriminativa en productos lácteos en polvo.

V. Marco teórico

A. Definición e importancia de la evaluación sensorial en productos lácteos

La evaluación sensorial está definida como una disciplina científica que aplica fundamentos de diseño experimental y análisis estadístico para el estudio de la percepción humana de los productos de consumo, evaluando el sabor, textura, apariencia, color y sonido de un alimento al ser consumido (Kumar, 2024). Según Mihafu, Issa y Kamiyango (2020), la evaluación sensorial es un método esencial en la determinación de la calidad y aceptabilidad de los productos alimenticios. Este enfoque complementa los métodos objetivos, como los análisis fisicoquímicos y microbiológicos, proporcionando información sobre la percepción del consumidor que no puede ser obtenida únicamente a través de pruebas instrumentales.

Un aspecto clave de la evaluación sensorial en productos lácteos es su uso en el aseguramiento de calidad. Los fabricantes utilizan pruebas sensoriales para monitorear la uniformidad de los productos, asegurando que cada lote mantenga un perfil sensorial consistente. Además, esta evaluación ayuda a identificar defectos como sabores no deseados o cambios en la textura que pueden afectar la aceptación del consumidor (Mihafu, Issa, & Kamiyango, 2020)

La evaluación sensorial es una herramienta fundamental en cualquier aplicación de la leche, ya que permite comprender sus cualidades sensoriales y las variaciones que presenta a nivel mundial. La evaluación del sabor y aroma de la leche cruda ayuda a identificar problemas en su manipulación y producción. Aunque las desviaciones en la calidad pueden no ser perceptibles a corto plazo, con el tiempo pueden generar alteraciones organolépticas que afecten el producto final. Por ello, se realizan evaluaciones sensoriales frecuentes, acompañadas de análisis estadísticos, para identificar la causa raíz de posibles problemas y garantizar la calidad del producto (Schiano, Harwood, & Drake, 2017).

Si bien el análisis sensorial es una disciplina relativamente reciente, la evaluación sensorial de los alimentos ha sido practicada a lo largo de la historia. Durante el siglo XIX, se realizaron estudios enfocados en comprender la percepción humana de los productos y determinar qué estímulos debían ser evaluados. A partir de la década de 1940, se desarrolló una escala hedónica, la cual fue adoptada por muchas empresas de alimentos en Estados Unidos como un método estandarizado para medir la aceptación de los productos por parte de los consumidores (Schiano, Harwood, & Drake, 2017).

En el sector lácteo, la evaluación sensorial se ha centrado históricamente en la identificación de sabores extraños, catalogados como *defectos*. A principios del siglo XX, se propuso la primera tarjeta de puntuación de defectos en la leche, con el objetivo de mejorar su control de calidad. En la actualidad, se busca no solo preservar una calidad aceptable de la leche, sino también comprender mejor sus procesos y componentes, lo que

ha permitido optimizar sus propiedades sensoriales y garantizar productos de mayor calidad para el consumidor (Schiano, Harwood, & Drake, 2017).

Para llevar a cabo una evaluación sensorial de un producto lácteo, el primer aspecto a considerar es su apariencia, ya que representa la primera impresión que recibe el consumidor. En esta fase se analizan elementos como forma, color y aspecto general, entre otros. A continuación, se evalúa el olor del producto, el cual está determinado por las sustancias volátiles percibidas a través del sentido del olfato. La intensidad del aroma depende directamente de la temperatura de la muestra, ya que, a mayor temperatura, mayor liberación de compuestos volátiles. Por esta razón, es fundamental que las muestras se preparen a una temperatura adecuada y representativa del producto en condiciones normales de consumo. Los olores pueden describirse con términos como intenso, insípido, mohoso, quemado, agrio o afrutado, entre otros (Milk-ED, 2022).

Finalmente, se analiza uno de los atributos más relevantes: el sabor. Este factor tiene una influencia determinante en la percepción del producto y se relaciona con la intensidad de los sabores básicos: dulce, ácido, salado, amargo e incluso metálico. La percepción del sabor ocurre en la cavidad bucal y puede describirse con términos como astringente, quemado, rancio u oxidado. Esta evaluación sensorial permite no solo garantizar la calidad del producto, sino también comprender las preferencias del consumidor y mejorar su aceptación en el mercado (Milk-ED, 2022).

1. Importancia del sabor en la calidad de la leche

La percepción del sabor juega un papel crucial en la aceptación y preferencia de los productos lácteos por parte de los consumidores. Un sabor desagradable representa un desafío para el control de calidad en la industria, ya que puede influir en la reducción del consumo de leche a nivel individual. El sabor no es simplemente un atributo aislado, sino el resultado de una combinación compleja de estímulos, en la que los compuestos volátiles interactúan con los receptores olfativos en la cavidad nasal, contribuyendo significativamente a la percepción global del producto (Wolf, Bergamini, Perotti, & Hynes, 2013).

A diferencia de otros atributos medibles mediante métodos instrumentales, el sabor solo puede evaluarse de manera efectiva a través del análisis sensorial humano. Este proceso implica la aplicación de pruebas objetivas que permitan examinar la calidad del producto terminado, aunque su precisión puede verse afectada por las variaciones fisiológicas entre los evaluadores. La selección de la metodología adecuada es esencial para obtener resultados consistentes y reproducibles. Entre los enfoques más utilizados se encuentra el análisis descriptivo, el cual requiere el uso de terminología estandarizada y panelistas debidamente entrenados para garantizar evaluaciones precisas y comparables (Wolf, Bergamini, Perotti, & Hynes, 2013).

Si bien las pruebas analíticas pueden determinar la calidad de la leche en términos físicos y químicos, estas no siempre están relacionadas con la percepción del consumidor. Por ello, las pruebas de consumo son herramientas clave para evaluar tanto la aceptabilidad del

producto como su vida útil. Adicionalmente, la identificación de los compuestos volátiles presentes en la leche a través de técnicas instrumentales permite caracterizar su perfil aromático, facilitando la detección de factores que pueden influir en su sabor. Sin embargo, debido a la baja concentración de estos compuestos y la naturaleza compleja de la leche, su análisis requiere métodos precisos que eviten alteraciones en el perfil sensorial original del producto (Wolf, Bergamini, Perotti, & Hynes, 2013).

Seguidamente, el sabor influye directamente en su aceptación por parte del consumidor y en la percepción general del producto. Más allá de su perfil nutricional, un sabor desagradable puede ser motivo de rechazo, lo que hace indispensable un control sensorial riguroso en todas las etapas de producción y almacenamiento. La calidad del sabor en la leche no solo depende de su composición química, sino también de factores externos como la alimentación del ganado, las condiciones de procesamiento y la duración del almacenamiento (Cheng, O'Sullivan, Kerry, & Kilcawley, 2022).

En el caso de la leche en polvo, su proceso de deshidratación puede generar cambios en su perfil sensorial, afectando su sabor en comparación con la leche fresca. Factores como la exposición al oxígeno y la humedad pueden acelerar alteraciones sensoriales, haciendo que el producto desarrolle notas indeseadas como rancidez o sabor a cartón. La evaluación sensorial permite identificar estos cambios y optimizar las condiciones de producción para minimizar defectos y garantizar un sabor estable a lo largo de su vida útil (Cheng, O'Sullivan, Kerry, & Kilcawley, 2022)

Otro aspecto clave en la importancia del sabor dentro de la calidad de la leche es su relación con la experiencia del consumidor. Un producto con un sabor equilibrado y agradable genera confianza y fidelidad, lo que impacta en la demanda del mercado. Para lograr esto, las industrias lácteas han implementado paneles de catadores entrenados que pueden detectar variaciones en el perfil sensorial y compararlas con estándares de calidad previamente establecidos (Cheng, O'Sullivan, Kerry, & Kilcawley, 2022)

El sabor no solo influye en la calidad percibida de la leche, sino que también puede servir como un indicador de su frescura y estado de conservación. A través del monitoreo sensorial, es posible detectar tempranamente cambios que indiquen deterioro o contaminación, evitando que productos con defectos lleguen al consumidor. En este sentido, la evaluación sensorial no solo es una herramienta de control de calidad, sino también una estrategia para mejorar la percepción y competitividad del producto en el mercado (Cheng, O'Sullivan, Kerry, & Kilcawley, 2022).

2. Selección de materiales de empaque

La evaluación sensorial desempeña un papel clave en la selección de materiales de empaque para productos lácteos, ya que ayuda a garantizar que sus propiedades organolépticas, como sabor, aroma y textura, se mantengan en óptimas condiciones hasta el momento del consumo. Un empaque inadecuado puede alterar la percepción sensorial del producto debido a la transferencia de sustancias no deseadas, la absorción de olores externos o la oxidación de ciertos componentes (AIMPLAS, 2020) Por ello, el uso de materiales con

propiedades de barrera adecuadas es fundamental para evitar la contaminación sensorial y preservar la calidad del producto.

Uno de los factores más críticos en la conservación de los productos lácteos es su exposición a la luz y al oxígeno, ya que pueden acelerar procesos de degradación, como la oxidación de lípidos y proteínas. Estos cambios generan sabores y aromas desagradables, afectando la aceptación del producto por parte del consumidor (Norris, 2019). Para minimizar estos efectos, se han desarrollado empaques con protección contra la luz y menor permeabilidad al oxígeno, lo que contribuye a extender la vida útil de los productos lácteos y mantener su calidad sensorial.

Así mismo, el empaque influye en la interacción del producto con el ambiente durante su almacenamiento y distribución. Materiales con alta permeabilidad pueden permitir la entrada de humedad o la pérdida de compuestos volátiles esenciales, lo que altera el perfil sensorial del producto. Por ello, la evaluación sensorial permite identificar cuál es el empaque más adecuado según las características del producto y sus condiciones de almacenamiento (Huanchi, 2013).

3. Determinación de vida de anaquel

La evaluación sensorial es una herramienta clave para determinar la vida útil de los productos lácteos, ya que permite identificar cómo cambian sus atributos sensoriales a lo largo del tiempo. Este análisis no solo contribuye a establecer fechas de caducidad precisas, sino que también garantiza la inocuidad y calidad del producto final. Con el paso del tiempo, factores como la oxidación de los lípidos, la formación de compuestos volátiles y la alteración de proteínas pueden modificar el sabor, aroma y textura de productos como la leche en polvo, el queso y el yogur (Clarke, et al., 2021).

Se ha demostrado que el tipo de alimentación del ganado influye en la estabilidad de los productos lácteos durante su almacenamiento. Por ejemplo, la leche en polvo obtenida de vacas alimentadas con forrajes frescos puede ser más propensa a desarrollar sabores indeseados debido a la mayor presencia de ácidos grasos insaturados, que son más susceptibles a la oxidación. Estos cambios pueden generar notas sensoriales como sabores rancios o metálicos, afectando la percepción del consumidor. La evaluación sensorial permite monitorear estos efectos y determinar cómo las condiciones de almacenamiento, como la temperatura y la exposición al oxígeno, pueden influir en la calidad del producto (Clarke, et al., 2021).

B. Métodos de evaluación sensorial

Lawless & Heymann (2010) propusieron tres tipos de pruebas sensoriales principales descritas en el Cuadro:

Cuadro 1. Clasificación de pruebas para análisis sensorial

Prueba	Pregunta de interés	Tipo de prueba	Características de los panelistas
Discriminativa	¿Existe una diferencia perceptible entre los productos evaluados?	Analítica	Consumidores y ocasionalmente personas entrenadas, enfoque en agudeza sensorial
Descriptiva	¿En qué aspecto sensorial se diferencian los productos?	Analítica	Personas entrenadas o altamente capacitadas, enfoque para agudeza sensorial y motivación
Afectiva	¿Cuál es el nivel de preferencia o aceptación de los consumidores hacia el producto?	Hedónica	Personas o consumidores, enfoque en el producto.

Fuente: Elaboración propia.

1. Pruebas discriminativas

Las pruebas discriminativas son herramientas utilizadas para determinar si existen diferencias perceptibles entre dos productos. Estas pruebas son particularmente útiles cuando las diferencias entre las muestras son sutiles y no fácilmente detectables. Sin embargo, cuando la variación entre productos es evidente para todos los panelistas, las pruebas de discriminación pierden utilidad, ya que en estos casos es más adecuado utilizar técnicas de escalamiento que permitan cuantificar la magnitud de la diferencia en lugar de simplemente detectar su existencia (Lawless & Heymann, *Sensory evaluation of food.*, 2010).

El objetivo principal de una prueba de discriminación es evaluar si una diferencia es perceptible bajo condiciones controladas, minimizando la influencia de factores externos. Sin embargo, debido a que las diferencias en algunas formulaciones pueden ser mínimas, existe el riesgo de cometer errores de Tipo II, es decir, concluir erróneamente que no hay diferencia cuando en realidad sí la hay. Para reducir este riesgo, es fundamental diseñar el experimento con suficiente poder estadístico, asegurando que el número de panelistas y la metodología aplicada sean adecuados para detectar diferencias si estas existen (Lawless & Heymann, *Sensory evaluation of food.*, 2010).

Las pruebas de discriminación se emplean, en su mayoría, cuando se comparan dos muestras, ya que realizar múltiples comparaciones simultáneamente no suele ser eficiente ni estadísticamente válido. En estos casos, es recomendable utilizar métodos de escalamiento o clasificación, que permiten evaluar diferencias entre varios productos de manera más precisa. Las pruebas de este tipo utilizadas con mayor frecuencia son la prueba triangular, dúo-trío y prueba pareada (Lawless & Heymann, *Sensory evaluation of food.*, 2010).

a. Prueba triangular

La prueba triangular es una técnica de evaluación sensorial utilizada para determinar si existen diferencias perceptibles entre dos productos similares. En esta metodología, a cada panelista se le presentan tres muestras simultáneamente, de las cuales dos son idénticas y una es distinta. El objetivo es identificar cuál de las tres muestras es diferente, basándose en la percepción sensorial del evaluador (Ramírez & Onofre, 2020).

Este tipo de prueba se clasifica dentro de las pruebas discriminativas, ya que su propósito es establecer si un cambio en la formulación, en el procesamiento o en los ingredientes de un producto genera una diferencia perceptible para el consumidor. Es una herramienta ampliamente utilizada en la industria alimentaria para evaluar modificaciones en productos sin afectar su aceptación sensorial (Ramírez & Onofre, 2020).

Para su aplicación, se recomienda que el panel esté conformado por 8 a 30 catadores entrenados o, en estudios con consumidores, contar con un mínimo de 70 participantes para garantizar resultados estadísticamente válidos. Las muestras son presentadas en un orden aleatorio y codificadas con números, evitando sesgos en la evaluación. Los participantes deben probar las tres muestras siguiendo un orden específico y seleccionar la que perciban como diferente. Se utiliza la tabla de Número mínimo de respuestas correctas de una cola $p = 1/3$ con niveles de confianza de $\alpha = 0.05$ y $\alpha = 0.01$ (Celis, 2019).

Figura 1. Número mínimo de respuestas correctas

Paired difference and duo-trio tests				Triangle test	
Number of trials (<i>n</i>)	Probability levels		Number of trials (<i>n</i>)	Probability levels	
	0.05	0.01		0.05	0.01
7	7	7	5	4	5
8	7	8	6	5	6
9	8	9	7	5	6
10	9	10	8	6	7
11	9	10	9	6	7
12	10	11	10	7	8
13	10	12	11	7	8
14	11	12	12	8	9
15	12	13	13	8	9
16	12	14	14	9	10
17	13	14	15	9	10
18	13	15	16	9	11
19	14	15	17	10	11
20	15	16	18	10	12
21	15	17	19	11	12
22	16	17	20	11	13
23	16	18	21	12	13
24	17	19	22	12	14
25	18	19	23	12	14
26	18	20	24	13	15
27	19	20	25	13	15
28	19	21	26	14	15
29	20	22	27	14	16
30	20	22	28	15	16
31	21	23	29	15	17
32	22	24	30	15	17
33	22	24	31	16	18
34	23	25	32	16	18
35	23	25	33	17	18
36	24	26	34	17	19
37	24	26	35	17	19
38	25	27	36	18	20
39	26	28	37	18	20
40	26	28	38	19	21
41	27	29	39	19	21
42	27	29	40	19	21
43	28	30	41	20	22
44	28	31	42	20	22
45	29	31	43	20	23
46	30	32	44	21	23
47	30	32	45	21	24
48	31	33	46	22	24
49	31	34	47	22	24
50	32	34	48	22	25
60	37	40	49	23	25
70	43	46	50	23	26
80	48	51	60	27	30
90	54	57	70	31	34
100	59	63	80	35	38
			90	38	42
			100	42	45

Fuente: Meilgaard, Civille & Carr, 2007.

b. Prueba dúo-trío

La prueba dúo-trío es una técnica de evaluación sensorial utilizada para determinar si existen diferencias perceptibles entre dos muestras de un producto. Su aplicación es más sencilla en comparación con la prueba triangular, ya que los panelistas reciben una muestra de referencia identificada y dos muestras adicionales, de las cuales una es idéntica a la referencia y la otra es diferente. La tarea del evaluador es seleccionar cuál de las dos muestras codificadas coincide con la referencia (Lawless & Heymann, *Sensory evaluation of food.*, 2010).

Dado que solo hay dos opciones posibles, la probabilidad de seleccionar la respuesta correcta por azar es del 50%, lo que hace que esta prueba sea una herramienta confiable para detectar diferencias sutiles en los productos. Sin embargo, a diferencia de otros métodos, la prueba dúo-trío no indica en qué atributos específicos las muestras son diferentes, sino solo si la diferencia es perceptible (Lawless & Heymann, *Sensory evaluation of food.*, 2010).

c. Diferencia simple

Se basa en determinar si existe una diferencia perceptible entre dos muestras de un mismo producto. Se presentan dos muestras simultáneamente a los panelistas, una de ellas es la referencia y la otra tiene una diferencia en la composición o procesamiento. El objetivo del evaluador es identificar si las muestras son iguales o diferentes, basándose en su percepción sensorial. Dado que solo hay dos opciones posibles, la probabilidad de acertar por azar es del 50%, lo que permite obtener datos estadísticamente analizables para determinar si la diferencia entre las muestras es significativa (Lawless & Heymann, *Sensory evaluation of food.*, 2010).

C. Análisis Descriptivo Cuantitativo (QDA)

El Análisis Descriptivo Cuantitativo (QDA, por sus siglas en inglés) es un método sensorial empleado para identificar, describir y cuantificar las características sensoriales de un producto de manera objetiva y reproducible. Desarrollado inicialmente por la Tragon Corporation en colaboración con la Universidad de California, Davis, este método se diferencia de otros enfoques descriptivos por su énfasis en la evaluación relativa de diferencias sensoriales entre productos (Johnson, 2025). A través del QDA, es posible caracterizar atributos como sabor, aroma, textura y apariencia, permitiendo la creación de un perfil sensorial detallado de los productos evaluados.

Para la aplicación del QDA, se requiere la selección y entrenamiento de un panel de evaluadores, generalmente compuesto por 10 a 12 panelistas, quienes son seleccionados con base en su capacidad para percibir y describir diferencias sensoriales. Durante la fase de entrenamiento, los panelistas generan un lenguaje descriptivo consensuado, utilizando términos específicos que reflejan las características sensoriales del producto. A diferencia de otros métodos, el mediador del panel no impone los términos de evaluación, lo que permite que los descriptores sean determinados por los propios panelistas de manera

espontánea, asegurando así una representación más fiel de la percepción sensorial del consumidor (Lawless & Heymann, *Sensory evaluation of food.*, 2010)

Uno de los aspectos clave en la aplicación del QDA es el uso de escalas lineales, comúnmente de 6 pulgadas de longitud, con anclajes verbales en los extremos que indican la intensidad de cada atributo sensorial. Estas escalas permiten registrar las percepciones de manera continua, asegurando que las diferencias entre productos sean cuantificadas con precisión. Los datos obtenidos mediante el QDA son analizados utilizando herramientas estadísticas como el análisis de varianza (ANOVA) (Lawless & Heymann, *Sensory evaluation of food.*, 2010).

D. Spectrum

El método Spectrum es un enfoque estandarizado en la evaluación sensorial que no requiere que los panelistas generen su propio vocabulario para describir los atributos sensoriales de los productos. En su lugar, se emplea un léxico previamente establecido, el cual se mantiene constante dentro de una misma categoría de productos a lo largo del tiempo. Este sistema permite que las descripciones sean consistentes y comparables entre diferentes estudios y laboratorios, asegurando uniformidad en la caracterización de los productos evaluados (Lawless & Heymann, *Sensory evaluation of food.*, 2010).

Una característica clave de este método es el uso de escalas de intensidad predefinidas, las cuales incluyen múltiples puntos de referencia que sirven como anclajes. Durante la evaluación, los panelistas asignan una puntuación a las muestras en función de la intensidad percibida, basándose en los estándares aprendidos durante su entrenamiento. Este proceso se realiza con escalas de intensidad absoluta, lo que significa que los valores asignados a cada atributo no dependen de comparaciones entre muestras, sino de referencias universales establecidas previamente (Meilgaard, Civille, & Carr, 2007).

El objetivo del método Spectrum es desarrollar perfiles sensoriales universales, que sean comprensibles y aplicables en diferentes laboratorios sin depender del entorno en el que se originaron. Para ello, se utiliza una matriz de atributos sensoriales estandarizados junto con sus respectivas referencias de intensidad, generalmente en una escala de 0 a 15. Esta escala puede representarse visualmente en una línea de 15 cm o ingresarse directamente como un valor numérico, facilitando la recopilación y análisis de los datos (Meilgaard, Civille, & Carr, 2007).

E. Pruebas afectivas

Las pruebas afectivas son una herramienta clave dentro del análisis sensorial, ya que permiten evaluar la percepción y aceptación de un producto desde la perspectiva del consumidor. Están diseñadas para medir la preferencia, agrado y emoción que un producto genera en los consumidores. Su aplicación es esencial en el desarrollo de productos, ya que ayuda a las empresas a comprender mejor las expectativas del mercado y a optimizar la formulación de alimentos y bebidas (Drake, Watson & Liu, 2023).

Uno de los métodos más utilizados en las pruebas afectivas es la escala hedónica de 9 puntos, la cual mide el grado de agrado o desagrado de un producto en una escala numérica o descriptiva, que va desde "me gusta mucho" hasta "me desagrada completamente" (Drake, Watson, & Liu, 2023).

F. Factores que influyen en la calidad sensorial de productos lácteos en polvo

1. Alimentación

La alimentación de la vaca es un factor determinante en la calidad sensorial de los productos lácteos, ya que influye en la composición química de la leche y, por ende, en los compuestos volátiles responsables de sus atributos organolépticos. Diferentes sistemas de alimentación tales como el pastoreo y la alimentación con ración total modifican el perfil de ácidos grasos y la formación de compuestos secundarios durante el procesamiento, afectando el aroma, el sabor y el color de productos como el polvo de leche entera (Cheng et al., 2022; Clarke et al., 2021).

Estudios recientes han evidenciado que estas diferencias se reflejan en la percepción sensorial, modificando tanto las características positivas (cremosidad, color natural, sabor lácteo) como la aparición de defectos organolépticos relacionados con procesos oxidativos (Cheng et al., 2022; Clarke et al., 2021).

Cheng et al. (2022) evaluaron el impacto de dietas basadas en pastos en comparación con dietas libres de pasto sobre las propiedades sensoriales y volátiles del polvo de leche entera. Sus hallazgos indicaron que la alimentación basada en pastos, incluyendo mezclas con trébol, favorece la transferencia de compuestos naturales que potencian una mayor aceptabilidad sensorial, evidenciada en atributos como la cremosidad, un color más "natural" y un sabor lácteo más equilibrado.

En contraste, los productos derivados de dietas compuestas por concentrados, subproductos y suplementos minerales y vitamínicos presentaron un perfil sensorial marcado por notas de "sabor cocido" y retrogusto más intenso, lo que se atribuye a diferencias en la composición lipídica y en la formación de lactonas y otros compuestos volátiles durante el procesamiento térmico. Estos resultados subrayan la importancia de la dieta en la modificación directa de la composición de la leche y en la generación de compuestos que determinan la experiencia sensorial del consumidor (Cheng et al., 2022; Clarke et al., 2021).

Por su parte, Clarke et al. (2021) comparó productos obtenidos de vacas alimentadas en pastoreo con aquellos alimentados con concentrados, revelando que, si bien los productos derivados del pastoreo exhiben inicialmente atributos sensoriales más agradables como un color cremoso y un aroma natural, también son más susceptibles a procesos de oxidación durante el almacenamiento. La oxidación de los lípidos genera compuestos que pueden inducir sabores "oxidativos", afectando negativamente la percepción del producto con el paso del tiempo. En cambio, los productos procedentes de dietas con concentrados

mostraron una mayor estabilidad de ciertos compuestos, aunque presentaron un perfil aromático diferente, lo que destaca la compleja interacción entre la alimentación, la composición química y la evolución sensorial del producto.

Por lo tanto, la alimentación de la vaca influye de manera decisiva en la caracterización sensorial de los productos lácteos. La elección del sistema alimenticio modifica la composición de ácidos grasos y la formación de compuestos volátiles, repercutiendo en atributos clave como la cremosidad, el color y el sabor del polvo de leche entera. Estos hallazgos tienen importantes implicaciones para la industria láctea, ya que optimizar la dieta animal no solo puede mejorar la calidad y aceptación del producto final, sino también influir en su estabilidad y vida útil. La integración de análisis químicos y sensoriales proporciona una visión integral que facilita la mejora de los procesos de fabricación y la satisfacción del consumidor (Cheng et al., 2022; Clarke et al., 2021).

2. Procesamiento térmico

Estudios han demostrado que la temperatura y el tiempo de pretratamiento térmico influyen en la estabilidad oxidativa y en la formación de compuestos que alteran el perfil sensorial de la leche en polvo. Tratamientos térmicos más prolongados y a temperaturas elevadas pueden intensificar notas cocidas y reducir la percepción de dulzura en el producto almacenado. Además, exposiciones prolongadas al calor antes del secado pueden generar compuestos volátiles que favorecen la aparición de sabores oxidados, especialmente en condiciones de almacenamiento prolongado.

El procesamiento térmico induce cambios en la estructura de las proteínas y grasas, lo que favorece reacciones químicas como la oxidación lipídica y las reacciones de Maillard. Estas transformaciones generan compuestos volátiles que pueden aportar notas “cocidas”, “caramelizadas” o incluso defectos sensoriales como sabores “a repollo” o “cartón”. Según Wolf et al. (2013), la intensidad y el tipo de estos compuestos dependen de variables críticas como la temperatura y el tiempo de exposición. Un control preciso de estos parámetros es, por tanto, esencial para minimizar la aparición de defectos en el sabor, que pueden deteriorar la aceptación del consumidor.

Históricamente, la evaluación sensorial de productos lácteos ha evolucionado significativamente. El desarrollo de métodos descriptivos ha permitido correlacionar cambios químicos inducidos por el calor con modificaciones en el perfil sensorial. En un análisis de 100 años de estudios sensoriales, Schiano, Harwood y Drake (2017) destacan que la sensibilidad de los evaluadores ha sido clave para detectar desviaciones en el sabor de la leche tras tratamientos térmicos, estableciendo una relación directa entre la magnitud del tratamiento y la aparición de defectos sensoriales.

Por otro lado, la integración de operaciones unitarias adicionales, como la homogeneización y el secado por pulverización, interactúa con el procesamiento térmico y afecta de manera importante la calidad sensorial de productos como la leche en polvo. En este sentido, Park y Drake (2017) demostraron que el incremento de la presión de homogeneización, al reducir el tamaño de los glóbulos de grasa, disminuye la cantidad de

grasa libre. Dado que la grasa libre es más susceptible a la oxidación, este ajuste reduce la formación de compuestos indeseables y mejora la estabilidad del perfil sensorial durante el almacenamiento. Así, la optimización de la homogeneización, en conjunto con un control riguroso del tratamiento térmico, resulta crucial para minimizar los efectos negativos del calor, tales como la generación de sabores “oxidado” o a “pintura”.

El reto para la industria radica en equilibrar la necesidad de un procesamiento térmico lo suficientemente severo como para eliminar microorganismos y enzimas indeseadas, sin llegar a inducir cambios químicos que alteren negativamente las propiedades sensoriales. Los estudios han mostrado que, mientras que un tratamiento moderado conserva el perfil fresco y característico de la leche, tratamientos más intensos pueden dar lugar a sabores “cocidos” o “caramelizados”, que, aunque en algunos casos se asocian con cualidades deseables, en exceso pueden resultar en un deterioro de la aceptabilidad del producto (Schiano, Harwood, & Drake, 2017).

La interacción entre el calor aplicado y otros procesos complementarios, como la homogeneización, determina en gran medida la formación de compuestos volátiles responsables de las cualidades aromáticas y gustativas. La aplicación de metodologías sensoriales avanzadas ha permitido identificar y cuantificar estas variaciones, facilitando el desarrollo de estrategias para optimizar los parámetros térmicos y, de ese modo, lograr productos lácteos seguros y de alta calidad sensorial (Wolf et al., 2013; Schiano, Harwood, & Drake, 2017; Park & Drake, 2017).

3. Composición de ácidos grasos y su relación con oxidación lipídica en la leche

La composición de ácidos grasos y la oxidación lipídica son factores determinantes en la caracterización sensorial de la leche en polvo. Los ácidos grasos presentes en la matriz láctea, especialmente aquellos insaturados como los ácidos grasos poliinsaturados, son más vulnerables a procesos oxidativos. Durante el procesamiento y almacenamiento, estos compuestos reaccionan con el oxígeno, iniciando una cascada que genera radicales libres y, posteriormente, peróxidos. La descomposición de estos compuestos primarios da lugar a productos secundarios como aldehídos, cetonas y alcoholes, que son los principales responsables de la formación de sabores y olores indeseables en el producto final (Cluskey et al., 2006; Hong et al., 2017).

En concreto, compuestos como el hexanal y el heptanal se han correlacionado con notas rancias y a pintura que deterioran la calidad sensorial de la leche en polvo (Concetta et al., 2020). La presencia de altos niveles de ácidos grasos insaturados en la formulación, a menudo resultante de la adición de ingredientes ricos en ácidos grasos poliinsaturados para mejorar el perfil nutricional, incrementa la susceptibilidad a la oxidación. Este fenómeno se acentúa en condiciones de almacenamiento inadecuadas, donde la exposición a temperaturas elevadas y al oxígeno favorece la formación acelerada de compuestos volátiles que afectan tanto el aroma como el sabor (Clarke et al., 2020).

Además, la interacción entre la composición lipídica y los antioxidantes presentes en la leche puede modular la velocidad y extensión de la oxidación. Por ejemplo, la

incorporación de vitaminas y otros compuestos antioxidantes puede retardar la formación de radicales libres y estabilizar los peróxidos, lo que repercute positivamente en la preservación de las características sensoriales deseables (Clarke et al., 2021). Sin embargo, cuando el balance entre ácidos grasos insaturados y antioxidantes resulta desfavorable, se produce una degradación sensorial que se manifiesta en sabores metálicos, a cartón y en un cambio del perfil aromático general del polvo lácteo.

La evolución de estos compuestos volátiles no solo afecta la percepción del aroma y el gusto, sino también otros parámetros sensoriales como la coloración y la textura, los cuales son críticos para la aceptabilidad del consumidor. Por ello, un control riguroso de la composición de ácidos grasos durante la elaboración y el almacenamiento de la leche en polvo es fundamental para asegurar la calidad sensorial del producto final (Cluskey et al., 2006; Concetta et al., 2020; Clarke et al., 2021).

4. Condiciones de almacenamiento

Las condiciones de almacenamiento de la leche en polvo desempeñan un papel fundamental en la preservación de sus propiedades funcionales y sensoriales. Durante el almacenamiento prolongado, se pueden producir cambios fisicoquímicos y bioquímicos que afectan su solubilidad, textura y percepción sensorial. Uno de los principales con el tiempo, lo que puede impactar negativamente su funcionalidad en productos lácteos reconstituidos (Shah, Salunke, & Metzger, 2022).

Uno de los componentes clave en la formulación de productos lácteos en polvo es la caseína, que, al estar altamente concentrada en proteínas lácteas modificadas, puede mejorar la viscosidad y textura del producto final. Sin embargo, la solubilidad de los polvos enriquecidos con proteínas lácteas modificadas tiende a deteriorarse con el tiempo debido a la formación de estructuras insolubles causadas por interacciones hidrofóbicas entre micelas de caseína. Este fenómeno se intensifica cuando el almacenamiento se realiza a temperaturas elevadas o por periodos prolongados, lo que genera una disminución en la capacidad del polvo para dispersarse de manera homogénea en soluciones acuosas (Shah, Salunke, & Metzger, 2022).

Además, el almacenamiento de la leche en polvo bajo condiciones ambientales inadecuadas puede inducir reacciones químicas no deseadas, como la cristalización de lactosa, la reacción de Maillard y la oxidación de lípidos. Estos procesos pueden modificar el perfil sensorial del producto, provocando la aparición de sabores y aromas indeseables, como notas rancias, metálicas o a cartón. La oxidación, en particular, se asocia con la degradación de los lípidos presentes en la leche en polvo, lo que contribuye a la pérdida de frescura y aceptación del producto (Shah, Salunke, & Metzger, 2022).

Estudios han demostrado que la solubilidad de los polvos lácteos disminuye significativamente con el tiempo de almacenamiento, especialmente a temperaturas superiores a 20 °C. En investigaciones previas, se ha observado que muestras de proteínas lácteas modificadas almacenadas durante 24 meses a esta temperatura presentaron una reducción notable en su solubilidad en comparación con aquellas almacenadas solo por un

corto periodo. Este comportamiento sugiere que las condiciones de almacenamiento no solo afectan la funcionalidad del producto, sino que también pueden influir en su aceptación por parte de los consumidores debido a cambios en su textura y en la facilidad de disolución (Shah, Salunke, & Metzger, 2022).

En términos de percepción sensorial, la disminución de la solubilidad puede impactar directamente la cremosidad y la homogeneidad del producto reconstituido. Polvos con baja solubilidad pueden generar bebidas con partículas insolubles perceptibles, afectando la experiencia del consumidor. Asimismo, la modificación de la estructura proteica durante el almacenamiento puede alterar la capacidad del polvo para formar espuma y emulsiones, lo que repercute en la calidad de productos derivados, como bebidas lácteas, postres y formulaciones fortificadas (Shah, Salunke, & Metzger, 2022).

La exposición al oxígeno y la temperatura ambiental, afectan significativamente la vida útil del producto. Almacenar la leche en polvo en atmósferas modificadas con gases inertes, como nitrógeno y dióxido de carbono, ha demostrado ser una estrategia eficaz para retrasar la oxidación y preservar su calidad sensorial. Estudios comparativos han señalado que polvos almacenados en temperaturas superiores a 25 °C experimentan una degradación más acelerada en comparación con aquellos conservados en condiciones más frías (Shah, Salunke, & Metzger, 2022). Principales atributos sensoriales en productos lácteos en polvo

G. Principales atributos de sabor en productos lácteos en polvo

Estudios como el de Drake et al. (2003) han establecido un lenguaje descriptivo para productos lácteos en polvo, mientras que investigaciones más recientes han profundizado en la relación entre los atributos sensoriales y la preferencia del consumidor en productos (Xi et al., 2023). Así mismo, se han abordado los aspectos generales del sabor en productos lácteos, destacando las características inherentes a la leche y sus derivados (Wolf et al., 2013).

1. Notas dulces

Las notas dulces en los productos lácteos en polvo constituyen uno de los atributos más apreciados por los consumidores, ya que se asocian a la suavidad y la calidad inherente a la leche. Estas percepciones pueden originarse tanto por la presencia de azúcares naturales como la lactosa, como por la formación de compuestos derivados de reacciones químicas durante el procesamiento. Por ejemplo, durante la evaporación y el secado, la concentración de azúcares puede intensificar la sensación de dulzura. Además, la reacción de Maillard, que se produce cuando los azúcares reaccionan con los aminoácidos, no solo genera sabores a caramelo, sino que también potencia la percepción de dulzura en ciertos umbrales (Drake et al., 2003).

2. Notas a cocido y caramelo

Las notas a cocido y caramelo son características distintivas que emergen principalmente a partir de procesos térmicos aplicados en la elaboración de la leche en polvo. Durante la pasteurización, la ultra-pasteurización o incluso en etapas de evaporación, las reacciones

de Maillard tienen un papel central en el desarrollo de estos sabores. La reacción de Maillard, al ocurrir entre los azúcares y las proteínas, produce una amplia gama de compuestos volátiles y no volátiles que otorgan al producto un perfil “cocido” o “caramelizado” (Drake et al., 2003).

Estas notas pueden ser percibidas de manera positiva, ya que en bajas concentraciones confieren una sensación cálida y reconfortante, cercana a la percepción de leche fresca y de alta calidad. Sin embargo, si el tratamiento térmico es excesivo, las notas a cocido pueden llegar a dominar el perfil sensorial, dando lugar a sabores demasiado intensos o incluso desagradables. Drake et al. (2003) subrayan la importancia de optimizar los parámetros térmicos para lograr un equilibrio adecuado, ya que un exceso de “cocido” puede interferir en la percepción de otros atributos, reduciendo la aceptación del producto. Por otro lado, Wolf et al. (2013) resaltan que estos compuestos derivados del calor también pueden influir en la formación de otros defectos sensoriales si no se controlan correctamente, haciendo imprescindible un monitoreo constante durante la producción.

3. Nota salada

La nota salada en los productos lácteos en polvo constituye un atributo sensorial esencial, que se origina tanto por la presencia intrínseca de minerales y sales naturales en la leche como por la adición controlada de sales durante la formulación. Un nivel moderado de salinidad puede realzar el perfil global del producto, funcionando como potenciador de otros atributos sensoriales y contribuyendo a un sabor equilibrado y armonioso. En este sentido, la salinidad adecuada puede ayudar a enmarcar la dulzura natural y a complementar notas derivadas de procesos térmicos, como las de cocido o caramelo. Sin embargo, cuando la concentración de sales supera el nivel óptimo, la intensidad salina puede enmascarar otros sabores y generar una sensación predominante que resulte poco atractiva para el consumidor (Drake et al., 2003; Xi et al., 2023).

El control de la nota salada representa un desafío tecnológico, ya que requiere de una optimización precisa en las etapas de procesamiento y formulación. Por ejemplo, la selección de ingredientes y el manejo adecuado de la evaporación y concentración son factores críticos para asegurar que la salinidad se mantenga en un rango que favorezca la percepción de calidad sin interferir en la complejidad sensorial del producto. Además, una adecuada modulación de la salinidad puede contribuir a la estabilidad física y microbiológica del polvo lácteo, prolongando su vida útil y manteniendo la integridad del perfil de sabor a lo largo del tiempo (Drake et al., 2003).

4. Nota ácida

La nota ácida en productos lácteos en polvo es otro componente fundamental del perfil sensorial, que aporta frescura y dinamismo al sabor. Esta acidez puede originarse de la presencia natural de ácidos orgánicos en la leche, procesos de fermentación leves o de reacciones químicas durante el procesamiento y almacenamiento. Cuando se mantiene en niveles moderados, la acidez contribuye a una sensación refrescante que complementa tanto la dulzura natural como las notas a cocido y caramelo, ofreciendo un perfil equilibrado y

complejo. Sin embargo, un exceso de acidez puede resultar en una percepción demasiado aguda y penetrante, afectando negativamente la experiencia sensorial y la aceptación del producto (Xi et al., 2023).

El control de la nota ácida es particularmente relevante en la industria láctea, ya que condiciones inadecuadas durante la evaporación, el secado o el almacenamiento pueden favorecer la formación de compuestos ácidos en concentraciones elevadas. Por ello, es esencial optimizar los parámetros de procesamiento, tales como la temperatura y el tiempo, para evitar que la acidez se desarrolle de manera excesiva. Además, la interacción de la acidez con otros atributos como la dulzura, que puede suavizar la percepción ácida, o las notas a cocido, que pueden enmascararla debe ser considerada en el diseño de formulaciones que busquen ofrecer un sabor balanceado (Drake et al., 2003).

La investigación ha mostrado que una acidez moderada no solo refuerza la sensación de frescura, sino que también puede influir en la estabilidad y calidad sensorial del producto final. La formulación de leche en polvo debe, por lo tanto, garantizar que la acidez se mantenga en un rango óptimo, maximizando la aceptabilidad del producto sin comprometer otros atributos sensoriales deseables (Drake et al., 2003; Wolf et al., 2013).

5. Astringente

La astringencia es una sensación táctil y gustativa que se manifiesta como una sequedad o aspereza en la boca, y en el contexto de los productos lácteos en polvo puede originarse a partir de la interacción de ciertos compuestos con las proteínas salivales. En algunos casos, la astringencia puede ser el resultado de la presencia de fenoles o de productos de reacciones químicas durante el procesamiento térmico. Wolf et al. (2013) mencionan que la astringencia, aunque en niveles muy bajos puede contribuir a la complejidad del perfil sensorial, suele ser considerada un atributo negativo cuando se vuelve dominante, ya que afecta la suavidad y la sensación en boca que se espera de un producto lácteo de calidad.

En productos lácteos en polvo, la aparición de astringencia puede estar relacionada también con la oxidación de compuestos lipídicos o con reacciones secundarias que ocurren durante el almacenamiento. Por ello, es importante implementar medidas de control que minimicen la formación de compuestos astringentes, manteniendo la integridad de la estructura proteica y evitando interacciones indeseadas con otros componentes del producto (Drake et al., 2003).

6. Defectos sensoriales

Además de los atributos positivos que pueden potenciar la aceptación de los productos lácteos en polvo, existen ciertos defectos sensoriales que, si se manifiestan, deterioran la calidad percibida del producto. Entre los principales defectos se destacan el rancio, la nota a cartón y el sabor oxidado.

a. Rancio

El defecto de rancio se asocia principalmente a la oxidación de los lípidos presentes en el producto. Durante el almacenamiento, especialmente si se dan condiciones inadecuadas de

temperatura o exposición al oxígeno, los ácidos grasos insaturados sufren procesos de oxidación que generan compuestos volátiles responsables de un sabor y olor rancio. Este defecto no solo reduce la aceptabilidad del producto, sino que también puede influir negativamente en la estabilidad nutricional (Drake et al., 2003).

Drake et al. (2003) han demostrado la importancia de controlar los factores ambientales y de envasado para minimizar la aparición de este defecto, mientras que Wolf et al. (2013) enfatizan la necesidad de utilizar antioxidantes adecuados y tecnologías de envasado que reduzcan la exposición al oxígeno.

b. Cartón

El sabor a “cartón” es otro defecto sensorial que puede aparecer en productos lácteos en polvo. Este término se utiliza para describir una sensación de sequedad y falta de frescura, similar a la que se experimenta al consumir un producto envasado en materiales de baja calidad o que han estado en contacto prolongado con ciertos tipos de envases (Wolf et al., 2013).

Se ha observado que este defecto puede ser consecuencia de reacciones de oxidación y de la interacción de compuestos volátiles con los materiales de envasado. Estudios han indicado que la selección de materiales adecuados para el envasado es crucial para preservar el perfil sensorial original del producto (Wolf et al., 2013).

c. Oxidado

El sabor oxidado se relaciona, al igual que el rancio, con procesos de oxidación lipídica, pero se caracteriza por una sensación de “metalizado” o “a plástico viejo”. Este defecto puede aparecer de manera gradual durante el almacenamiento y se ve influido tanto por las condiciones de procesamiento como por el tipo de envase utilizado. La presencia de oxígeno y la exposición a la luz son factores determinantes en la formación de estos compuestos indeseables (Xi, Zhao, Liu, Deng, & Ai, 2023).

Xi et al. (2023) resaltan la importancia de optimizar la cadena de frío y utilizar envases con propiedades barrera frente al oxígeno y la luz para evitar la aparición de sabores oxidativos, lo que mejora significativamente la calidad y la aceptación del producto final.

H. Entrenamiento del panel sensorial

El entrenamiento del panel sensorial es un proceso crucial en la evaluación de productos alimenticios, ya que permite obtener mediciones objetivas y reproducibles de atributos como sabor, aroma, textura y color. Este proceso se concibe como una serie de etapas interrelacionadas que aseguran que los jueces, a través de una formación especializada, sean capaces de detectar sutiles diferencias sensoriales y comunicarlas de forma precisa. La implementación de un panel sensorial eficiente no solo contribuye a mejorar el control de calidad de los productos, sino que también permite el desarrollo de innovaciones basadas en las preferencias del consumidor (Flores, 2015).

1. Selección de jueces con alta sensibilidad sensorial

La calidad y fiabilidad del panel sensorial dependen en gran medida de la correcta selección de sus integrantes. En esta etapa se identifican aquellos individuos que poseen una aguda sensibilidad sensorial, es decir, la capacidad de percibir diferencias mínimas en los atributos de los productos evaluados. Para ello se aplican pruebas preliminares como test de sabores básicos, reconocimiento de olores y evaluación de colores que permiten medir la agudeza perceptiva y descartar a aquellos candidatos cuya capacidad sensorial resulte insuficiente (Renán & Luz, 2023).

Cuadro 2. Criterios de selección de panelistas

Criterio	Descripción	Método de evaluación
Agudeza sensorial	Detección de diferencias mínimas	Test de sabores, olores y colores
Consistencia de respuestas	Repetibilidad en evaluaciones	Evaluación en sesiones repetitivas
Habilidad comunicativa	Uso de un vocabulario técnico estandarizado	Entrevistas y ejercicios de descripción
Disponibilidad y compromiso	Disposición para participar en evaluaciones periódicas	Cuestionarios y entrevistas personales

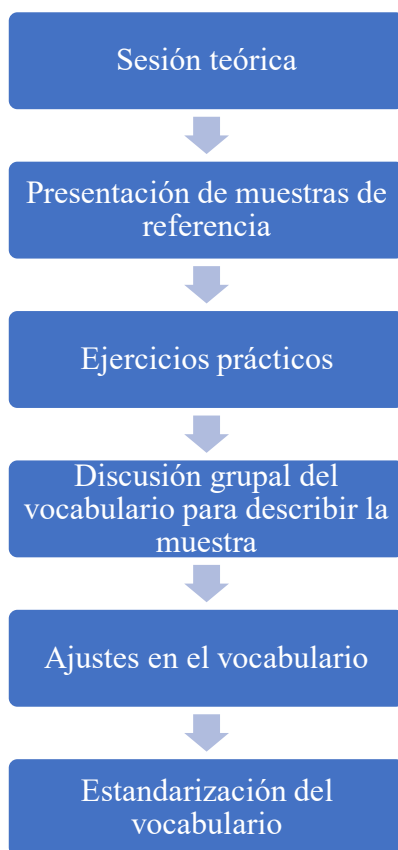
Fuente: Elaboración propia.

El proceso de selección se complementa con cuestionarios y entrevistas, donde se evalúan aspectos como la capacidad de concentración, la reproducibilidad de las respuestas y la disposición para participar en evaluaciones periódicas. Este riguroso proceso de filtrado es esencial para garantizar que los miembros del panel puedan aportar datos consistentes y fiables, contribuyendo de esta forma a la precisión global del análisis sensorial (Renán & Luz, 2023).

2. Entrenamiento en descriptores sensoriales específicos

Una vez seleccionados, los jueces deben ser entrenados en el uso de descriptores sensoriales específicos, lo que implica el desarrollo de un vocabulario común que facilite la comunicación de las percepciones. En esta fase se presentan a los evaluadores muestras de referencia con características claramente definidas, lo que les permite familiarizarse con términos técnicos que describen atributos como el dulzor, la acidez, el aroma floral o la textura crujiente. Seguidamente, se realiza una retroalimentación entre los participantes del entrenamiento para llegar a un acuerdo del vocabulario establecido para describir el producto en cuestión (Renán & Luz, 2023).

Figura 2.Diagrama general del entrenamiento en descriptores sensoriales



El entrenamiento en descriptores no se limita a la simple memorización de vocablos, sino que involucra sesiones de discusión en grupo y ejercicios prácticos que ayudan a estandarizar las respuestas. Los participantes deben aprender a diferenciar y cuantificar las intensidades de cada atributo, logrando así una mayor precisión en la evaluación y facilitando la comparación de resultados tanto entre diferentes sesiones de entrenamiento como en estudios posteriores. Esta etapa es esencial para minimizar la subjetividad y potenciar la objetividad del análisis sensorial (Mejía, 2019).

3. Calibración del panel para mejorar reproducibilidad

La calibración del panel es una fase crítica orientada a garantizar la homogeneidad en las evaluaciones de los jueces. Mediante la realización de pruebas repetitivas y ejercicios de comparación, se identifican posibles discrepancias en las respuestas individuales. La aplicación de métodos estadísticos, como el análisis de varianza o pruebas de hipótesis, permite cuantificar la reproducibilidad de las mediciones y determinar si la variabilidad se encuentra dentro de parámetros aceptables (International Organization for Standardization, 2023).

Durante las sesiones de calibración, se utilizan muestras de control con características predeterminadas para que los jueces puedan ajustar sus escalas de medición. Los resultados

obtenidos se analizan en conjunto y, en caso de detectarse desviaciones significativas, se programan sesiones de reentrenamiento focalizadas. Este proceso continuo de calibración es indispensable para asegurar que el panel opere de forma coherente, lo que se traduce en una mayor confiabilidad de los datos sensoriales recopilados (Renán & Luz, 2023).

Cuadro 3. Técnicas de calibración del panel

Técnica	Objetivo	Aplicación en el panel
Análisis de varianza (ANOVA)	Medir la variabilidad entre evaluadores	Determinar consistencia en la evaluación
Prueba t de student	Comparar medias entre sesiones de entrenamiento	Ajustar escalas de medición
Prueba de concordancia	Evaluar el grado de acuerdo entre panelistas	Identificar desviaciones individuales

Fuente: Elaboración propia.

I. Validación del método de entrenamiento

La última etapa en el desarrollo del panel sensorial consiste en la validación del método de entrenamiento. Esta fase se orienta a confirmar, mediante análisis estadísticos, que las estrategias empleadas han logrado consolidar un panel con respuestas consistentes y precisas. Para ello, se recurre a pruebas como la de independencia (χ^2 cuadrado), diferencias de medias (t de Student) y pruebas de concordancia (Tau Kendall), que permiten evaluar tanto la reproducibilidad individual como la homogeneidad global del panel (International Organization for Standardization, 2023).

El proceso de validación implica la recopilación de datos a lo largo de diversas sesiones de entrenamiento, comparando las evaluaciones de cada juez y determinando el nivel de acuerdo entre ellos. Una vez que los análisis confirman que la variabilidad se ha reducido a niveles aceptables, el método de entrenamiento se considera validado y el panel se encuentra listo para ser implementado en evaluaciones de productos reales. Este paso final es crucial, ya que garantiza que las decisiones basadas en el análisis sensorial tengan una base sólida y científica (Renán & Luz, 2023).

J. Principales normas estandarizadas para evaluación sensorial

1. ISO 8586: Selección y entrenamiento de evaluadores sensoriales

La norma ISO 8586: 2023 establece una metodología general para la selección y entrenamiento de evaluadores sensoriales, indispensable para garantizar la calidad y confiabilidad en la evaluación de productos. Esta norma define criterios objetivos y procedimientos sistemáticos que permiten identificar a individuos con aptitudes sensoriales idóneas, así como desarrollar su capacidad para emitir juicios precisos y consistentes. Según ISO 8586, la selección de evaluadores se fundamenta en un enfoque cuantitativo y cualitativo que permite detectar diferencias mínimas entre muestras (International Organization for Standardization, 2023).

El proceso de selección inicia con pruebas preliminares en las cuales se evalúa la sensibilidad, discriminación y estabilidad de las respuestas sensoriales de los candidatos. Posteriormente, se realizan evaluaciones específicas que aseguran la idoneidad de los participantes, descartando a aquellos que no cumplen con los requisitos establecidos. La norma subraya la importancia de emplear métodos replicables y basados en datos empíricos para asegurar la objetividad del proceso (International Organization for Standardization , 2023).

Una vez seleccionados, los evaluadores son sometidos a un entrenamiento estructurado que incluye sesiones de calibración, familiarización con el entorno de evaluación y uso de referencias sensoriales estándar. Este entrenamiento tiene como objetivo desarrollar habilidades para interpretar de forma rigurosa los estímulos y mejorar la reproducibilidad de sus evaluaciones. Además, se recomienda la re-evaluación periódica del desempeño, a fin de mantener y perfeccionar la competencia sensorial a lo largo del tiempo. Como indica la norma, la formación continua es esencial para garantizar la consistencia en la interpretación de los resultados (International Organization for Standardization , 2023).

2. ISO 13299: Definición de perfiles sensoriales y selección de paneles

La norma ISO 13299:2016 ofrece directrices para la elaboración de perfiles sensoriales de productos evaluables mediante los sentidos, como alimentos, bebidas, productos de tabaco, cosméticos, textiles, papel, envases y muestras de aire o agua. Este estándar es aplicable en estudios de percepción humana y comportamiento, proporcionando un marco estructurado para describir y cuantificar las características sensoriales de los productos.

El proceso de establecimiento de un perfil sensorial según esta norma implica varias etapas clave:

- **Definición del objetivo del estudio:** Determinar el propósito específico del análisis sensorial, ya sea para el desarrollo de nuevos productos, control de calidad, comparación con productos de la competencia o estudios de vida útil.
- **Selección y capacitación de evaluadores:** Reclutar un panel de evaluadores entrenados con habilidades sensoriales adecuadas y proporcionarles formación específica para garantizar evaluaciones consistentes y reproducibles.
- **Desarrollo de la terminología sensorial:** Establecer un conjunto de descriptores sensoriales claros y consensuados que permitan describir las percepciones sensoriales de manera uniforme.
- **Diseño del experimento:** Planificar las condiciones de prueba, incluyendo el entorno, la preparación de muestras, el método de presentación y las escalas de medición a utilizar.
- **Recopilación y análisis de datos:** Realizar las evaluaciones sensoriales, registrar los datos obtenidos y analizarlos estadísticamente para interpretar los resultados y tomar decisiones informadas.

(International Organization for Standardization, 2016)

3. ISO 8589: Diseño de laboratorios para pruebas sensoriales

La norma ISO 8589 define las pautas para diseñar laboratorios destinados a la realización de pruebas sensoriales, estableciendo un marco que garantiza entornos controlados y neutrales. El objetivo principal es evitar que factores externos influyan en la percepción de los evaluadores, permitiendo obtener resultados precisos y consistentes en la evaluación de productos. Para ello, la norma indica la importancia de controlar las variables ambientales, como la iluminación, la acústica, la temperatura, la humedad y la ventilación, aspectos fundamentales para crear un ambiente que no sesgue las apreciaciones sensoriales (International Organization for Standardization, 2007).

El documento recomienda que el diseño del laboratorio contemple el uso de materiales y acabados que minimicen reflejos o distorsiones visuales. Se sugiere el empleo de colores neutros y superficies mate para evitar distracciones visuales, mientras que la iluminación debe distribuirse de manera uniforme y sin deslumbramientos, contribuyendo a que los evaluadores puedan distinguir con exactitud las características de las muestras. En paralelo, el control acústico es esencial para impedir que ruidos externos perturben el proceso de evaluación, haciendo énfasis en la necesidad de aislar el espacio de fuentes de sonido no deseadas (International Organization for Standardization, 2007).

Además, ISO 8589 subraya la relevancia de una planificación ergonómica que considere la comodidad de los evaluadores y la eficiencia en la operación de equipos. Esto incluye la correcta distribución de áreas, con zonas diferenciadas para la preparación de muestras, la realización de las pruebas y el análisis posterior. La segregación de estas áreas facilita la gestión de las condiciones ambientales y contribuye a mantener la neutralidad del entorno (International Organization for Standardization, 2007).

4. ISO 11132: Análisis sensorial. Metodología. Directrices para la medición del rendimiento de una panel sensorial descriptivo cuantitativo

ISO 11132:2021 establece directrices metodológicas específicas para medir el rendimiento de un panel sensorial descriptivo cuantitativo, proporcionando pautas tanto para evaluar el desempeño global del panel como el rendimiento individual de cada evaluador. La norma se orienta a garantizar que los procesos de análisis sensorial sean consistentes, precisos y comparables, facilitando la toma de decisiones en el desarrollo y control de calidad de productos (International Organization for Standardization, 2021).

El documento especifica que la norma puede aplicarse en dos ámbitos principales: la validación de la formación de evaluadores individuales o de paneles completos, y el seguimiento continuo del desempeño de los paneles ya establecidos. Estos aspectos son esenciales para asegurar que los evaluadores cuenten con la capacidad de discriminar entre productos de manera fiable, lo cual se traduce en una adecuada detección de diferencias y similitudes en las características sensoriales. Además, se enfatiza la importancia de evaluar tanto el grado de acuerdo entre los miembros del panel como la repetibilidad de sus puntajes de intensidad en las evaluaciones (International Organization for Standardization, 2021).

Para alcanzar estos objetivos, ISO 11132:2021 propone métodos específicos que permiten monitorizar la capacidad de los evaluadores para identificar y cuantificar diferencias sensoriales, estableciendo parámetros que sirven de referencia para detectar desviaciones en el rendimiento del panel. Este proceso de monitorización resulta fundamental para implementar programas de formación continua y, en su caso, corregir las discrepancias que puedan presentarse durante las evaluaciones (International Organization for Standardization, 2021).

5. ISO 16779: Análisis sensorial - Evaluación (determinación y verificación) de la vida útil de los productos alimenticios

ISO 16779:2015 es una norma internacional que establece un marco terminológico esencial para el análisis sensorial. Su objetivo es unificar y clarificar los términos utilizados en la evaluación de estímulos, facilitando la comunicación entre profesionales y laboratorios de diversos sectores, especialmente en la industria alimentaria. La norma define conceptos fundamentales como “perfil sensorial”, “atributos descriptivos” y “evaluación cuantitativa”, permitiendo estructurar de forma coherente la interpretación y comparación de resultados (International Organization for Standardization, 2015).

Este estándar abarca una amplia gama de términos relacionados con la percepción y medición de estímulos sensoriales. La estandarización del vocabulario reduce ambigüedades y minimiza errores en la comunicación de datos, fortaleciendo la reproducibilidad y consistencia de las pruebas. Al establecer criterios comunes, la norma facilita evaluaciones comparables a nivel internacional y contribuye a un marco metodológico robusto (International Organization for Standardization, 2015).

Así mismo, la norma destaca la importancia de capacitar a los evaluadores en el manejo del lenguaje sensorial. Un dominio adecuado de estos términos permite describir objetivamente las percepciones y mejora la calidad de los análisis, favoreciendo la integración de resultados de estudios realizados en distintos contextos. Este conocimiento compartido es crucial para la validación y replicación de investigaciones (International Organization for Standardization, 2015).

VI. Metodología

En la siguiente sección se detallará la metodología utilizada para diseñar y llevar a cabo un entrenamiento en evaluación sensorial, enfocado en la percepción de cinco atributos de sabor en productos lácteos en polvo. Se describen los procedimientos, criterios de selección de evaluadores, diseño de las sesiones de entrenamiento y herramientas empleadas para garantizar la precisión y reproducibilidad de los resultados.

A. Selección de atributos para productos lácteos en polvo

Los cinco atributos de sabor evaluados se determinaron con base en el estudio de Drake, Karagul-Yuceer, Cadwallader, Civille y Tong (2003) titulado “*Determination of the Sensory Attributes of Dried Milk Powders and Dairy Ingredients*”, el cual desarrolló un lenguaje descriptivo estandarizado para productos lácteos en polvo mediante la aplicación del método Spectrum™ y la participación de un panel entrenado. Dicho estudio identificó los descriptores más representativos de la leche en polvo, tanto en notas características como en defectos sensoriales, estableciendo referencias y escalas ancladas para cada atributo. En el presente trabajo, estos antecedentes sirvieron como base para seleccionar los atributos de sabor persistentes en productos lácteos en polvo e identificados previamente por consumidores en el producto terminado.

Posterior a la revisión bibliográfica, se seleccionaron los cinco atributos que fueron evaluados durante el desarrollo del programa de entrenamiento sensorial en productos lácteos, siendo estos: dulce, salado, ácido, cartón y metálico.

La selección de estos atributos se basó en su relevancia para describir tanto las notas características como los defectos más representativos en productos lácteos en polvo. Los atributos dulce y salado reflejan sabores propios de la leche y son determinantes en la aceptación del consumidor, mientras que los atributos ácido, cartón y metálico están asociados con defectos comunes derivados de procesos de oxidación lipídica, exposición al calor o almacenamiento prolongado. Estos últimos constituyen indicadores sensibles de deterioro del producto y permiten detectar variaciones en la estabilidad del sabor a lo largo del tiempo. Además, la empresa mostró un interés particular en incluir atributos relacionados con defectos sensoriales, con el objetivo de mitigar el riesgo de desviaciones de calidad durante la producción y asegurar la consistencia del perfil sensorial en el producto final.

B. Selección de panelistas

Para la conformación del panel sensorial, la empresa contrató el curso “Selección y Entrenamiento de Jueces Sensoriales” con el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP). La capacitación tuvo una duración de 64 horas y se llevó a cabo del 7 de septiembre al 16 de noviembre de 2024.

Durante este curso, los participantes fueron sometidos a una serie de pruebas diseñadas para filtrar a aquellas personas con las mejores capacidades sensoriales. La selección final incluyó a 11 panelistas para el entrenamiento de 5 atributos en productos lácteos. El reclutamiento fue voluntario. Los criterios de aprobación fueron los siguientes:

Cuadro 4. Puntaje mínimo para pruebas en la preselección

Prueba	Puntuación
Cuestionario de preselección	100%
Ejercicio de escalas	100%
Prueba daltonismo	100%
Prueba de olores	80%
Prueba de reconocimiento de sabores básicos	100%
Prueba discriminativa de diferencia	70%

Fuente: *Manual de selección y entrenamiento de jueces sensoriales del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, 2023.*

1. Cuestionario de preselección

Se solicitó a los participantes el llenado de un cuestionario diseñado para evaluar su idoneidad como jueces sensoriales. Este cuestionario incluyó la recolección de datos generales como edad, sexo, nivel de estudios y hábitos que pudieran influir en la percepción sensorial. Además, se indagó sobre su estado de salud general, considerando factores como alergias, intolerancias o condiciones médicas que pudieran afectar la evaluación de productos lácteos en polvo.

También se evaluaron sus gustos y preferencias, interés en participar, nivel de motivación y disponibilidad de tiempo. Adicionalmente, se tomaron en cuenta características personales como la capacidad de concentración, habilidades de comunicación y aspectos clave como puntualidad, confiabilidad y honestidad, con el fin de garantizar la selección de candidatos con aptitudes adecuadas para la prueba sensorial (Renán & Luz, 2023).

2. Ejercicio de escalas

Para evaluar la capacidad de los participantes en la comprensión y uso de escalas, se aplicó un ejercicio diseñado para medir su habilidad en la asignación de proporciones. Este ejercicio sirvió como una herramienta de alerta temprana para identificar a aquellos solicitantes que presentaran dificultades en la interpretación de instrucciones o en la aplicación adecuada de escalas, lo que podría comprometer su desempeño en la evaluación sensorial (Renán & Luz, 2023).

El ejercicio consistió en la presentación de una serie de figuras con áreas parcialmente sombreadas en el lado izquierdo. Los participantes debían observar dichas figuras y, posteriormente, marcar en una escala ubicada a la derecha la proporción de área sombreada que percibían. Este procedimiento permitió evaluar su precisión y coherencia en la asignación de valores proporcionales, asegurando que solo aquellos con una adecuada

capacidad de discriminación visual y comprensión de escalas avanzaran en el proceso de selección (Renán & Luz, 2023).

3. Prueba daltonismo

Se determinó si los panelistas presentan deficiencias en la percepción del color, lo cual afecta la evaluación de atributos visuales en los productos. Se utilizó una prueba estándar de Ishihara, la cual consistió en la presentación de láminas con patrones de colores en los que se encuentran números o formas que solo pueden ser identificados correctamente por personas con visión normal del color.

Los participantes observaron las láminas e indicaron qué número o figura percibieron. Si el panelista no identifica correctamente la mayoría de los patrones, se considera que presenta una deficiencia en la percepción del color

4. Prueba de olores

Se evaluó la capacidad de los panelistas para identificar y diferenciar olores básicos. Se presentó una serie de 10 soluciones aromáticas estándar (vainilla, fresco limón, hierba prensada, mantequilla, menta, clavo, especias, café tostado, anís y limón) contenidas en frascos opacos para evitar que los participantes se guíen por la apariencia visual.

Cuadro 5. Soluciones de aromas

Solución	Olor
Ethyl vanillin	Vainilla
Citral extra	Fresco limón
Cis-3-hexenol	Hierba prensada, judías verdes
Diacetilo	Mantequilla, margarina
Menta piperita	Menta, hierbabuena, bergamota
Eugenol	Clavo
Aceite esencial pimienta gorda	Especia, clavo
Aceite esencial café tostado	Café tostado
Aceite de anís	Anís
Eucalipto	Limón

Fuente: *Manual de selección y entrenamiento de jueces sensoriales del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, 2023.*

Los panelistas olieron cada frasco e identificar el aroma correspondiente, eligiendo entre opciones predefinidas o describiéndolo libremente. Se registraron los aciertos y errores, estableciendo un criterio de desempeño basado en un umbral del 80% de aciertos en al menos tres intentos (3X: 80%).

(Renán & Luz, 2023)

5. Prueba de reconocimiento de sabores básicos

Se determinó la capacidad de los panelistas para identificar y diferenciar los cuatro sabores básicos: dulce, salado, amargo y ácido. Para ello, se utilizaron soluciones con concentraciones estándar de cada sabor, asegurando que los participantes percibieran y reconocieran correctamente cada estímulo.

Las soluciones presentadas incluyeron:

Cuadro 6. Reactivos y concentraciones para prueba de sabores básicos

Sabor	Reactivo (estímulo)	Concentración (g/L)
Dulce	Sacarosa	20
Salado	Cloruro de sodio	2
Amargo	Cafeína	1
Ácido	Ácido cítrico	0.5

Fuente: *Manual de selección y entrenamiento de jueces sensoriales del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá*, 2023.

Cada candidato recibió muestras en orden aleatorio y tuvo que identificar el sabor predominante en cada una. Se establece un umbral de desempeño del 80% de aciertos en tres intentos (3X: umbral en normal) para determinar la aptitud de los panelistas en la percepción de sabores básicos (Renán & Luz, 2023).

6. Prueba discriminativa de diferencia

Esta prueba tuvo como finalidad evaluar la capacidad de los panelistas para discriminar diferencias sensoriales entre muestras similares. Se aplicó la prueba pareada, en la cual se presentaron diferentes pares de muestras (Muestra A y Muestra B) y los participantes debieron indicar si percibían diferencias entre ellas.

El criterio de desempeño se estableció en un umbral del 60 % de aciertos en cuatro intentos (4X:60 %), asegurando que los panelistas seleccionados poseyeran una sensibilidad adecuada para detectar variaciones en los productos evaluados.

Figura 3. Resultados de prueba pareada de los panelistas preseleccionados

Panelista	Límite aceptado	Resultado de la evaluación
AS	70%	75%
BR	70%	88%
BG	70%	100%
DY	70%	73%
ER	70%	88%
GG	70%	75%
IG	70%	88%
JC	70%	88%
SY	70%	75%
KC	70%	88%

Fuente: Elaboración propia.

C. Desarrollo del entrenamiento sensorial

El entrenamiento de los once panelistas seleccionados se llevó a cabo en dos sesiones semanales de 50 minutos cada una. Estas sesiones fueron diseñadas para mejorar la percepción, identificación y diferenciación de los atributos sensoriales seleccionados para el producto, empleando un modelo híbrido basado en las metodologías QDA y Spectrum.

Durante cada sesión, los panelistas fueron sometidos a pruebas específicas que fortalecieron su capacidad de evaluación sensorial. Se trabajó en la familiarización con el léxico asociado a los atributos, así como en la correcta aplicación de las pruebas establecidas. A partir de los resultados obtenidos en cada sesión, se determinaron estrategias de refuerzo adaptadas a las necesidades individuales de los panelistas, lo que permitió evaluar su desempeño semanal en la identificación de sabores.

Además, se realizaron evaluaciones periódicas para monitorear la evolución de cada panelista, identificando si requerían mayor tiempo de entrenamiento en determinados atributos.

El diseño de cada sesión se ajustó de acuerdo con el desempeño del grupo, tomando en cuenta el grado de comprensión y aprendizaje de los atributos evaluados. A través de este proceso, se validó la efectividad del entrenamiento en la diferenciación de los atributos sensoriales propuestos para el producto, garantizando la precisión y reproducibilidad de las respuestas en la evaluación de productos lácteos en polvo.

El programa entrenamiento sensorial inició con una sesión introductoria (sesión 0), en la cual se impartió una charla informativa sobre los fundamentos de la evaluación sensorial y los atributos que serían objeto de entrenamiento. Durante esta sesión también se firmó una carta de compromiso por parte de los participantes, formalizando su participación en el estudio.

Posteriormente, el entrenamiento se desarrolló por atributo, iniciando con el atributo dulce en las sesiones 1, 2 y 3. En la primera sesión se presentó el perfil sensorial del atributo, destacando su relevancia dentro de la evaluación de productos lácteos, y se establecieron asociaciones con referencias sensoriales específicas que facilitaron su reconocimiento. En la segunda sesión se realizaron prácticas con dichas referencias, con el propósito de afianzar la percepción del atributo dulce, además de ejercicios comparativos con otros descriptores sensoriales. Finalmente, en la tercera sesión se analizaron muestras con diferentes intensidades del atributo para verificar el nivel de entrenamiento alcanzado por cada panelista en su detección.

Para el atributo salado se siguió el mismo procedimiento en las sesiones 4, 5 y 6. En la primera, se presentó su perfil sensorial y relevancia en la caracterización de productos lácteos; en la segunda, se reforzó la percepción mediante la práctica con referencias seleccionadas y actividades de diferenciación; y en la tercera, se evaluaron muestras con diversas intensidades para comprobar la capacidad discriminativa del panel respecto a este atributo.

Las sesiones 7, 8 y 9 estuvieron dedicadas al atributo ácido. La primera se enfocó en la presentación del atributo y su importancia en la evaluación sensorial; la segunda, en ejercicios de práctica y comparación con otros descriptores; y la tercera, en el análisis de muestras con distintos niveles de acidez para evaluar la consistencia y precisión de los panelistas.

Seguidamente en las sesiones 10,11 y 12, se entrenó el atributo cartón siguiendo la misma estructura: presentación del perfil sensorial y asociaciones de referencia, práctica con las referencias para fortalecer la percepción, y finalmente análisis de muestras con diferentes intensidades con el objetivo de verificar la capacidad del panel para detectar este descriptor característico de ciertos defectos en productos lácteos.

Luego, las sesiones 14, 15 y 16 se destinaron al atributo metálico, iniciando con la introducción teórica del perfil sensorial y su reconocimiento mediante referencias específicas. Se realizaron ejercicios prácticos de diferenciación y comparación con otros atributos, y en la última sesión se evaluaron muestras con variaciones en la intensidad del atributo metálico, permitiendo comprobar el grado de entrenamiento del panel en su detección.

Durante la sesión 17, se llevó a cabo la evaluación sensorial de los atributos entrenados. En esta fase, los panelistas analizaron cuatro productos lácteos proporcionados por una empresa guatemalteca, aplicando los atributos previamente entrenados y utilizando la escala adaptada del método Spectrum, con el objetivo de validar la efectividad del entrenamiento y la homogeneidad del panel sensorial.

Para la evaluación de los atributos sensoriales, se empleó una escala tomada del método Spectrum, con un rango de 15 puntos. Esta escala contó con referencias específicas en los siguientes niveles: 0 (inexistente), 2 (apenas perceptible), 5 (moderado), 10 (intenso) y 15 (máximo). Con el fin de garantizar su correcta aplicación, se proporcionaron ejemplos que

permitieron a los panelistas familiarizarse con la escala antes de iniciar la evaluación formal.

El uso de esta escala facilitó la estandarización en la puntuación de la intensidad de cada atributo sensorial en todas las muestras analizadas. Una vez finalizado el proceso de entrenamiento y verificada la capacidad de los panelistas para identificar correctamente los atributos seleccionados, se procedió a la evaluación sensorial de los productos lácteos en polvo utilizando este sistema de medición.

Adicionalmente, se utilizó un léxico previamente definido que sirvió como referencia durante la evaluación, y las valoraciones se registraron en hojas de prueba diseñadas específicamente para el estudio, en las que se documentó cada resultado obtenido en la fase de análisis sensorial.

1. Sesión informativa del estudio

Se presentó a los panelistas una introducción sobre los objetivos del estudio, los atributos sensoriales a evaluar y las pruebas que se realizaron durante el entrenamiento. Esto se llevó a cabo utilizando una presentación digital (Anexo 2). Así mismo, los panelistas firmaron el compromiso de participación en el estudio.

2. Familiarización con los atributos

Se proporcionaron las siguientes referencias sensoriales para cada atributo, permitiendo que los panelistas desarrollaran una memoria sensorial clara y consistente de los descriptores evaluados.

Durante esta etapa, se presentaron muestras representativas de cada atributo, las cuales fueron discutidas y analizadas en conjunto para reforzar su reconocimiento. Además, se realizaron ejercicios de identificación y diferenciación con el objetivo de mejorar la percepción y precisión de los panelistas en la evaluación de las muestras.

Las referencias utilizadas para cada atributo de sabor son las siguientes:

i. Dulce

Se formularon muestras de leche entera, descremada y mezcla de lactosuero con sacarosa en una concentración del 2%, 5%, 10% y 15%, equivalentes a intensidades de 2,5,10 y 15, respectivamente en la escala de 15 puntos.

ii. Salado

Se formularon cuatro muestras de leche entera, descremada y mezcla de lactosuero con leche descremada con grasa vegetal a diferentes concentraciones de sal 0.2%, 0.35%, 0.5% y 0.7% que son equivalentes a las intensidades 2.5, 5, 8.5 y 15 en una escala de 15 puntos.

iii. Ácido

Se formularon cuatro muestras de leche entera, descremada y mezcla de lactosuero con leche descremada con grasa vegetal a diferentes concentraciones de ácido cítrico 0.05%,

0.08%, 0.15% y 0.20% que son equivalentes a las intensidades 2, 5, 10 y 15 en una escala de 15 puntos.

iv. Cartón

Se prepararon muestras de leche entera, descremada y mezcla de lactosuero con leche descremada con grasa vegetal a una temperatura de 35°C. Posteriormente, se colocaron en los envases trozos de cartón y se dejó reposar por 24 horas.

v. Metálico

Se prepararon diferentes muestras de 500 ml leche entera, descremada y mezclas lácteas con la adición de 6.25 g de una premezcla de vitaminas con 7 mg de hierro por cada 20 g de premezcla.

3. Planificación de sesiones

El entrenamiento se organizó en función de los atributos sensoriales seleccionados, asegurando que cada sesión se enfocara en el desarrollo y fortalecimiento de la percepción de un atributo específico. Las sesiones estuvieron distribuidas de la siguiente manera:

- Dulce: se trabajó con referencias estandarizadas (sacarosa) para definir la intensidad y percepción de este atributo en las muestras.
- Salado: se proporcionaron ejemplos de diferentes intensidades salinas (cloruro de sodio) para que los panelistas logaran discriminar este atributo con precisión.
- Ácido: se entrenó a los panelistas en la identificación de la acidez (ácido cítrico) mediante muestras con distintos niveles de intensidad.
- Cartón: se utilizó cartón como referencia sensorial que representara este descriptor, permitiendo a los panelistas tener una referencia clara.
- Metálico: se trabajó en la detección y diferenciación de este atributo a partir de muestras con distintos grados de sabor metálico de una premezcla de vitaminas con hierro, asegurando que los panelistas logaran identificarlo correctamente.

Cada sesión incluyó ejercicios de evaluación sensorial, discusión de los resultados obtenidos y ajustes en la percepción de los atributos según fue necesario. Además, se implementaron estrategias de refuerzo para asegurar que los panelistas alcanzaran un nivel óptimo de precisión antes de la fase de evaluación formal de los productos.

La estructura de las sesiones para cada uno de los atributos (dulce, salado, ácido, cartón, metálico) y evaluaciones realizadas fueron las siguientes:

➤ Sesión 1 Dulce:

En la primera sesión, los panelistas fueron introducidos al atributo sensorial dulce. Se inició con una bienvenida y una breve explicación sobre el objetivo de la práctica y la relevancia del dulzor en la evaluación de productos lácteos en polvo. Posteriormente, se presentó la escala tomada del método Spectrum (0–15) y se discutió su aplicación colectiva, asegurando que todos comprendieran los puntos de referencia de intensidad.

Los participantes degustaron soluciones de sacarosa al 2%, 5%, 10% y 16%, presentadas en orden creciente de concentración, registrando su percepción en la escala proporcionada. Además, se evaluaron referencias naturales como miel de abeja, azúcar morena, panela y leche entera, lo que permitió contrastar perfiles y generar discusión grupal sobre la percepción de dulzor. Finalmente, se llevó a cabo una reflexión conjunta sobre los aprendizajes obtenidos y se entregaron premios como incentivo.

➤ **Sesión 2 Dulce:**

Durante la segunda sesión se buscó fortalecer la capacidad de los panelistas para discriminar niveles de dulzor. En primer lugar, se desarrolló una prueba triangular utilizando leche en polvo reconstituida con diferentes concentraciones de sacarosa (2% y 5%). Cada panelista recibió tres muestras codificadas, de las cuales dos eran iguales y una diferente, y debía identificar la muestra distinta. Las respuestas se registraron y se verificó su congruencia de acuerdo con el diseño experimental.

Posteriormente, se efectuó la evaluación con la escala tomada del método Spectrum. Para ello, se prepararon soluciones lácteas con 2%, 5% y 10% de sacarosa, presentadas en sets codificados y distribuidas de acuerdo con el diseño balanceado. Los panelistas evaluaron únicamente el atributo dulce asignando valores de intensidad de acuerdo con la escala. Al concluir, se discutieron los resultados, se corrigieron colectivamente las respuestas y se realizó una reflexión grupal sobre la congruencia y las dificultades percibidas.

➤ **Sesión 3 Dulce:**

La tercera sesión se centró en reforzar la capacidad de los panelistas para percibir e identificar el dulzor utilizando la escala tomada del método Spectrum. Para ello, se prepararon soluciones lácteas con concentraciones de 0%, 2% y 5% de sacarosa, presentadas en diferentes combinaciones y sets balanceados (6 muestras). Los panelistas evaluaron cada muestra siguiendo el orden de presentación establecido, con el apoyo de agua para enjuague y boletas individuales de registro.

Cada participante asignó valores de intensidad en la escala Spectrum de 0 a 15, y posteriormente se discutieron en grupo las percepciones de dulzor en comparación con los valores de referencia. Finalmente, se realizó una reflexión colectiva sobre los progresos en la identificación del atributo y se entregaron premios simbólicos como parte de la motivación.

➤ **Sesión 1 Salado:**

En la primera sesión enfocada en el atributo salado, los panelistas fueron introducidos al sabor básico mediante la degustación de soluciones de cloruro de sodio en distintas concentraciones (0.20%, 0.35%, 0.50% y 0.70%). Dichos niveles correspondían a intensidades de 2.5, 5, 8.5 y 15 en la escala tomada del método Spectrum de 15 puntos.

Las soluciones fueron presentadas en orden creciente de concentración y codificadas de forma aleatoria para cada panelista. Los participantes registraron en boletas individuales el valor de intensidad percibida, con el objetivo de asociar cada concentración con una referencia clara dentro de la escala.

Durante la sesión, se discutió colectivamente la relación entre concentración de NaCl e intensidad percibida, y se reflexionó sobre la utilidad de contar con referencias sensoriales estandarizadas para el atributo salado. Esta actividad permitió que los panelistas desarrollaran un primer marco de referencia para diferenciar grados de salinidad en productos lácteos en polvo.

➤ **Sesión 2 Salado:**

Se aplicó inicialmente una prueba triangular con soluciones lácteas reconstituidas que contenían diferentes concentraciones de cloruro de sodio (0.20% y 0.35%). A cada panelista se le entregaron tres muestras codificadas, de las cuales dos eran idénticas y una diferente. Los participantes debían identificar la muestra distinta, registrando su respuesta en la boleta correspondiente. Para evitar interferencias, se incluyó agua, lápiz y un vaso de expectoración en cada bandeja.

Posteriormente, los panelistas realizaron una descripción abierta de productos lácteos en polvo, en la que evaluaron aroma, sabor y color de distintas muestras (leche entera, leche descremada, mezclas con grasa vegetal y lactosuero, y leche fortificada). La discusión grupal permitió asociar el descriptor salado con matrices lácteas de distinta composición, y se reforzó el uso de terminología técnica en lugar de expresiones subjetivas.

➤ **Sesión 3 Salado:**

La tercera sesión tuvo como propósito reforzar la identificación del atributo salado mediante el uso de la escala tomada del método Spectrum (0–15). Se prepararon mezclas lácteas con concentraciones crecientes de cloruro de sodio (0.20%, 0.35% y 0.50%), presentadas en sets balanceados y con códigos aleatorios. Cada panelista evaluó la intensidad del atributo registrando sus percepciones en boletas individuales.

Durante la degustación, se incluyó agua como referencia de limpieza del paladar y se registró la intensidad percibida. Una vez completadas las evaluaciones, se discutieron colectivamente las diferencias observadas entre las muestras y se reflexionó sobre la congruencia en el uso de la escala.

➤ **Sesión 1 Ácido:**

En la primera sesión enfocada en el atributo ácido, los panelistas fueron introducidos al sabor básico mediante la degustación de soluciones de ácido cítrico preparadas en diferentes concentraciones (0.05%, 0.08%, 0.15% y 0.20%). Estas correspondían a intensidades de 2, 5, 10 y 15 en la escala tomada del método Spectrum de 15 puntos. Así mismo, se les entregaron 4 muestras para que ellos evaluaran y colocaran la intensidad percibida del atributo según la escala.

Las muestras de productos lácteos con concentraciones asociadas con la escala presentada inicialmente fueron presentadas en orden creciente de concentración y codificadas para cada panelista. Los participantes registraron en boletas individuales la intensidad percibida, con el propósito de asociar cada nivel de acidez con un punto de referencia claro en la escala.

Al finalizar la actividad, se discutieron colectivamente las percepciones, reforzando la relación entre concentración de ácido cítrico e intensidad percibida, lo que permitió establecer un marco de referencia sensorial inicial para la identificación del atributo ácido en productos lácteos en polvo.

➤ **Sesión 2 Ácido:**

En la segunda sesión dedicada al atributo ácido, los panelistas participaron en una prueba triangular utilizando leche para niños reconstituida, a la cual se adicionaron concentraciones controladas de ácido cítrico. Se prepararon dos soluciones: una con 0.05% de ácido cítrico, correspondiente a una intensidad de 2 en la escala tomada del método Spectrum, y otra con 0.08% de ácido cítrico, equivalente a una intensidad de 5 en la misma escala.

Cada panelista recibió tres muestras codificadas, de las cuales dos eran iguales y una diferente, presentadas en orden aleatorizado de acuerdo con el diseño experimental. Los participantes debían identificar la muestra distinta y justificar su elección en las boletas de respuesta. Durante la actividad se reforzó el uso de la escala como herramienta objetiva de referencia y se promovió una discusión grupal, en la que se analizaron las percepciones del atributo ácido y se compararon las diferencias de intensidad entre ambas concentraciones, diferenciándolas de otros sabores básicos.

➤ **Sesión 3 Ácido:**

Se utilizaron soluciones lácteas reconstituidas a las cuales se adicionaron concentraciones de ácido cítrico de 0.05%, 0.08% y 0.15%, correspondientes a intensidades de 2, 5 y 10 en la escala tomada del método Spectrum de 15 puntos. Las muestras fueron codificadas y organizadas en sets balanceados (6 muestras), presentándose en bandejas individuales junto con agua para enjuague y lápiz para el registro de resultados.

Los panelistas evaluaron cada muestra en el orden asignado y registraron en sus boletas la intensidad percibida, con el propósito de reforzar su capacidad de discriminación y de calibrarse frente a los niveles de referencia. Se fomentó una discusión grupal en la que se analizaron las congruencias y discrepancias en las respuestas, lo que permitió afianzar la percepción del atributo ácido en matrices lácteas.

➤ **Sesión 4 Ácido:**

Se buscó consolidar el aprendizaje de los panelistas mediante la repetición de la prueba de atributos utilizando la escala tomada del método Spectrum. Para esta práctica se empleó como matriz láctea la mezcla de lactosuero, leche descremada y leche entera, a la cual se le adicionaron concentraciones de ácido cítrico de 0.05%, 0.08% y 0.15%, equivalentes a intensidades de 2, 5 y 10 en la escala de 15 puntos.

Las muestras fueron codificadas y distribuidas en sets balanceados para cada panelista, quienes debían evaluarlas en orden y asignar la intensidad percibida del atributo ácido en sus boletas de registro. Durante la actividad se controló la limpieza del paladar con agua entre cada muestra, con el fin de evitar interferencias. Al finalizar, se llevó a cabo una discusión grupal para reflexionar sobre la consistencia de las respuestas y el progreso en la identificación de diferencias de acidez.

➤ **Sesión 1 Cartón:**

En la primera sesión enfocada en el atributo cartón, los panelistas realizaron una evaluación de referencias sensoriales mediante muestras codificadas. Cada participante recibió tres muestras de leche en polvo reconstituida (leche descremada, leche entera y mezcla de lactosuero, leche descremada con grasa vegetal y leche entera) que debían oler en orden de izquierda a derecha, registrando en boletas el código y la intensidad percibida. Para ello se utilizó la escala tomada del método Spectrum de 0 a 15 puntos, en donde 0 representaba ausencia del atributo y 15 una intensidad extrema. Durante la actividad se insistió en realizar pausas entre muestras para evitar la fatiga olfativa. Esta práctica permitió establecer un primer acercamiento con la nota sensorial característica a cartón.

➤ **Sesión 2 Cartón:**

En la segunda sesión, los panelistas evaluaron el atributo cartón en soluciones lácteas reconstituidas. Para la preparación, se remojó cartón en leche en polvo reconstituida con agua caliente, dejándolo reposar durante 24 horas para favorecer la transferencia de compuestos responsables de la nota a cartón. Se presentaron tres muestras codificadas: leche entera, leche descremada fresca y leche descremada con cartón.

Cada panelista recibió bandejas con sets balanceados y debió oler las muestras siguiendo el orden indicado. Posteriormente, asignaron un valor en la escala tomada del método Spectrum y registraron sus percepciones en boletas individuales. Al finalizar, se discutieron colectivamente las diferencias detectadas entre la leche fresca y la leche con cartón.

➤ **Sesión 3 Cartón:**

La tercera sesión reforzó el entrenamiento en el atributo cartón utilizando nuevamente soluciones lácteas reconstituidas. En esta ocasión, se prepararon muestras de leche entera con cartón, mezclas lácteas frescas y mezclas lácteas con cartón. El procedimiento de preparación consistió en remojar cartón en la leche reconstituida con agua caliente y dejarlo reposar por 24 horas.

Los panelistas recibieron las bandejas codificadas con los sets balanceados, evaluaron el aroma de las muestras en el orden asignado y registraron en boletas la intensidad percibida en la escala tomada del método Spectrum (0-15). Al concluir, se promovió una discusión grupal sobre la discriminación del atributo cartón en matrices lácteas de diferente composición.

➤ **Sesión 1 Metálico:**

Los panelistas fueron expuestos a tres muestras de referencia preparadas con diferentes bases lácteas: leche entera, leche descremada y leche fortificada. Cada una de estas muestras presentaba un nivel característico de sabor metálico que los participantes evaluaron utilizando la escala tomada del método Spectrum de 0 a 15 puntos.

Los panelistas registraron en sus boletas la intensidad percibida para cada muestra, lo cual permitió establecer anclas de referencia sensorial que sirvieron como punto de comparación

y calibración en las sesiones posteriores. Esta primera actividad tuvo como objetivo familiarizar a los panelistas con la sensación gustativa metálica y generar un marco común para la interpretación del atributo en diferentes matrices lácteas.

➤ **Sesión 2 Metálico:**

En la segunda sesión se aplicó una prueba sensorial de atributos con soluciones lácteas reconstituidas, algunas con la adición de premezcla vitamínica. Se trabajaron tres muestras: leche descremada, leche descremada con vitaminas y una mezcla de lactosuero, leche descremada con grasa vegetal y leche entera con vitaminas.

Las bandejas se prepararon con códigos balanceados para cada panelista (6 muestras), quienes evaluaron la intensidad del sabor metálico en la escala tomada del método Spectrum (0-15), registrando los resultados en boletas individuales. Para evitar interferencias, los panelistas limpiaron su paladar con agua entre cada muestra. La actividad permitió observar diferencias en la percepción del atributo según el tipo de base láctea y la presencia de fortificación.

➤ **Sesión 3 Metálico:**

En la tercera sesión, se reforzó la identificación del atributo metálico con un nuevo set de soluciones lácteas reconstituidas, preparadas con diferentes bases y con la adición de compuestos fortificantes que intensificaban la percepción metálica. Las muestras fueron presentadas en orden balanceado y codificadas para cada panelista.

Durante la evaluación, los participantes registraron las intensidades percibidas en la escala tomada del método Spectrum, y al finalizar se discutieron en grupo las diferencias entre las matrices lácteas. Esta repetición permitió consolidar la capacidad de discriminar el sabor metálico y evaluar la consistencia en las respuestas individuales.

4. Recopilación de datos y análisis estadístico

Se recopiló la información obtenida durante las pruebas mediante hojas de evaluación diseñadas específicamente para cada tipo de prueba sensorial.

Los datos fueron analizados estadísticamente para determinar la consistencia y confiabilidad de las respuestas de los panelistas. Se utilizaron pruebas estadísticas adecuadas, como el análisis de varianza (ANOVA) de dos factores en el programa RStudio versión 2023.06.1+524, para evaluar diferencias significativas entre las muestras evaluadas y para verificar si hubo interacción entre los productos y los panelistas. Este análisis se complementó con pruebas de repetibilidad, con el fin de evaluar la estabilidad de las respuestas individuales en diferentes momentos de la evaluación.

Para la evaluación de la reproducibilidad de las respuestas de cada panelista se utilizaron las siguientes hipótesis:

- H_o = No existe interacción entre producto y panelista
- H_a = Existe interacción entre producto y panelista

El objetivo del estudio fue evaluar la hipótesis nula. A continuación, se analizó la reproducibilidad de las pruebas, considerando la posible variabilidad entre los panelistas, siempre que no existiera interacción entre ellos. De este modo, fue posible observar diferencias en la percepción de una misma muestra; sin embargo, estas no indicaron una falta de entrenamiento, sino que estuvieron influenciadas por la anatomía individual de cada panelista.

El análisis de reproducibilidad se llevó a cabo mediante un modelo de regresión lineal múltiple, definido por la siguiente ecuación:

$$y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_{12} X_1 X_2 + \varepsilon$$

Donde:

- y = intensidad del atributo sensorial evaluado
- X_1 = variable del producto evaluado
- X_2 = variable del panelista
- β_0 = constante del modelo
- $\beta_1 ; \beta_2 ; \beta_{12}$ = coeficientes de regresión asociados a cada variable

Para determinar si existe interacción entre el producto X_1 y el panelista X_2 , se establecieron las siguientes hipótesis:

- $H_1: \beta_1 \neq 0$: El producto tiene un efecto significativo en la evaluación sensorial.
- $H_2: \beta_2 \neq 0$: El panelista influye significativamente en la percepción sensorial.
- $H_3: \beta_{12} \neq 0$: Existe una interacción significativa entre el producto y el panelista, lo que indica que la percepción del atributo varía dependiendo del panelista y del producto evaluado.

Para validar la hipótesis nula, se analizó si la interacción entre producto y panelista fue significativa. En caso de que no hubiera interacción, se concluyó que los panelistas habían logrado un entrenamiento adecuado y que las diferencias en las evaluaciones sensoriales fueron atribuibles únicamente a las características del producto y no a inconsistencias en la percepción de los panelistas.

El análisis estadístico se llevó a cabo utilizando el software RStudio (versión 2023.06.1+524), el cual permitió realizar pruebas de significancia y evaluar la consistencia de las respuestas mediante el análisis de repetibilidad de los panelistas.

Finalmente, se presentaron los resultados en gráficos y tablas obtenidos por RStudio, los cuales facilitaron la interpretación de los datos y la toma de decisiones en relación con la confiabilidad del panel sensorial.

D. Validación del entrenamiento

Para verificar la efectividad del entrenamiento, se evaluó el desempeño de los panelistas mediante pruebas de repetición. La validación se realizó con base en:

- Consistencia en la identificación de atributos: Se evaluó la capacidad de los panelistas para identificar y describir correctamente los atributos sensoriales en diferentes sesiones. Se analizó el nivel de coincidencia en sus respuestas y su uniformidad en la percepción a lo largo del tiempo.
- Reproducibilidad de los resultados en sesiones separadas: se verificó si los panelistas mantuvieron una evaluación estable de los atributos en distintas sesiones, sin variaciones significativas, mediante un análisis de ANOVA.

E. Desarrollo de perfil sensorial para productos lácteos en polvo

Una vez finalizado el entrenamiento del panel sensorial en los cinco atributos definidos para la evaluación del sabor, se procedió a aplicar la metodología para evaluar el perfil de sabor de tres productos de lácteos en polvo elaborados por la empresa. Las muestras fueron seleccionadas intencionalmente para presentar ligeras variaciones entre lotes, con el fin de explorar la sensibilidad del panel entrenado ante dichas diferencias.

Para representar visualmente el perfil de sabor de cada muestra, se elaboraron gráficos tipo telaraña en RStudio. Para ello, se tabularon los datos obtenidos durante la evaluación sensorial realizada por el panel y se calculó el promedio de la intensidad percibida para cada uno de los cinco atributos por muestra. Estos promedios permitieron construir los diagramas de perfil sensorial, a fin de comparar visualmente las diferencias entre los tres productos evaluados.

Para validar estadísticamente las diferencias sensoriales percibidas entre los productos, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) de un solo factor utilizando el software RStudio (versión 2023.06.1+524). Este análisis tuvo como propósito determinar si las medias de intensidad para cada atributo resultaron estadísticamente distintas entre las muestras.

Se establecieron las siguientes hipótesis para el ANOVA:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_k$$

$$H_a: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \dots \neq \mu_k$$

Se fijó el nivel de significancia en $\alpha = 0.05$. Se rechazó la hipótesis nula cuando el valor-p fuera menor o igual a α , lo cual indica la existencia de diferencias sensoriales significativas entre las muestras en al menos uno de los atributos.

Para identificar específicamente entre qué muestras existen diferencias, se aplicó la prueba de comparaciones múltiples LSD (Least Significant Difference) de Fisher, también en RStudio. Este análisis permitió establecer agrupaciones entre productos en función de la percepción sensorial y facilitar la interpretación práctica de los resultados.

Se realizó una sesión final en la que los panelistas evaluaron simultáneamente los cinco atributos sensoriales entrenados (dulce, salado, ácido, cartón y metálico). Para esta prueba se prepararon tres matrices lácteas: leche entera, leche descremada y una mezcla de lactosuero con leche descremada y grasa vegetal. Las muestras fueron reconstituidas, codificadas y distribuidas en bandejas balanceadas, acompañadas de agua y lápiz para el registro de resultados.

Cada panelista degustó las muestras en el orden asignado y calificó en la escala tomada del método Spectrum de 0 a 15 puntos la intensidad percibida de cada atributo, registrando los valores en la boleta correspondiente. La prueba permitió evaluar el grado de aprendizaje alcanzado en la discriminación de los cinco descriptores y comprobar la capacidad de los panelistas para aplicar lo aprendido en matrices lácteas complejas. Esta sesión final representó la validación del entrenamiento y sirvió como punto de cierre metodológico del programa.

VII. Resultados y discusión

El desarrollo de un programa de entrenamiento sensorial permite garantizar la confiabilidad de los resultados obtenidos en la evaluación de productos alimenticios. En este estudio, los resultados del proceso de entrenamiento del panel y de las pruebas realizadas con productos lácteos en polvo se presentan en función de cada atributo de sabor previamente seleccionado, complementada con análisis estadísticos, gráficas de interacción y perfiles radiales, con el fin de demostrar la capacidad del panel que fue sometido a entrenamiento para identificar diferencias entre muestras y reproducir evaluaciones de forma homogénea. Así mismo, se contemplan las sesiones adicionales requeridas y la relevancia de los atributos en el contexto de la calidad sensorial de lácteos en polvo.

A. Selección de atributos sensoriales en lácteos en polvo

La definición de los atributos de sabor a evaluar fue un paso crítico para orientar el entrenamiento del panel y asegurar la pertinencia de las evaluaciones realizadas. La selección se fundamentó en una revisión de literatura especializada, en la práctica sensorial de la industria láctea y en el consenso alcanzado con el panel durante sesiones preliminares. Se escogieron cinco descriptores principales: dulce, salado, ácido, cartón y metálico. Los tres primeros corresponden a sabores básicos de amplia familiaridad, cuya presencia en leches en polvo está directamente relacionada con su composición química. El sabor dulce se vincula con la lactosa, principal carbohidrato de la leche; el salado con la concentración de sales minerales como cloruro de sodio, calcio y magnesio; y el ácido con la percepción de compuestos derivados de la fermentación láctica o de procesos de hidrólisis durante el almacenamiento (Lawless & Heymann, *Sensory evaluation of food: Principles and practices*, 2010); (Drake, Karagul-Yuceer, Cadwallader, & Civille, 2003).

Por otra parte, los descriptores cartón y metálico se incluyeron debido a su relevancia como indicadores de defectos sensoriales. El atributo cartón se asocia a la oxidación de lípidos y proteínas, generando notas de rancidez o de cartón húmedo que suelen presentarse en productos con almacenamiento prolongado o en condiciones inadecuadas (Drake, Karagul-Yuceer, Cadwallader, & Civille, 2003). El descriptor metálico, por su parte, se relaciona con la presencia de iones metálicos y productos secundarios de la oxidación lipídica, como aldehídos y cetonas, los cuales provocan sabores astringentes o desagradables en la leche en polvo (Clarke, McCarthy, O'Sullivan, Kerry, & Kilcawley, 2021). Estos dos atributos, a pesar de ser más complejos de identificar, fueron seleccionados porque representan defectos críticos que afectan la aceptabilidad del consumidor y son relevantes para los procesos de control de calidad.

La combinación de atributos básicos (dulce, salado, ácido) y defectos relevantes (cartón y metálico) permitió diseñar un programa de entrenamiento que no solo fortaleció la capacidad discriminativa del panel en sabores de fácil reconocimiento, sino que también retó a los panelistas a familiarizarse con descriptores menos comunes pero esenciales para

el aseguramiento de la calidad sensorial de los productos lácteos en polvo. Esta va en línea con estudios que destacan la importancia de entrenar paneles tanto en atributos positivos como en negativos, con el objetivo de obtener perfiles sensoriales completos y confiables (Meilgaard, Civille, & Carr, 2007).

B. Selección de panelistas

La etapa de selección de panelistas permitió identificar a los individuos con mayor aptitud sensorial para conformar el panel de evaluación de productos lácteos en polvo. Los resultados obtenidos evidencian un desempeño aceptable en la mayoría de las pruebas aplicadas, lo que refleja la eficacia del proceso de reclutamiento y la calidad de la capacitación impartida por el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP).

Cuadro 7. Resumen de resultados de la preselección de panelistas

Panelista	Cuestionario preselección (100%)	Ejercicio de escalas (100%)	Prueba daltonismo (100%)	Prueba de olores ($\geq 80\%$)	Prueba de sabores básicos (100%)	Prueba discriminativa ($\geq 70\%$)
AS	100%	100%	100%	80%	100%	75%
BR	100%	100%	100%	90%	100%	88%
BG	100%	100%	100%	90%	100%	100%
DY	100%	100%	100%	85%	100%	73%
ER	100%	100%	100%	85%	100%	88%
GG	100%	100%	100%	80%	100%	75%
IG	100%	100%	100%	80%	100%	88%
JC	100%	100%	100%	85%	100%	88%
SY	100%	100%	100%	90%	100%	75%
KC	100%	100%	100%	80%	100%	88%
JZ	100%	100%	100%	85%	100%	90%
Promedio	100%	100%	100%	85%	100%	84%

Fuente: *Elaboración propia con base en el Manual de selección y entrenamiento de jueces sensoriales del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, 2023.*

Por lo tanto, se puede indicar que los once panelistas seleccionados superaron los criterios mínimos establecidos en todas las pruebas, con promedios superiores al 85 % en la mayoría de los parámetros evaluados. La aprobación del cuestionario de preselección por el 100 % de los candidatos indica un grupo homogéneo, comprometido y con condiciones personales adecuadas para ser parte del panel entrenado, lo cual es esencial para garantizar la confiabilidad en las sesiones de evaluación. De igual forma, el ejercicio de escalas, con una puntuación promedio del 100 %, demuestra que los panelistas comprenden correctamente el uso de escalas lineales y la asignación de proporciones, aspecto fundamental para lograr reproducibilidad en los métodos descriptivos como QDA y Spectrum.

La prueba de daltonismo confirmó que ningún participante presentó deficiencias en la percepción del color, descartando así posibles interferencias visuales durante la evaluación

de muestras. En la prueba de olores, el panel alcanzó un promedio de 85 % de aciertos, evidenciando una adecuada sensibilidad olfativa y consistencia en la identificación de aromas básicos.

El reconocimiento de sabores básicos mostró el mejor desempeño general: todos los panelistas identificaron correctamente las soluciones de referencia (dulce, salado, amargo y ácido), alcanzando un 100 % de aciertos. Esto confirma la capacidad para diferenciar los estímulos gustativos que posteriormente se utilizaron durante el entrenamiento de los cinco atributos definidos.

En cuanto a la prueba discriminativa de diferencia, los resultados oscilaron entre 73 % y 100 %, superando el umbral mínimo del 70 %. Esta variabilidad, aunque leve, demuestra diferencias individuales esperadas en sensibilidad sensorial, pero todos los participantes mostraron una capacidad adecuada para detectar variaciones sutiles entre muestras similares.

Se puede postular que los once jueces cuentan con las competencias necesarias para participar en evaluaciones descriptivas de productos lácteos. La combinación de altas puntuaciones en percepción gustativa, comprensión de escalas y discriminación de estímulos permite prever un panel robusto, preciso y con potencial de reproducibilidad.

C. Entrenamiento del atributo dulce

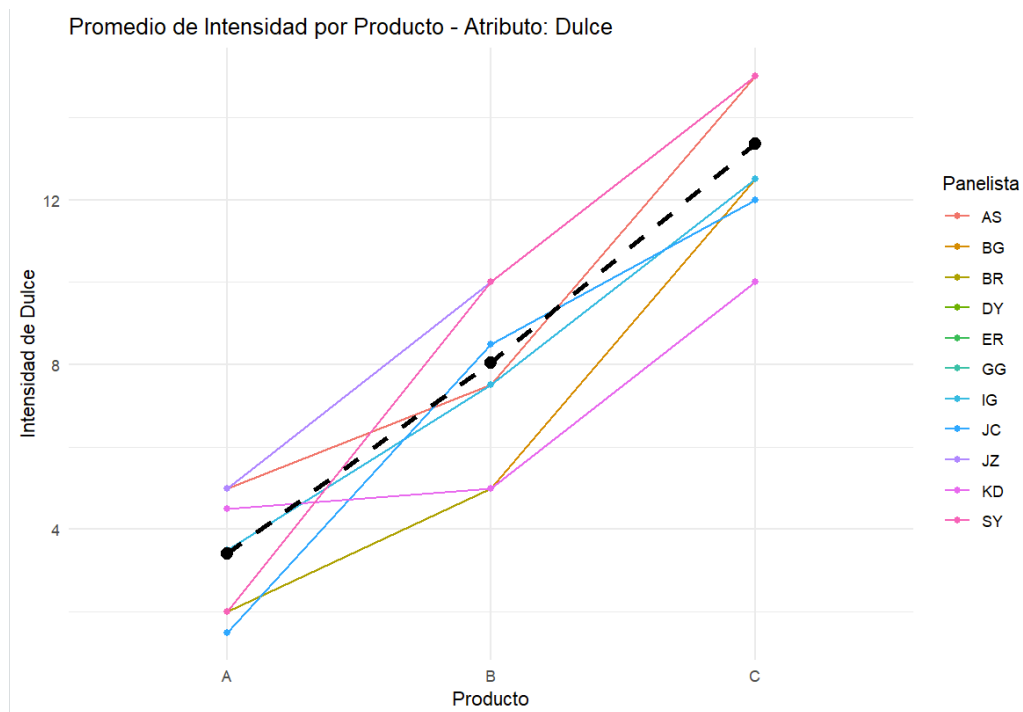
Con los panelistas seleccionados, se inició el entrenamiento del atributo dulce utilizando el método híbrido de análisis descriptivo cuantitativo y Spectrum. Se identificaron diferencias significativas tanto entre productos ($p = 2 \times 10^{-16}$) como entre panelistas ($p = 1.43 \times 10^{-5}$), lo que indica que los productos evaluados presentan variaciones claras en la intensidad de dulzor y que existen diferencias individuales en la percepción de los panelistas. Sin embargo, la interacción producto–panelista no fue significativa ($p = 0.0894$), lo que sugiere que, aunque cada panelista percibe el dulzor con intensidades diferentes, la tendencia general de clasificación de los productos es consistente entre ellos.

Cuadro 8. Determinación del análisis estadístico ANOVA para validar el entrenamiento del panel en el atributo dulce después de dos sesiones de entrenamiento

Parámetro	Valor $p \leq 0.05$	Conclusión
Producto	2×10^{-16}	Se rechaza Ho
Panelista	1.43×10^{-5}	Se rechaza Ho
Interacción producto panelista	0.0894	Se acepta Ho

Fuente: Elaboración propia.

Figura 4. Gráfica de interacción producto y panelista para el atributo dulce posterior a dos sesiones de entrenamiento



Las abreviaturas en el gráfico hacen referencia a las iniciales de los nombres de los panelistas que conforman el panel y la línea punteada es la representación de la media general.

Se evidencia en la Figura 4, que las líneas de cada panelista siguen un patrón ascendente similar desde el producto A al C, evidenciando que todos detectaron un incremento progresivo en la intensidad del atributo dulce. La ausencia de interacción significativa es un indicador favorable, ya que implica que el entrenamiento contribuyó a que los panelistas evaluaran de manera uniforme las diferencias de dulzor entre productos, alineándose con el objetivo de mejorar la reproducibilidad del panel.

D. Entrenamiento del atributo salado

En el análisis ANOVA para el atributo salado después de dos sesiones de entrenamiento, se detectaron diferencias significativas tanto entre productos ($p = 0.000445$) como entre panelistas ($p = 0.012347$), lo que indica que los productos presentan variaciones reales en la intensidad de salinidad y que los panelistas difieren en su escala personal de percepción.

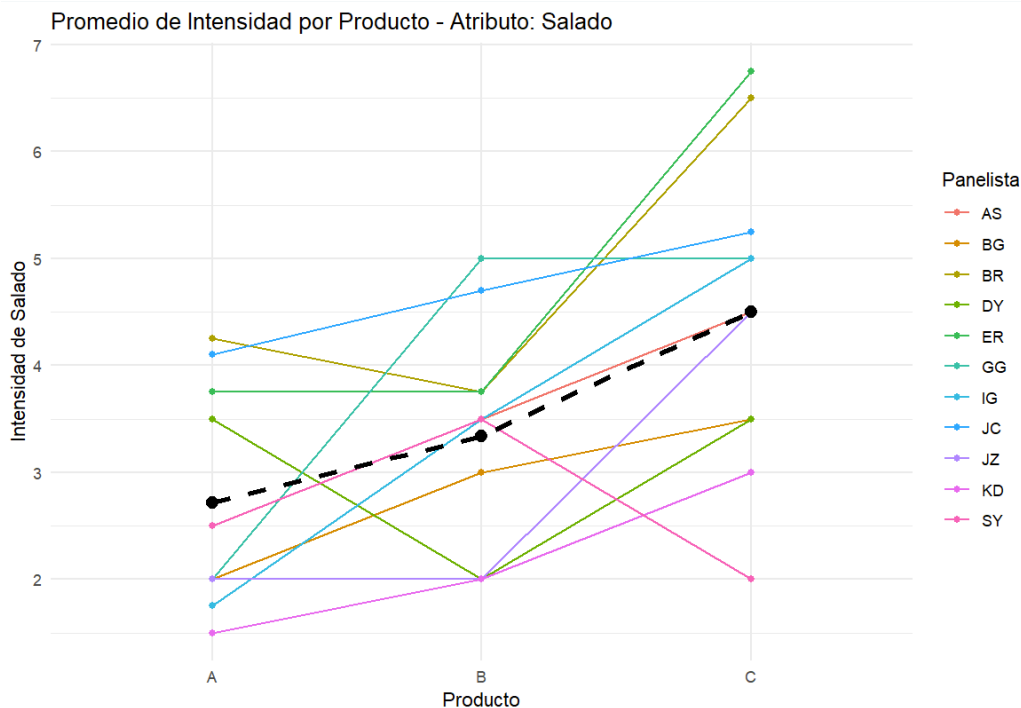
Cuadro 9. Determinación del análisis estadístico ANOVA para validar el entrenamiento del panel en el atributo salado después de dos sesiones de entrenamiento

Parámetro	Valor $p \leq 0.05$	Conclusión
Producto	0.000445	Se rechaza Ho
Panelista	0.012347	Se rechaza Ho
Interacción producto panelista	0.660139	Se acepta Ho

Fuente: Elaboración propia.

Sin embargo, la interacción producto-panelista no resultó significativa ($p = 0.660139$), lo cual sugiere que, pese a las diferencias individuales en la percepción, todos los panelistas evaluaron las tendencias de manera consistente.

Figura 5. Gráfica de interacción producto y panelista para el atributo salado posterior a dos sesiones de entrenamiento



2La abreviaturas en el gráfico hacen referencia a las iniciales de los nombres de los panelistas que conforman el panel y la línea punteada es la representación de la media general.

En la Figura 5 se observa que, aunque existen variaciones en los valores absolutos de intensidad asignados por cada panelista, la línea promedio (trazo negro punteado) evidencia una tendencia ascendente de A a C, lo que implica que el grupo en general detectó un incremento progresivo de salinidad. La ausencia de interacción significativa es favorable, ya que confirma que el entrenamiento permitió al panel mantener una clasificación

coherente de los productos según su nivel de salado, reforzando la reproducibilidad del panel.

Seguidamente, se puede observar que las líneas individuales de los panelistas presentan cierta dispersión en los valores absolutos asignados. Esto evidencia que, si bien no se detectó una interacción significativa producto-panelista, lo cual es favorable porque confirma que todos los panelistas siguieron la misma dirección en la clasificación, aún es necesario reforzar el entrenamiento para alcanzar una mayor homogeneidad en la magnitud de las evaluaciones.

La falta de uniformidad en las intensidades reportadas puede limitar la capacidad del panel para discriminar diferencias más sutiles en evaluaciones posteriores, lo que resalta la importancia de continuar con sesiones de calibración específicas para este atributo. Por ende, los resultados obtenidos demuestran reproducibilidad en la percepción de la tendencia general, pero también señalan un área de mejora: la reducción de la variabilidad en el uso de las escalas individuales, con el fin de garantizar evaluaciones más consistentes, precisas y comparables en el futuro.

E. Entrenamiento del atributo ácido

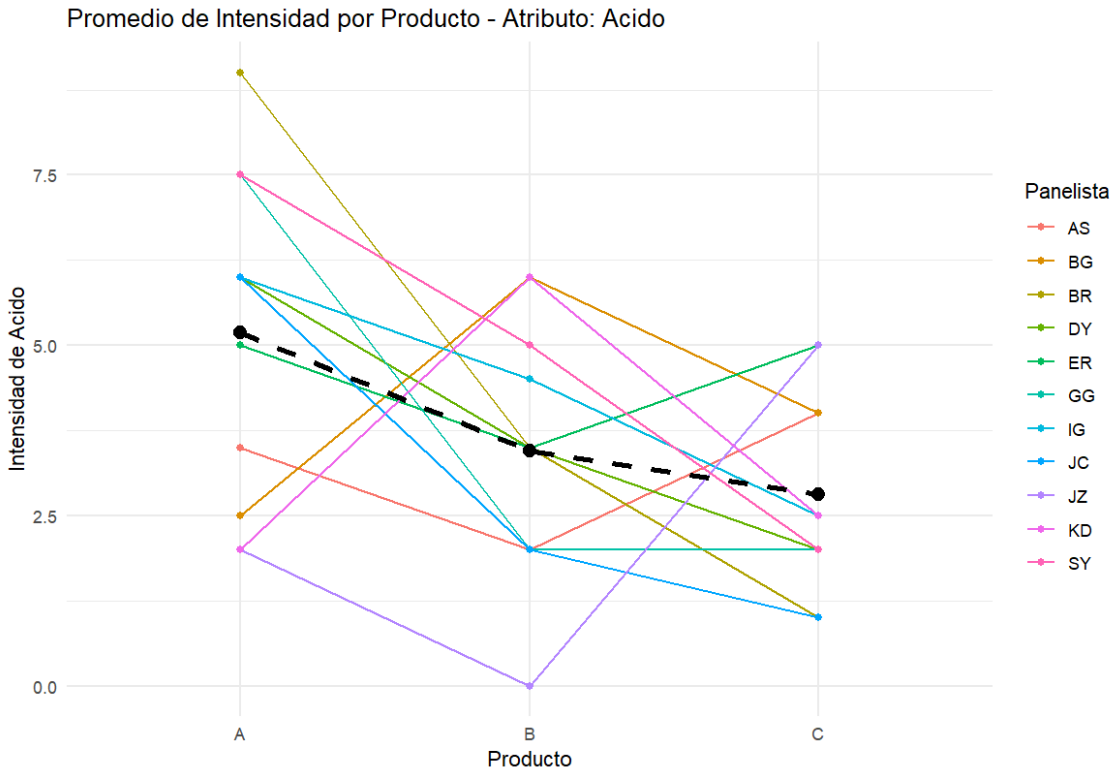
Cuadro 10. Determinación del análisis estadístico ANOVA para validar el entrenamiento del panel en el atributo ácido después de dos sesiones de entrenamiento

Parámetro	Valor $p \leq 0.05$	Conclusión
Producto	0.0031	Se rechaza H_0
Panelista	0.6957	Se acepta H_0
Interacción producto panelista	0.0353	Se rechaza H_0

Fuente: Elaboración propia.

En el Cuadro 10 se observa que el análisis ANOVA evidenció diferencias significativas entre productos ($p = 0.0031$), lo cual indica que el panel logró discriminar entre las muestras en cuanto al atributo ácido. Sin embargo, no se encontraron diferencias entre panelistas ($p = 0.6957$), lo que a primera vista podría interpretarse como una ventaja, ya que sugiere que los jueces utilizaron una escala semejante. No obstante, la interacción producto-panelista resultó significativa ($p = 0.0353$), lo cual revela inconsistencias: algunos jueces tendieron a calificar los productos en direcciones diferentes, comprometiendo la reproducibilidad del grupo.

Figura 6. Gráfica de interacción producto y panelista para el atributo ácido posterior a dos sesiones de entrenamiento



3La abreviaturas en el gráfico hacen referencia a las iniciales de los nombres de los panelistas que conforman el panel y la línea punteada es la representación de la media general.

La Figura 6 refuerza este hallazgo, ya que se aprecian múltiples cruces de líneas entre panelistas, lo que refleja desacuerdo en la tendencia de evaluación. Mientras algunos jueces reportaron disminución en la acidez de A a C, otros asignaron puntuaciones ascendentes o muy variables. Aunque la línea promedio (trazo negro punteado) muestra una ligera disminución en la intensidad del atributo ácido, la dispersión de las líneas individuales evidencia que no se alcanzó una calibración adecuada en esta etapa. Estos resultados justificaron la necesidad de realizar una sesión adicional de entrenamiento centrada en este atributo.

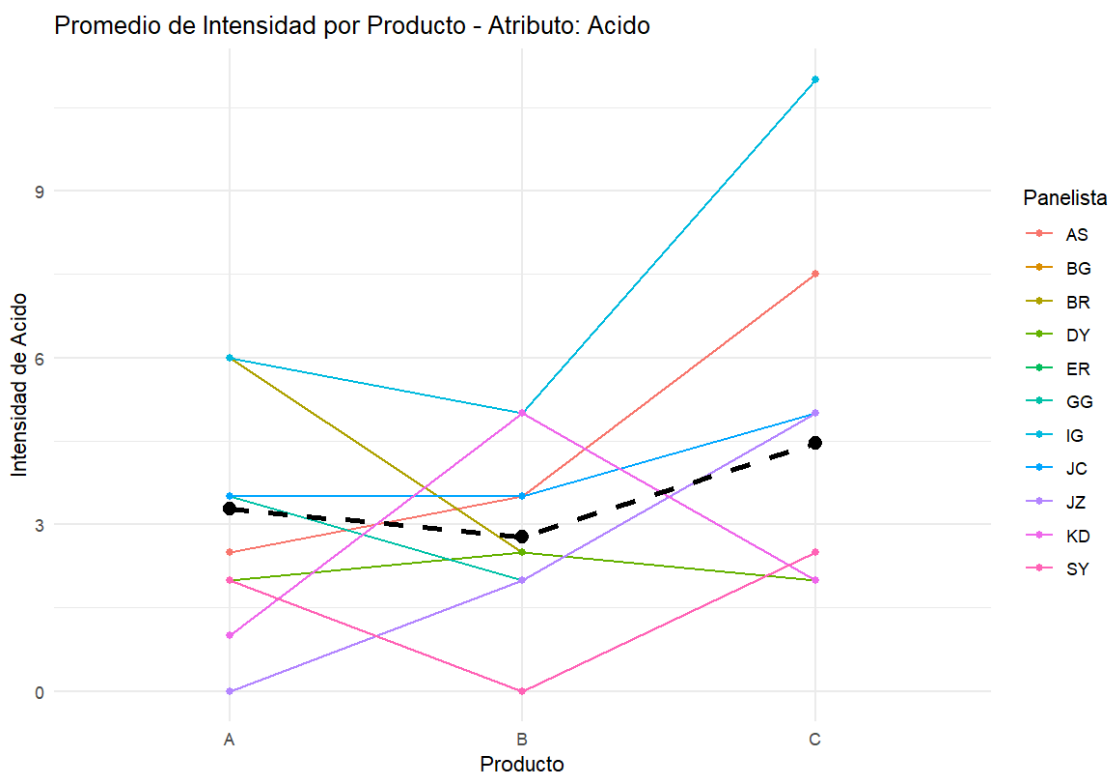
Cuadro 11. Determinación del análisis estadístico ANOVA para validar el entrenamiento del panel en el atributo ácido después de tres sesiones de entrenamiento

Parámetro	Valor $p \leq 0.05$	Conclusión
Producto	0.04724	Se rechaza Ho
Panelista	0.00996	Se rechaza Ho
Interacción producto panelista	0.15248	Se acepta Ho

Fuente: Elaboración propia.

Tras la sesión adicional, los resultados del Cuadro 11 muestran que el panel mantuvo diferencias significativas entre productos ($p = 0.04724$), confirmando la capacidad de discriminar intensidades de acidez. A diferencia de la etapa anterior, se detectaron diferencias significativas entre panelistas ($p = 0.00996$), lo cual indica que algunos jueces continuaron empleando rangos distintos de la escala de calificación. Sin embargo, la interacción producto–panelista dejó de ser significativa ($p = 0.15248$), lo que significa que, pese a estas diferencias individuales, la tendencia general de clasificación fue consistente entre los miembros del panel.

Figura 7. Gráfica de interacción producto y panelista para el atributo ácido posterior a tres sesiones de entrenamiento



4La abreviaturas en el gráfico hacen referencia a las iniciales de los nombres de los panelistas que conforman el panel y la línea punteada es la representación de la media general.

En la Figura 7 se observa que a pesar de existir dispersión en las intensidades absolutas asignadas como la asignación de valores muy altos o bajos en el producto C, la mayoría de las líneas siguen una misma dirección de cambio, y la línea promedio mantiene un trazo más estable. Esto sugiere que el panel alcanzó una mejor reproducibilidad en la clasificación de las muestras, aunque persisten diferencias individuales que requieren seguir trabajando en la calibración.

Se pudo evidenciar que la sesión adicional de entrenamiento fue necesaria y efectiva. Esta permitió eliminar la interacción producto-panelista, lo que representa un avance importante

en la consistencia del panel. No obstante, la aparición de diferencias entre panelistas evidencia que todavía es indispensable continuar con ejercicios de ajuste para homogeneizar el uso de la escala de intensidades.

F. Entrenamiento del atributo cartón

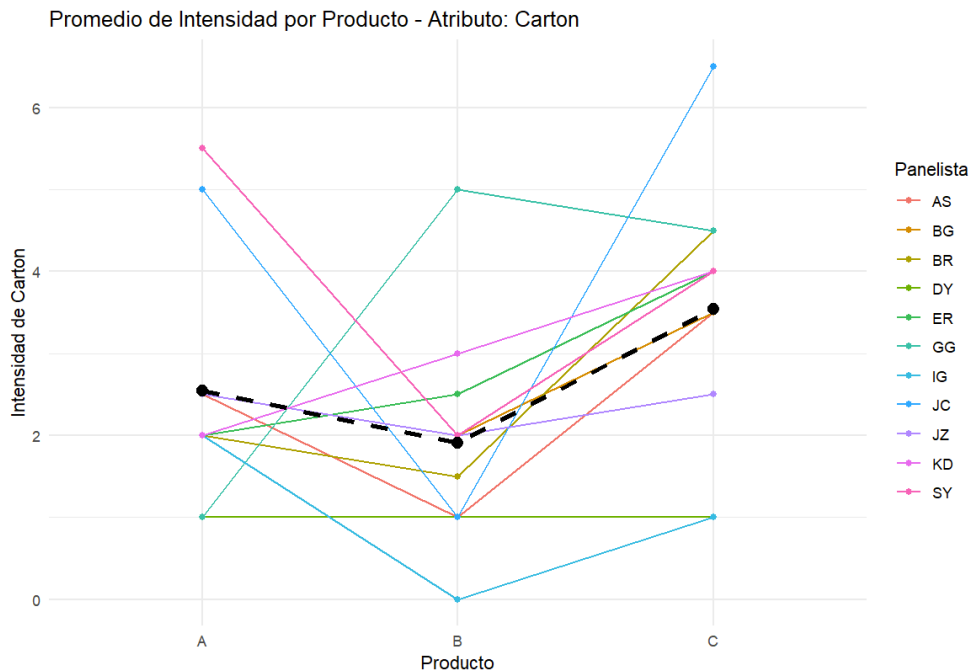
En el Cuadro 12, se encontraron diferencias significativas tanto entre productos ($p = 0.00723$) como entre panelistas ($p = 0.03156$), lo que indica que los productos presentaron variaciones reales en la intensidad de este defecto y que los panelistas difieren en su escala personal de evaluación. La interacción producto–panelista no fue significativa ($p = 0.27485$), lo que refleja que, a pesar de estas diferencias individuales, la tendencia general de valoración de los productos se mantuvo consistente.

Cuadro 12. Determinación del análisis estadístico ANOVA para validar el entrenamiento del panel en el atributo cartón después de dos sesiones de entrenamiento

Parámetro	Valor $p \leq 0.05$	Conclusión
Producto	0.00723	Se rechaza Ho
Panelista	0.03156	Se rechaza Ho
Interacción producto panelista	0.27485	Se acepta Ho

Fuente: Elaboración propia.

Figura 8. Gráfica de interacción producto y panelista para el atributo cartón posterior a dos sesiones de entrenamiento



5La abreviaturas en el gráfico hacen referencia a las iniciales de los nombres de los panelistas que conforman el panel y la línea punteada es la representación de la media general.

En la Figura 8 se observa que, aunque panelistas como JC y SY asignaron valores de intensidad más altos al producto C y KD mostró valores bajos y estables en los tres productos, la línea promedio (trazo negro punteado) presenta una tendencia ligeramente ascendente de A a C. Esto evidencia que el grupo, en conjunto, percibió un aumento en la intensidad del atributo cartón hacia el producto C, lo que sugiere una adecuada reproducibilidad del panel tras el entrenamiento.

Así mismo, este atributo aparece con mayor frecuencia en productos almacenados durante tiempos prolongados o bajo condiciones inadecuadas, diferenciándolos claramente de polvos más frescos (Drake, Watson, & Liu, 2023). En ese sentido, el hecho de que los panelistas de este estudio lograran captar consistentemente la tendencia ascendente hacia el producto C sugiere que el entrenamiento fue efectivo para reconocer un descriptor ligado a procesos de oxidación y pérdida de frescura.

G. Entrenamiento del atributo metálico

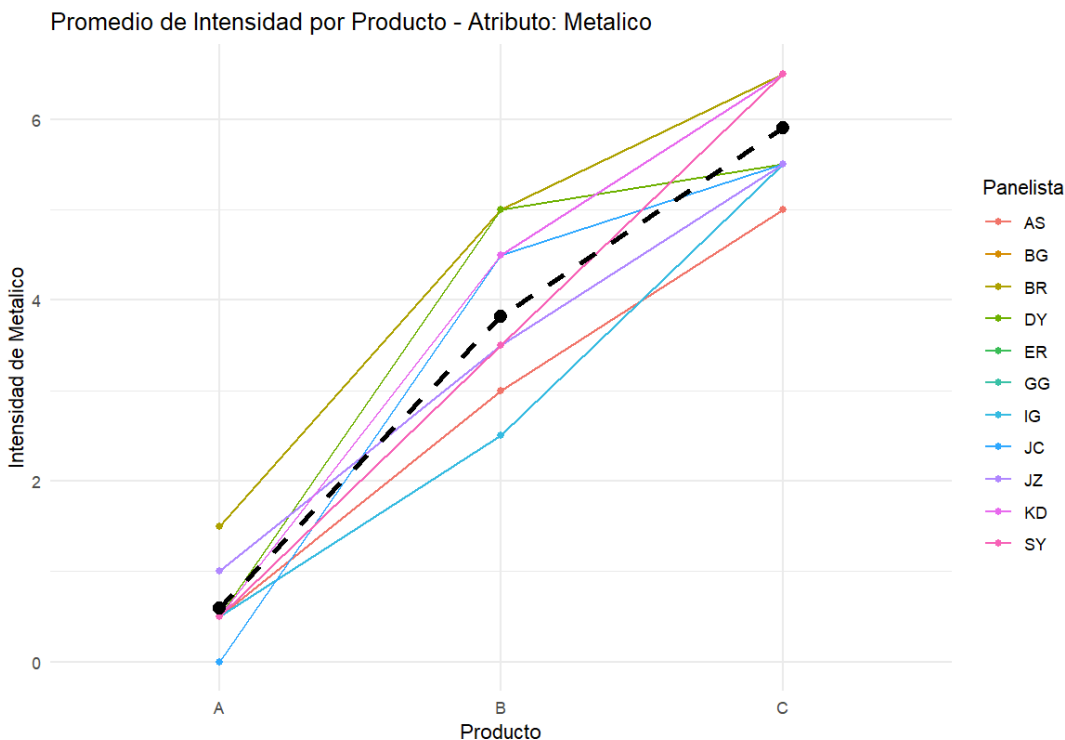
En el Cuadro 13, se encontraron diferencias altamente significativas entre productos ($p = 2 \times 10^{-16}$), lo que confirma que las muestras presentaron intensidades de carácter metálico claramente diferenciadas. No se detectaron diferencias significativas entre panelistas ($p = 0.122$), lo cual es un resultado favorable, ya que indica que el grupo evaluó de manera homogénea sin sesgos individuales marcados. Así mismo, la interacción producto-panelista no fue significativa ($p = 0.582$), lo que evidencia que todos los panelistas identificaron las diferencias entre productos siguiendo una misma tendencia.

Cuadro 13. Determinación del análisis estadístico ANOVA para validar el entrenamiento del panel en el atributo metálico después de dos sesiones de entrenamiento

Parámetro	Valor $p \leq 0.05$	Conclusión
Producto	2×10^{-16}	Se rechaza Ho
Panelista	0.122	Se acepta Ho
Interacción producto panelista	0.582	Se acepta Ho

Fuente: Elaboración propia.

Figura 9. Gráfica de interacción producto y panelista para el atributo metálico posterior a dos sesiones de entrenamiento



6La abreviaturas en el gráfico hacen referencia a las iniciales de los nombres de los panelistas que conforman el panel y la línea punteada es la representación de la media general.

En la Figura 9 se observa que panelistas como BR, KD y SY otorgaron las puntuaciones más altas al producto C, mientras que JC y IG se mantuvieron con intensidades moderadas, pero en todos los casos se aprecia un patrón ascendente de A a C. La línea promedio demuestra que algunos panelistas se alejan más de esta tendencia, lo que sugiere la necesidad de reforzar su calibración. En particular, BR y SY asignaron intensidades más altas que el promedio en los productos B y C, mientras que IG y JC otorgaron valores más bajos en A y B respecto a la tendencia general. Esto representa áreas de mejora para afinar la percepción sensorial del panel y garantizar una mayor consistencia en futuras evaluaciones.

Desde una perspectiva química, a nota metálica en productos lácteos en polvo se asocia principalmente con reacciones de oxidación lipídica. Durante el almacenamiento, los ácidos grasos insaturados sufren auto-oxidación o fotooxidación, generando hidroperóxidos que se descomponen en compuestos secundarios como aldehídos y cetonas. Estos volátiles incluyen hexanal, heptanal, 2-nonano y 1-octen-3-ona, los cuales están directamente relacionados con descriptores sensoriales de tipo metálico, rancio y cartón (Clarke et al., 2021).

Esta nota está catalogada como un defecto asociado con una menor aceptabilidad del consumidor, dado que el sabor metálico, junto con la astringencia y el retrogusto oxidado, contribuyen negativamente a la preferencia por leches en polvo y fórmulas infantiles (Xi et al., 2023). En este sentido, la capacidad del panel para discriminar con claridad este atributo respalda la validez del entrenamiento y demuestra que los jueces lograron identificar un defecto crítico directamente vinculado con la estabilidad oxidativa de los productos analizados.

H. Evaluación del perfil de sabor en productos lácteos en polvo

Cuadro 14. Determinación del análisis estadístico ANOVA para validar el entrenamiento de los cinco atributos de sabor en lácteos en polvo

Atributo evaluado	Valor $p \leq 0.05$	Conclusión
Dulce	0.729	Se acepta H_0
Salado	0.0838	Se acepta H_0
Ácido	0.0269	Se rechaza H_0
Cartón	0.669	Se acepta H_0
Metálico	0.000201	Se rechaza H_0

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos en el análisis estadístico ANOVA permiten valorar la efectividad del entrenamiento sensorial en los cinco atributos de sabor definidos para los lácteos en polvo. Se observa en el Cuadro 14 que los valores de significancia indicaron que en los atributos dulce ($p = 0.729$), salado ($p = 0.0838$) y cartón ($p = 0.669$) no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las evaluaciones realizadas por el panel, lo que significa que existió homogeneidad en las respuestas y, por tanto, un adecuado grado de calibración de los jueces.

Este hallazgo es positivo, ya que refleja que los panelistas fueron consistentes en la clasificación de la intensidad de dichos descriptores a lo largo de las diferentes muestras, lo cual es un indicador de que el entrenamiento realizado en estos atributos fue exitoso. Los descriptores básicos y familiares para los consumidores suelen presentar mayor reproducibilidad tras un proceso de capacitación sensorial, ya que la memoria gustativa y la experiencia cotidiana facilitan la identificación de estímulos como el dulce o el salado (Stone & Sidel, 2004; Lawless & Heymann, 2010).

Por otro lado, los resultados para los atributos ácido ($p = 0.0269$) y metálico ($p = 0.000201$) mostraron diferencias estadísticamente significativas, lo cual indica que no existió uniformidad total en las respuestas del panel para estas categorías. En el caso del ácido, la variabilidad observada puede explicarse por la sensibilidad individual hacia los compuestos de carácter ácido presentes en los lácteos en polvo, principalmente derivados del ácido láctico.

Esta percepción depende en gran medida de la fisiología gustativa y de las experiencias previas de cada juez, lo que explica la dispersión de los resultados. En el caso del metálico, se trata de un descriptor de mayor complejidad, ya que su percepción está asociada a la presencia de trazas de minerales como hierro y cobre o a la oxidación de lípidos, condiciones poco frecuentes en la dieta habitual de los jueces.

Los atributos de baja familiaridad o más abstractos tienden a requerir un mayor número de sesiones de refuerzo y estandarización, dado que el consenso entre panelistas se alcanza con mayor dificultad en este tipo de estímulos (Murray, Delahunty, & Baxter, 2001). La necesidad de reforzar estos atributos se alinea con lo observado durante el entrenamiento, donde fue requerida una sesión adicional para el descriptor ácido con el fin de lograr una mejor calibración y reproducibilidad.

Cuadro 15. Determinación de los promedios de las muestras de lácteos en polvo evaluadas para el atributo dulce

Muestra de lácteo en polvo evaluado	Promedio de intensidad	Grupo
Leche entera	0.90	a
Leche descremada	1.05	a
Mezcla de lactosuero, leche descremada con grasa vegetal y leche entera	1.25	a

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de promedios por atributo permite profundizar en estas observaciones. En el caso del dulce, los resultados mostraron valores bajos y homogéneos en las tres muestras evaluadas, con promedios comprendidos entre 0.90 y 1.25. Los grupos estadísticos fueron equivalentes, lo cual confirma que no existieron diferencias significativas y que los panelistas lograron evaluar de manera consistente este atributo. Este hallazgo es coherente con la naturaleza de los productos, ya que el dulzor en lácteos en polvo está dado principalmente por la lactosa, cuyo nivel no difiere sustancialmente entre las formulaciones analizadas.

Cuadro 16. Determinación de los promedios de las muestras de lácteos en polvo evaluadas para el atributo salado

Muestra de lácteo en polvo evaluado	Promedio de intensidad	Grupo
Leche entera	1.50	a
Leche descremada	2.50	a
Mezcla de lactosuero, leche descremada con grasa vegetal y leche entera	3.15	a

Fuente: Elaboración propia.

En el atributo salado, los promedios oscilaron entre 1.50 para la leche entera y 3.15 para la mezcla de lactosuero con leche descremada y grasa vegetal. Aunque se observó una tendencia numérica hacia una mayor intensidad salada en la mezcla de lactosuero, leche descremada con grasa vegetal y leche entera, estadísticamente las diferencias no resultaron significativas, por lo que todas las muestras fueron clasificadas en un mismo grupo. Este resultado sugiere que el panel percibió cierta variación en el contenido mineral de las formulaciones, pero la diferencia no fue lo suficientemente marcada como para evidenciarse en el análisis estadístico. Se puede indicar que esto tiende a suceder en matrices donde la concentración salina es relativamente baja y la percepción gustativa se encuentra cerca del umbral de detección.

Cuadro 17. Determinación de los promedios de las muestras de lácteos en polvo evaluadas para el atributo ácido

Muestra de lácteo en polvo evaluado	Promedio de intensidad	Grupo
Leche entera	0.60	b
Leche descremada	1.80	ab
Mezcla de lactosuero, leche descremada con grasa vegetal y leche entera	2.85	a

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto al atributo ácido, se presentaron diferencias claras entre las muestras. La leche entera mostró el valor más bajo con 0.60, mientras que la mezcla alcanzó un promedio de 2.85 y la leche descremada se ubicó en un valor intermedio de 1.80. El hecho de que los grupos estadísticos se distribuyeran en categorías distintas evidencia que los panelistas lograron discriminar entre los niveles de acidez, lo que valida la sensibilidad del panel en este descriptor. Sin embargo, esta misma variabilidad explica por qué el análisis ANOVA detectó diferencias significativas entre los panelistas, ya que la calibración no fue completamente uniforme. Por ende, fue necesario tener una sesión adicional de refuerzo para consolidar este descriptor en el entrenamiento.

Cuadro 18. Determinación de los promedios de las muestras de lácteos en polvo evaluadas para el atributo cartón

Muestra de lácteo en polvo evaluado	Promedio de intensidad	Grupo
Leche entera	0.85	a
Leche descremada	1.20	a
Mezcla de lactosuero, leche descremada con grasa vegetal y leche entera	0.75	a

Fuente: Elaboración propia.

Respecto al atributo cartón, los promedios se mantuvieron en un rango bajo, entre 0.75 y 1.20, y no se observaron diferencias significativas entre las muestras. El descriptor cartón está asociado principalmente a notas de oxidación y rancidez que suelen manifestarse en condiciones de almacenamiento prolongado o inadecuado, lo cual no fue el caso en este estudio. La homogeneidad en las respuestas sugiere que, aunque el estímulo fue poco evidente, los panelistas comprendieron adecuadamente el descriptor y fueron consistentes en su evaluación.

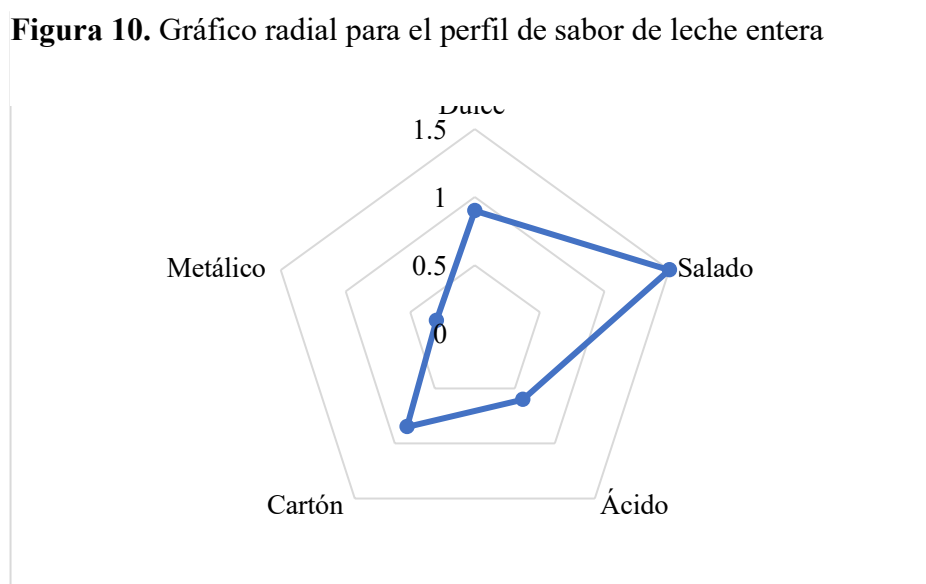
Cuadro 19. Determinación de los promedios de las muestras de lácteos en polvo evaluadas para el atributo metálico

Muestra de lácteo el polvo evaluado	Promedio de intensidad	Grupo
Leche entera	0.30	b
Leche descremada	2.35	a
Mezcla de lactosuero, leche descremada con grasa vegetal y leche entera	0.30	b

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, el atributo metálico presentó un patrón distintivo. La leche descremada obtuvo el mayor valor con 2.35, mientras que la leche entera y la mezcla se ubicaron en 0.30, generando una diferencia estadísticamente significativa. Este hallazgo confirma que el panel fue capaz de identificar la presencia del descriptor metálico en una de las muestras, lo cual valida la efectividad del entrenamiento para detectar diferencias. Sin embargo, la falta de homogeneidad entre panelistas y la marcada variabilidad en la percepción justifican la consideración de este atributo como uno de los más complejos dentro del conjunto evaluado.

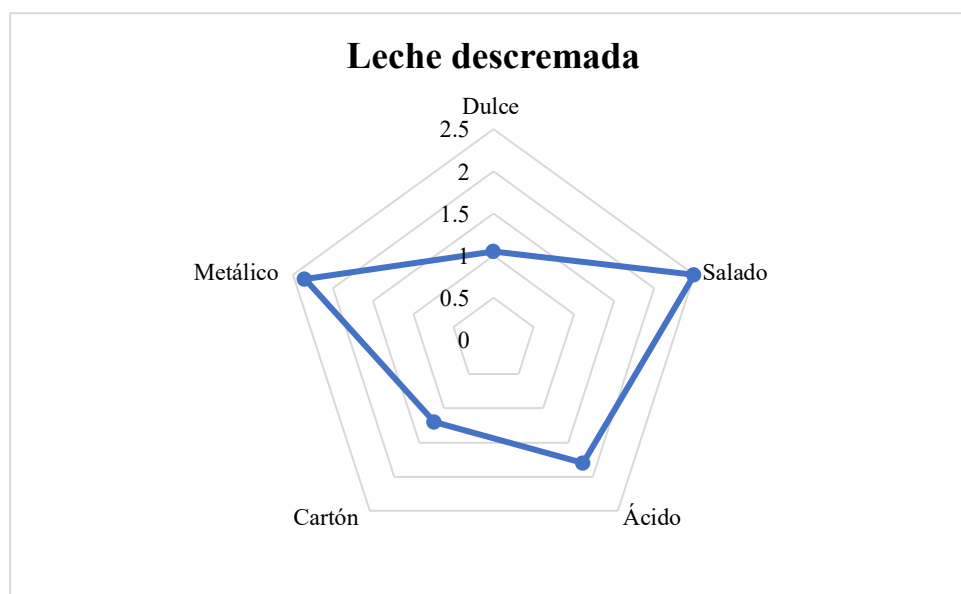
Figura 10. Gráfico radial para el perfil de sabor de leche entera



En la Figura 10 correspondiente al gráfico radial de la leche entera, se observa un perfil sensorial dominado por el atributo salado, con una intensidad percibida cercana a 1.5, mientras que el resto de los descriptores permanecen en niveles más bajos. El dulzor aparece en segundo lugar con una intensidad aproximada de 1.0, lo cual es coherente con la presencia natural de lactosa en la matriz láctea, aunque en niveles moderados. Los atributos ácido, cartón y metálico muestran intensidades mínimas, casi nulas, lo que indica que no constituyen descriptores dominantes en este producto.

Este resultado es congruente con las características esperadas de la leche entera en polvo, que por su composición presenta una percepción gustativa más balanceada y menos marcada en notas defectuosas. El perfil obtenido valida la capacidad del panel para identificar y cuantificar diferencias relativas de intensidad en un producto cuya complejidad sensorial es baja, destacando principalmente el aporte mineral y lácteo del descriptor salado.

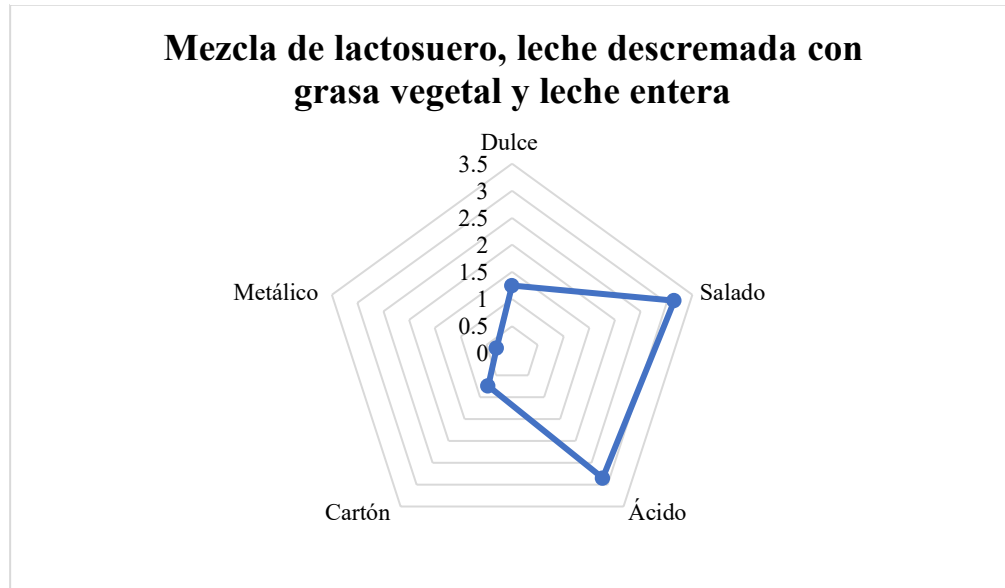
Figura 11. Gráfico radial para el perfil de sabor de leche descremada



En la Figura 11 correspondiente a la leche descremada, el gráfico radial muestra un perfil más amplio y complejo que en la leche entera, evidenciando diferencias importantes. El atributo salado vuelve a ser predominante, con un valor cercano a 2.5, seguido por una notable presencia del descriptor metálico, que alcanzó intensidades de aproximadamente 2.35. Este hallazgo es relevante, ya que posiciona a la leche descremada como la única muestra con un perfil claramente diferenciado en el atributo metálico.

El dulzor se mantiene en niveles bajos (alrededor de 1.0), similar a lo observado en la leche entera, mientras que el ácido alcanza una intensidad de 1.8, lo que refleja una mayor percepción de acidez en comparación con la leche entera. El descriptor cartón aparece en un nivel intermedio, cercano a 1.2. En conjunto, este perfil evidencia que la eliminación de la grasa en la leche descremada potencia la percepción de sabores secundarios como el ácido y el metálico, probablemente por la menor interferencia de la fracción lipídica en la liberación de compuestos responsables de dichos atributos. Este comportamiento es consistente con que productos reducidos en grasa tienden a tener una mayor intensidad en las notas ácidas y metálicas (Meilgaard, Civille, & Carr, 2016).

Figura 12. Gráfico radial para el perfil de sabor de mezcla de lactosuero, leche descremada con grasa vegetal y leche entera



En la Figura 12 correspondiente a la mezcla de lactosuero, leche descremada con grasa vegetal y leche entera, el perfil sensorial evidencia un dominio de los atributos salado y ácido, con intensidades cercanas a 3.15 y 2.85 respectivamente. Estos dos descriptores se posicionan como las notas dominantes del producto, mientras que los atributos dulce, metálico y cartón permanecen en niveles bajos (≤ 1.0). Este patrón refleja la naturaleza composicional de la mezcla, que al incorporar lactosuero y grasa vegetal intensifica la percepción salada y ácida, reduciendo al mismo tiempo la presencia de sabores dulces o notas indeseadas como metálico y cartón (Schiano, Harwood, & Drake, 2017).

Entre los tres productos evaluados por el panel, este presentó el perfil sensorial más marcado, lo que evidencia que los panelistas lograron identificar de manera clara las diferencias en la intensidad de los atributos, confirmando así la efectividad del entrenamiento. La fuerte presencia de los descriptores salado y ácido refleja que el panel consolidó adecuadamente la memoria sensorial para estos sabores. Sin embargo, en el caso del ácido, la variabilidad estadística encontrada señala la necesidad de continuar con sesiones de refuerzo para alcanzar una mayor uniformidad en las evaluaciones.

En conclusión, el programa de entrenamiento sensorial logró conformar un panel con capacidad discriminativa y niveles adecuados de reproducibilidad para la mayoría de los atributos evaluados. La ausencia de interacción producto-panelista en dulce y salado, así como la consistencia observada en cartón, evidencian alineación en la tendencia de clasificación y uso coherente de las escalas, mientras que el avance registrado en ácido tras la sesión adicional confirma que la calibración dirigida corrige desajustes y mejora la concordancia entre panelistas. El desempeño del panel en el atributo metálico mostró diferencias entre productos y una variabilidad entre panelistas aún perceptible, lo que es

esperable para un descriptor complejo. Sin embargo, la detección consistente de la tendencia ascendente valida la funcionalidad del panel para identificar desviaciones relevantes.

Por lo tanto, los resultados respaldan que el panel entrenado cuenta con las habilidades necesarias para apoyar la evaluación sensorial durante la liberación de producto y para detectar oportunamente posibles defectos que puedan afectar la calidad. Se sugiere continuar con sesiones de calibración, especialmente enfocadas en los atributos ácido y metálico, con el fin de seguir fortaleciendo la uniformidad entre panelistas. Además, se recomienda mantener el uso de materiales de referencia y escalas ancladas que sirvan como guía sensorial común, así como implementar controles de desempeño periódicos que permitan verificar la precisión y consistencia de las evaluaciones. Estas acciones contribuirán a conservar la confiabilidad del panel a lo largo del tiempo y a consolidarlo como una herramienta clave para el control sensorial de la calidad y la mejora continua de los productos lácteos en polvo.

VIII. Conclusiones

1. El programa de entrenamiento sensorial desarrollado permitió evaluar de forma sistemática los atributos dulce, salado, ácido, cartón y metálico en productos lácteos en polvo. El panel alcanzó niveles adecuados de precisión y reproducibilidad, demostrando su idoneidad para el control sensorial de calidad.
2. Se definieron cinco atributos sensoriales críticos mediante un léxico consensuado con descriptores, escalas y materiales de referencia. Su selección combinó notas características y defectos relevantes, permitiendo identificar tanto la calidad esperada como posibles desviaciones en los productos evaluados.
3. La capacitación y calibración de once panelistas mediante las metodologías QDA y Spectrum permitió alinear percepciones y reducir sesgos individuales. El proceso de entrenamiento fortaleció la consistencia grupal y la capacidad del panel para clasificar de forma coherente las intensidades de los atributos, especialmente en los descriptores dulce, salado y ácido tras sesiones de refuerzo.
4. La validación estadística confirmó la capacidad discriminativa y la reproducibilidad del panel al evaluar distintas muestras de productos lácteos en polvo. Los análisis demostraron una respuesta homogénea en los atributos básicos y una sensibilidad adecuada para detectar diferencias significativas en descriptores complejos como el metálico, respaldando la confiabilidad del panel entrenado.

IX. Recomendaciones

1. Incorporar desde el inicio del entrenamiento una sesión de reconocimiento y caracterización del portafolio de productos, con el fin de que los panelistas se familiaricen plenamente con las características sensoriales de las muestras a evaluar. Este paso contribuye a reducir confusiones iniciales y mejora la precisión en el uso de las escalas.
2. Se recomienda ampliar el léxico sensorial incorporando nuevos atributos que complementen los actuales, con el fin de obtener perfiles más completos y precisos que fortalezcan la caracterización y el control de calidad de los productos lácteos en polvo.
3. Establecer materiales de referencia estandarizados para descriptores menos familiares, como cartón y metálico, utilizando compuestos específicos o muestras controladas de oxidación. De esta manera se fortalece la memoria sensorial y se minimiza la dispersión en las calificaciones de los jueces.
4. Asegurar que las muestras lleguen a temperatura ambiente antes de la evaluación, ya que al ser preparadas con hasta 24 horas de antelación pueden permanecer frías y modificar la percepción sensorial, especialmente en atributos de sabor y aroma. Mantener la temperatura controlada durante el análisis es esencial para evitar sesgos en los resultados.
5. Utilizar compuestos o soluciones de referencia que no alteren la coloración de la leche, evitando que los jueces asocien de manera inconsciente la intensidad del color con la del sabor. La neutralidad visual de las muestras y referencias garantiza que las evaluaciones se centren únicamente en la dimensión gustativa.
6. Incluir en futuras investigaciones productos sometidos a almacenamiento prolongado o inadecuado que no comprometan la inocuidad del producto, lo que permitirá reforzar la capacidad del panel para detectar defectos asociados a oxidación y deterioro, incrementando la aplicabilidad del entrenamiento en escenarios industriales reales.

X. Bibliografía

- AIMPLAS. (2020). *La importancia del control sensorial en el envase alimentario*. Obtenido de Aniversario AIMPLAS: <https://www.aimplas.es/blog/la-importancia-del-control-sensorial-en-el-envase-alimentario/>
- Barton, A., Hayward, L., Richardson, C., & McSweeney, M. (2020). Use of different panellists (experienced, trained, consumers and experts) and the projective mapping task to evaluate white wine. *Food Quality and Preference*.
- Celis, I. (2019). *Fundamentos y metodologías básicas de evaluación sensorial, en el entrenamiento de un panel sensorial (caso práctico: cerveza artesanal)*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Cheng, Z., Mannion, D., O'Sullivan, M., Miao, S., Kerry, J., & Kilcawley, K. (2022). The impact of pasture and non-pasture diets on the sensory and volatile properties of whole milk powder. *Journal of Dairy Research*, 302-315.
- Cheng, Z., O'Sullivan, M. S., Kerry, J., & Kilcawley, K. (2022). Sensorial, cultural and volatile properties of milk, dairy powders, yoghurt and butter: A review. *International Journal of Dairy Technology*, 761-790.
- Clarke, H., Griffin, C., Hennessy, D., O'Callaghan, T., O'Sullivan, & Kerry, J. (2021). Effect of bovine feeding system (pasture or concentrate) on the oxidative . *Journal of Dairy Science*, 10654-10668.
- Clarke, H., McCarthy, W., O'Sullivan, M., Kerry, J., & Kilcawley, K. (2021). Oxidative quality of dairy powders: Influencing factors and analysis. *Foods*, 10(2315), 1-26. doi:<https://doi.org/10.3390/foods10102315>
- Cluskey, S., Connolly, J., Devery, B., Kelly, D., & Stanton, C. (2006). Lipid and Cholesterol Oxidation in Whole Milk Powder during Processing and Storage. *Journal of Food Science*, 331-337.
- Condurso, C., Cincotta, F., Merlino, M., Stanton, C., & Verzera. (2020). Stability of powdered infant formula during secondary shelf-life and domestic practices. *International Dairy Journal*.
- Drake, M., Watson, M., & Liu, Y. (2023). Sensory analysis and consumer preference: Best practices. *Annual Review of Food Science and Technology*, 427-448. doi:<https://doi.org/10.1146/annurev-food-060721-023619>
- Drake, Y., Karagul-Yuceer, K., Cadwallader, G., & Civille, P. (2003). Determination of the sensory attributes of dried milk powders and dairy ingredients. *Journal of Sensory Studies*, 199-216.
- Flores, N. (2015). *Entrenamiento de un Panel de Evaluación Sensorial, para el Departamento de Nutrición de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile*. Universidad de Chile.

- Hong, C., Erichsen, H., Soerensen, J., Petersen, M., & Skibsted, L. (2017). High temperature storage of infant formula milk powder for prediction of storage stability at ambient conditions. *International Dairy Journal* , 166-174.
- Huanchi, R. (2013). *Determinación de la permeabilidad en empaques plásticos*. Iquitos: Universidad Nacional de la Amazonia Peruana.
- Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. (2020). *Análisis Sensorial para control de calidad de los alimentos*. INCAP.
- International Organization for Estandarization . (2015). *Sensory analysis — Assessment (determination and verification) of the shelf life of foodstuffs*. International Organization for Estandarization .
- International Organization for Standardization . (2023). *ISO 8586:2023 Sensory analysis - Selection and training of sensory assessors*. ISO.
- International Organization for Standarization. (2007). *Sensory analysis — General guidance for the design of test rooms*. International Organization for Standarization.
- International Organization for Standarization. (2016). *ISO 13299:2016 Sensory analysis — Methodology — General guidance for establishing a sensory profile*. International Organization for Standarization.
- International Organization fos Estandarization . (2021). *Sensory analysis — Methodology — Guidelines for the measurement of the performance of a quantitative descriptive sensory panel*. International Organization fos Estandarization .
- Johnson, M. (2025). *Quantitative Descriptive Analysis (QDA®)*. Obtenido de Society of Sensory Professionals: <https://www.sensorysociety.org/knowledge/sspwiki/Pages/Quantitative%20Descriptive%20Analysis.aspx>
- Kumar, P. (2024). *Importance and Applications of Sensory Evaluation in Dairy Products*. Obtenido de Agriculture Institute: <https://agriculture.institute/quality-assurance/importance-applications-sensory-evaluation-dairy-products/>
- Lawless, H., & Heymann, H. (2010). *Sensory evaluation of food*. Springer Science+Business Media. doi:<https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6488-5>
- Lawless, H., & Heymann, H. (2010). *Sensory evaluation of food: Principles and practices*. Springer.
- Meilgaard, M., Civille, G., & Carr, B. (2007). *Sensory Evaluation Techniques*. Boca Raton: CRC Press.
- Mejía, M. (2019). *Desarrollo de una metodología para el entrenamiento de un grupo de jueces y propuesta para el uso de herramientas de análisis sensorial en la escuela*

de Ingeniería de Alimentos de la Universidad del Azuay. Ecuador: Universidad del Azuay.

- Mihafu, F., Issa, J., & Kamiyango, M. (2020). Implication of Sensory Evaluation and Quality Assessment. *Current Research in Nutrition and Food Science*, 8(3), 690-702.
- Milk-ED. (2022). *Evaluación Sensorial de productos lácteos*. Modern and Innovative Online Based Know How On European Dairy Processing.
- Ministerio de Economía. (2023). *Guía sectorial de productos lácteos*. Programa Nacional de competitividad de Guatemala.
- Murray, J., Delahunty, C., & Baxter, I. (2001). Descriptive sensory analysis: Past, present and future. *Food Research International*.
- Norris, M. (2019). *Mantener la luz fuera del empaque de lácteos*. Obtenido de PMMI Media Group: <https://www.mundoexpopack.com/procesamiento/seguridad-alimentaria/article/21103707/mantener-la-luz-fuera-del-empaque-de-lacteos#:~:text=La%20tecnolog%C3%ADa%20de%20protecci%C3%B3n%20contra%20la%20luz%20de,eviten%20que%20la%20luz%20da%C3%B1e%20sus%20product>
- Ramírez, J., & Onofre, E. (2020). Aplicación de una prueba triangular en muestras de alimentos. *Boletín Científico de las Ciencias Económico Administrativas del ICEA*, 15-17.
- Renán, J., & Luz, C. (2023). *Manual de Selección y Entrenamiento de Jueces Sensoriales*. Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá.
- Schiano, A., Harwood, W., & Drake, M. (2017). A 100-Year Review: Sensory analysis of milk. *Journal of Dairy Science*, 9966-9986.
- Shah, K., Salunke, P., & Metzger, L. (2022). Effect of Storage of Skim Milk Powder, Nonfat Dry Milk and. *Dairy*, 565-576. doi:<https://doi.org/10.3390/dairy3030040>
- Wolf, I., Bergamini, C., Perotti, M., & Hynes, E. (2013). Sensory and Flavor Characteristics. *Milk and Dairy Products in Human Nutrition: Production, Composition and Health*, 310-337.
- Xi, Y., Zhao, T., Liu, R., Deng, J., & Ai, N. (2023). Assessing Sensory Attributes and Properties of Infant Formula Milk Powder Driving Consumers' Preference. *Foods*.

XI. Anexos

Anexo 1. Consentimiento informado para los participantes del panel entrenado

Desarrollo de un programa de entrenamiento sensorial para la evaluación de cinco atributos de sabor en productos lácteos en polvo

Recomendaciones para los participantes:

- Tener disponibilidad en el horario asignado: **miércoles y jueves de 6:10 a 7:00 a.m.**
- Llegar **10 minutos antes** del inicio de cada sesión.
- **Asistir al 100%** de las sesiones de entrenamiento.
- **Seguir todas las instrucciones** proporcionadas por el líder del panel.
- No utilizar **cremas o lociones con fragancia** el día de la sesión.
- Evitar consumir alimentos al menos **una hora antes** del panel. Sin embargo, **no asistir con hambre**. Se recomienda una refacción ligera aproximadamente una hora antes de la sesión.

Compromiso del participante:

Yo, _____, he leído y comprendido las recomendaciones previamente establecidas, y me **comprometo a cumplir con todos los puntos mencionados** durante mi participación en el panel sensorial.

Si desea participar de forma voluntaria, por favor complete la siguiente información:

- **Fecha:** _____
- **DPI:** _____
- **Firma:** _____

Desarrollo de un programa de entrenamiento sensorial para la evaluación de cinco atributos de sabor en productos lácteos en polvo

SESIÓN INFORMATIVA

Ana Luisa Pérez Alvarado
Carné 21518



Objetivos

► Análisis sensorial

Comprender la importancia del análisis sensorial y el entrenamiento de un panel sensorial en la industria de alimentos.

► Clasificación

Conocer las diferentes pruebas sensoriales.

► Análisis descriptivo

Entender qué es el análisis descriptivo y su importancia en el entrenamiento de un panel sensorial.



¿Qué es el Análisis sensorial de Alimentos?

Ciencia multidisciplinaria en la que se utilizan panelistas humanos que usan los sentidos para medir las características sensoriales y la aceptabilidad de los productos alimenticios.



Evaluación sensorial

¿En qué consiste?

Mide las propiedades sensoriales y determina la importancia de estas para poder predecir la aceptabilidad del consumidor hacia el producto.

Campos de aplicación

1. **Evaluación de la aceptabilidad**
 - a. Investigación de opinión de los consumidores.
2. **Análisis de la calidad sensorial**
 - a. Diferencias perceptibles entre atributos
 - b. Magnitud de las diferencias entre atributos
3. **Control de calidad**
 - a. Métodos sensoriales
 - b. Selección de métodos químicos o instrumentales aplicables al control rutinario



Calidad sensorial

Sensación humada provocada por determinados estímulos procedentes del alimento.

✓ Intensidad del estímulo

Condiciones psicológicas ✓

✓ Condiciones fisiológicas

Condiciones sociológicas ✓

Pruebas sensoriales



Orientadas al consumidor

Información sobre gustos y aversiones, preferencias y requisitos de aceptabilidad:

- Métodos adaptados a las necesidades del consumidor
- Evaluaciones sensoriales con panelistas no entrenados



Orientadas al producto

Información sobre las características sensoriales específicas de un alimento:

- Pruebas orientadas al producto
- Identificación y medición de las propiedades sensoriales es factor esencial.
- Panelistas entrenados

Atributos percibidos a través del gusto

▶ Gusto

Sensación percibida a través del sentido del gusto. Se localiza en la lengua y cavidad bucal.

▶ Sabor

Sensación percibida a través del olfato, gusto, receptores de presión, termorreceptores y dolor.



Pruebas para evaluación sensorial

Pruebas discriminatorias

Permiten establecer si existen diferencias entre dos o más muestras; no indican la magnitud ni el sentido de la diferencia, sólo si existe. Consisten en comparar dos muestras, A y B, y decir si son o no diferentes.

Tipos

- Comparación pareada
- Dúo-trío
- Triangular



Comparación pareada

Se presentan dos muestras y se pregunta si hay diferencia entre ellas. Es normal presentar de 2 a 4 pares por sesión. Es simple de preparar y realizar: consume poca muestra. La probabilidad de acertar por azar es muy elevada $1/2$ (50%).

Por favor: Observe atentamente cada par de muestras y señale si hay diferencia entre las muestras que lo integran.

Par	Hay(1)	No hay(1)
-----	--------	-----------

A

B

Dúo - trío

Se presentan tres muestras, una de ellas como referencia, y se pregunta cuál de las otras dos es igual a ella. La probabilidad de emitir un juicio correcto por azar es de $1/2$ (50%).

Nombre: _____ Fecha: _____

Hora: _____

Saborée con atención la muestra de referencia, a continuación, pruebe las otras dos muestras de cada grupo e indique el código de la que es igual a la referencia.

Grupo	Código	Muestra igual a R
-------	--------	-------------------

1

2

3

Prueba triangular

Se presentan al juez tres muestras y se le informa que dos de ellas son iguales. Se pide la identificación de la muestra distinta. La probabilidad de acertar por azar queda reducida a 1/3 (33%).

Nombre: _____ Fecha: _____
Hora: _____

Por favor, indique qué muestra de cada triada es diferente.

Triada	Códigos	Código muestra distinta
1	-- -- --	--
2	-- -- --	--
3	-- -- --	--

Pruebas para evaluación sensorial

Pruebas discriminatorias descriptivas

Permiten establecer la existencia o no de diferencias entre dos o más muestras y el sentido o magnitud de la misma. Indican en qué difieren y/o cuál es la magnitud de la diferencia para mantenerla o modificarla. Se realizan por jueces seleccionados y entrenados.

Tipos

- Pruebas para determinar exclusivamente, el sentido o dirección de la diferencia.
- Pruebas para describir y/o cuantificar la diferencia entre muestras respecto a uno o más parámetros de forma individual.
- Pruebas que describen las muestras según sus características específicas y permiten la comparación simultánea de las magnitudes de todas ellas.



Comparación pareada

Se aplica cuando se comparan dos muestras. Tiene un planteamiento y realización similar a la discriminatoria. Después de presentar al juez las dos muestras, se le pide que indique cuál de ellas tiene determinado atributo o parámetro en mayor magnitud. Las muestras deben ser idénticas entre sí, excepto por el atributo que se analiza.

Nombre Fecha:
Hora:
Por favor: Pruebe cada par de muestras e indique con una (x), ¿cuál de las dos es más dulce?.

Par	M A(1)	M B(1)
A		
B		
C		

Ordenación

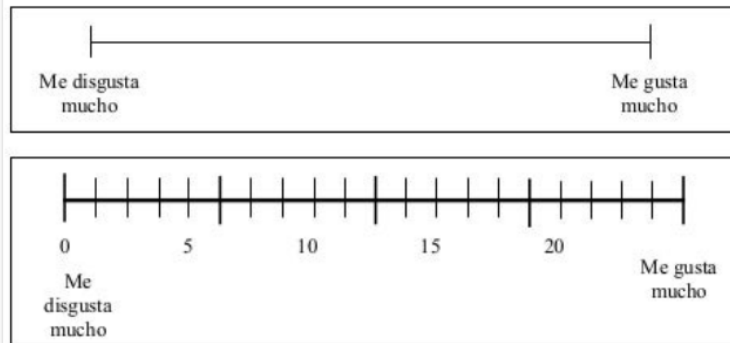
Se aplica cuando se comparan más de dos muestras. Se presenta a cada juez, un grupo de muestras para que éste las ordene según la intensidad de un atributo o parámetro. Se pueden evaluar normalmente un promedio de seis. Es rápida, fácil y cómoda de realizar. El análisis de los resultados tienen una interpretación estadística sencilla.

Por favor: Pruebe cada una de las muestras de galletas y ordénelas en orden descendente, según el grado de rancidez de cada una de ellas..

No. de orden	Muestra
1	_____
2	_____
3	_____
4	

Escalas

La descripción y/o cuantificación de las diferencias entre muestras, respecto a uno o más parámetros, se realiza con escalas. Las escalas pueden ser estructuradas o no estructuradas.



Etapas de implementación



Objetivos

Desarrollar un sistema que mida, controle y proporcione información sobre las propiedades sensoriales de los productos, asegurando su consistencia, evitando variaciones detectables por el consumidor, previniendo la fabricación de productos de mala calidad.



Identificación de recursos

Tiempo, personas, lugar físico.



Instalaciones

- Libre de aromas, ruido e interrupciones.
- Iluminado, acceso adecuado
- Confortable
- Contar con sala de evaluación, laboratorio para preparar muestras, sala de reunión de evaluadores.

Etapas de implementación



Responsable del programa

Diseñar, implementar, seleccionar y entrenar, supervisar ejecución, analizar estadísticamente los datos y preparar informes de resultados.



Selección y entrenamiento de jueces

Acorde a las etapas para la implementación del programa para control de calidad.



Implementación del programa

- Corto plazo (6 meses)
- Mediano plazo (1 año)
- Largo plazo (3 años)

Etapas de implementación



Métodos de prueba



Establecimiento de parámetros para evaluar

Criterio de selección de jueces



Según Jellinek:

- Gustos básicos 100%
- Umbrales 80%
- Olores 80%
- Aromas 70%
- Comparación pareada 70%
- Triangular (mínimo 20) 70%
- Ranking gustos básicos 60%
- Ranking color 90%
- Ranking tacto (Tilgner) 80%

Según ASTM:

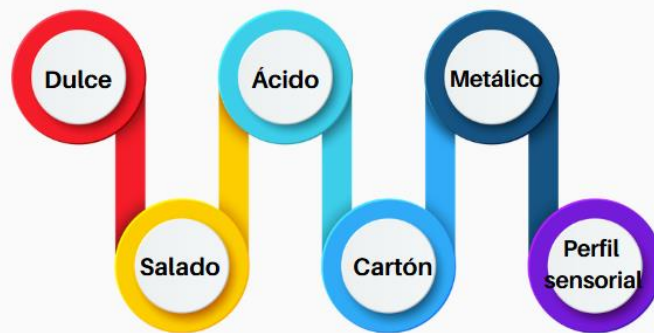
- Gustos básicos (Caul) 100%
- Series de olores 70% T
- est triangular (20 tríos) 80%

Requisitos

- Interés y motivación
- Gustos y preferencias
- Aptitudes: capacidad de concentración
- Buena salud
- Habilidad para comunicarse
- Disponibilidad
- Características personales: puntualidad, confiabilidad y honestidad
- Hábitos
- Edad
- Estudios
- Experiencia en evaluación sensorial



Estructura del entrenamiento



3 sesiones por atributo



GRACIAS

Anexo 3. Hoja de planificación para la sesión 1 del atributo dulce

Sesión 1: Dulce

Objetivo general: Familiarizar a los panelistas con el sabor básico dulce mediante soluciones de diferentes concentraciones de sacarosa.

1. Nombre de la sesión

Identificación de atributo dulce

2. Competencia a desarrollar

Desarrollar la habilidad para identificar y describir el atributo dulce en diferentes concentraciones

3. Objetivos de la sesión

- Presentar el perfil sensorial del atributo dulce.
- Comprender su relevancia en la evaluación de productos lácteos en polvo.
- Asociar el atributo con referencias sensoriales naturales y soluciones estandarizadas.

4. Materiales necesarios

- Soluciones de sacarosa al 2%, 5%, 10% y 16%

Solución de sacarosa en agua	Intensidad del atributo en la escala	Significado
NA	0	No existente
2%	2	Apenas detectable
5%	5	Moderado
10%	10	Fuerte
16%	15	Extremo

- Miel de abeja (código 430)
- Azúcar morena (10%) (código 840)
- Panela (10%) (código 114)
- Leche entera
- Leche descremada
- Leche para niños 1+
- Vasos plásticos (2 oz y 10 oz)
- Etiquetadora/marcador permanente
- Premios (chocolates o snacks)
- Escala Spectrum modificada (0–15)

5. Método de evaluación

Degustación guiada con identificación de intensidad del sabor según la escala Spectrum modificada.

6. Actividades de entrenamiento

- **Bienvenida y explicación del objetivo de la sesión:** Breve charla introductoria sobre qué es el atributo dulce y su relevancia en productos lácteos en polvo.
- **Entrega del material y presentación de la escala Spectrum:** Se reparten hojas con la escala (0: no existe, 15: extremo). Se discute colectivamente su uso.
- **Degustación guiada de las soluciones de sacarosa (2%, 5%, 10%, 16%):** Se presentan las muestras en orden creciente de concentración. Cada panelista anota su percepción en la escala.
- **Evaluación de referencias naturales:** Degustación de miel, azúcar morena, leche entera y jarabe de maíz. Discusión sobre diferencias de perfil y dulzor.
- **Discusión grupal:** Se contrastan percepciones. ¿Qué referencia fue más dulce? ¿Cómo se compara con la sacarosa?
- Entrega de premio

7. Registro de resultados

Proveer una tabla o formato para que los panelistas registren sus resultados y observaciones.

Incluir una sección donde se registren las reflexiones sobre la competencia que se ha trabajado.

8. Discusión final

Reflexión grupal sobre el desarrollo de la competencia objetivo. Discusión sobre los desafíos encontrados y las mejoras observadas en las percepciones.

9. Evaluación de la sesión

Espacio para que los panelistas den retroalimentación sobre la sesión y sugieran posibles ajustes para futuras sesiones.

Anexo 4. Boleta de respuestas sesión de familiarización con referencias sensoriales del atributo dulce

Evaluación de referencias sensoriales al atributo dulce

Nombre: _____

No. Panelista: _____

Fecha: _____

Instrucciones: A continuación, se le presentarán 4 muestras codificadas. Antes de iniciar la evaluación, anote el código de cada muestra en las casillas correspondientes bajo el título "Código de muestra". Pruebe las muestras en orden, de izquierda a derecha, asegurándose de enjuagar su boca con abundante agua entre cada una para evitar interferencias en la percepción. Con base en la escala proporcionada al final de la hoja, asigne un valor a cada muestra según la intensidad del atributo percibida.

Código de muestra	Intensidad del atributo dulce

Escala:

Intensidad del atributo en la escala	Interpretación
0	No existente
2	Apenas detectable
5	Moderado
10	Fuerte
15	Extremo

Anexo 5. Hoja maestra de sesión 2 de entrenamiento en el atributo dulce

Hoja Maestra

Sesión 2: Prueba triangular

Tipo de prueba: Triangular

Fecha: 23/04/2025

Producto: Leche entera en polvo reconstituida

Muestra	Código		Descripción de la muestra
A	503	108	Solución láctea con 2% sacarosa (intensidad = 2)
B	700	460	Solución láctea con 5% sacarosa (intensidad = 5)

Panelista		Orden de presentación	Códigos		
1/11	6	AAB	503	108	700
2	7	ABA	503	700	108
3	8	BAA	700	503	108
4	9	BBA	700	460	503
5	10	BAB	700	108	460

Procedimiento:

1. Numere la bandeja según el número asignado al panelista.
2. Tome las muestras A y B (base láctea reconstituida con 2% y 5% sacarosa).
3. Colóquelas en el orden indicado en la tabla, de izquierda a derecha.
4. Incluya en cada bandeja un vaso de agua, lápiz y vaso rojo para expectorar.
5. El panelista debe identificar la muestra diferente entre las tres presentadas.
6. Reciba la hoja con la respuesta y registre si fue correcta o no, según el diseño experimental.

Hoja Maestra

Sesión 2: Prueba de sabor básico dulce utilizando escala *Spectrum* modificada

Tipo de prueba: Prueba de atributos

Fecha: 23/04/2025

Producto: Soluciones lácteas modificadas (leche descremada en polvo)

Muestra	Código		Descripción de la muestra
A	305	710	Solución láctea con 2% sacarosa (intensidad = 2)
B	517	450	Solución láctea con 5% sacarosa (intensidad = 5)
C	892	680	Solución láctea con 10% sacarosa (intensidad = 10)

Panelista	Orden		Códigos					
	SET 1	SET 2	SET 1			SET 2		
1/11	ABC	CAB	305	517	892	680	710	450
2	ACB	BCA	305	892	517	450	680	710
3	BAC	ACB	517	305	680	710	680	450
4	BCA	BAC	517	892	305	450	710	680
5	CAB	ABC	892	305	517	710	450	680
6	CBA	ACB	892	517	305	710	680	450
7	ABC	BAC	305	517	892	450	710	680
8	ACB	BCA	305	892	517	450	680	710
9	BAC	ABC	517	305	892	710	450	680
10	BCA	CBA	517	892	305	680	450	710

Procedimiento:

1. Reconstituya la base láctea elegida según las instrucciones del fabricante (ej. 13 g por 100 mL si es leche en polvo).
2. Añada sacarosa a cada muestra en las concentraciones indicadas: 2%, 5%, 10%.
3. Prepare bandejas identificadas por panelista con los códigos de las muestras.
4. Presente los sets en el orden indicado, junto con vaso de agua pura y lápiz.
5. Los panelistas deben evaluar únicamente el **atributo dulce** usando la escala Spectrum (0 a 15).

Anexo 6. Boletas de respuestas de sesión 2 de entrenamiento en el atributo dulce

Boleta de respuestas

Sesión 2: Prueba triangular

Nombre: _____

No. Panelista: _____

Instrucciones:

A continuación, se le presentan tres muestras, de las cuales dos son iguales y una es diferente. Pruebe en orden de izquierda a derecha, asegurándose de enjuagar su paladar con agua entre cada muestra para evitar interferencias.

Una vez que haya evaluado las tres muestras, indique cuál considera que es diferente escribiendo su código en el recuadro correspondiente.

Indique porqué la muestra es diferente:

Boleta de respuestas

Sesión 2: Prueba de sabor básico dulce

Nombre: _____

No. Panelista: _____

Instrucciones:

Se le presentan 6 muestras para evaluación. Antes de comenzar, anote los códigos de izquierda a derecha en las casillas correspondientes bajo el título “Código de muestra”.

Pruebe las muestras en el orden indicado (de izquierda a derecha). Para evitar interferencias en la percepción del sabor, limpie su paladar entre cada enjuagando su boca con abundante agua.

Con base en la escala ubicada en la parte inferior de esta hoja, asigne un valor a cada muestra según la intensidad del atributo percibido.

Atributo	Código de muestra					
Sabor dulce						

Escala:

Intensidad del atributo en la escala	Significado
0	No existente
2	Apenas detectable
5	Moderado
10	Fuerte
15	Extremo

Anexo 7. Hoja maestra de sesión 3 de entrenamiento en el atributo dulce

Hoja Maestra

Sesión 3: Prueba de sabor básico dulce utilizando escala *Spectrum* modificada

Tipo de prueba: Prueba de atributos

Fecha: 24/04/2025

Producto: Leche descremada; Soluciones lácteas modificadas (mezcla de lactosuero, leche descremada con grasa vegetal)

Test 1:

Muestra	Código	Descripción de la muestra
A	600	Solución láctea con 0% sacarosa (intensidad = 0)
B	124	Solución láctea con 2% sacarosa (intensidad = 2)
C	768	Solución láctea con 5% sacarosa (intensidad = 5)

Panelista	SET 1	SET 1		
	1	ABC	800	304
2	ACB	800	258	304
3	BAC	304	800	258
4	BCA	304	258	800
5	CAB	258	800	304
6	CBA	258	304	800

7	ABC	800	304	258
8	ACB	800	258	304
9	BAC	304	800	258
10	BCA	304	258	800

Test 2:

Muestra	Código		Descripción de la muestra
A	800	545	Solución láctea con 0% sacarosa (intensidad = 0)
B	304	630	Solución láctea con 2% sacarosa (intensidad = 2)
C	258	140	Solución láctea con 5% sacarosa (intensidad = 5)

Panelista	Orden		Códigos					
	SET 1	SET 2	SET 1			SET 2		
1	ABC	CAB	800	304	258	140	545	630
2	ACB	BCA	800	258	304	630	140	545
3	BAC	ACB	304	800	258	545	140	630
4	BCA	BAC	304	258	800	630	545	140
5	CAB	ABC	258	800	304	545	630	140

6	CBA	ACB	258	304	800	545	140	630
7	ABC	BAC	800	304	258	630	545	140
8	ACB	BCA	800	258	304	630	140	545
9	BAC	ABC	304	800	258	545	630	140
10	BCA	CBA	304	258	800	140	630	545

Procedimiento:

1. Reconstituya la base láctea elegida según las instrucciones del fabricante (ej. 13 g por 100 mL si es leche en polvo).
2. Añada sacarosa a cada muestra en las concentraciones indicadas: 0%, 2%, 5%.
3. Prepare bandejas identificadas por panelista con los códigos de las muestras.
4. Presente los sets en el orden indicado, junto con vaso de agua pura y lápiz.
5. Los panelistas deben evaluar únicamente el **atributo dulce** usando la escala Spectrum (0 a 15).

Anexo 8. Boleta de respuestas de sesión 3 de entrenamiento en el atributo dulce

Boleta de respuestas

Sesión 3: Prueba de sabor básico dulce

Nombre: _____

No. Panelista: _____

Instrucciones:

Se le presentan 6 muestras para evaluación. Antes de comenzar, anote los códigos de izquierda a derecha en las casillas correspondientes bajo el título "Código de muestra".

Pruebe las muestras en el orden indicado (de izquierda a derecha). Para evitar interferencias en la percepción del sabor, limpie su paladar entre cada enjuagando su boca con abundante agua.

Con base en la escala ubicada en la parte inferior de esta hoja, asigne un valor a cada muestra según la intensidad del atributo percibido.

Atributo	Código de muestra									
Sabor dulce										

Escala:

Intensidad del atributo en la escala	Significado
0	No existente
2	Apenas detectable
5	Moderado
10	Fuerte
15	Extremo

Anexo 9. Hoja maestra de sesión 1 de entrenamiento en el atributo salado

Hoja Maestra

Sesión 1: Prueba referencias sensoriales de sabor salado

Tipo de prueba: Prueba de atributos

Fecha: 08/05/25

Producto: Mezcla de lactosuero, leche descremada con grasa vegetal y leche entera en polvo

Muestra	Código	Descripción de la muestra
A	508	Mezcla de lactosuero, leche descremada con grasa vegetal y leche entera en polvo +0.2% cloruro de sodio (intensidad 2.5)
B	889	Mezcla de lactosuero, leche descremada con grasa vegetal y leche entera en polvo +0.35% cloruro de sodio (intensidad 5)
C	405	Mezcla de lactosuero, leche descremada con grasa vegetal y leche entera en polvo +0.5% cloruro de sodio (intensidad 8.5)
D	603	Mezcla de lactosuero, leche descremada con grasa vegetal y leche entera en polvo

Procedimiento:

1. Reconstituya la base láctea elegida según las instrucciones del fabricante (ej. 13 g por 100 mL si es leche en polvo).
2. Pesar los gramos de cloruro de sodio según el porcentaje indicado por cada tipo de lácteo en polvo.
3. Prepare bandejas identificadas por panelista con los códigos de las muestras.
4. Presente los sets en el orden indicado, junto con vaso de agua pura y lápiz.
5. Los panelistas deben evaluar únicamente el **atributo salado** usando la escala Spectrum (0 a 15).

Anexo 10. Boleta de respuestas de sesión 1 de entrenamiento en el atributo salado

Evaluación de referencias sensoriales al atributo salado

Nombre: _____

No. Panelista: _____

Fecha: _____

Instrucciones: A continuación, se le presentarán 4 muestras codificadas. Antes de iniciar la evaluación, anote el código de cada muestra en las casillas correspondientes bajo el título "Código de muestra". Pruebe las muestras en orden, de izquierda a derecha, asegurándose de enjuagar su boca con abundante agua entre cada una para evitar interferencias en la percepción. Con base en la escala proporcionada al final de la hoja, asigne un valor a cada muestra según la intensidad del atributo percibida.

Código de muestra	Intensidad del atributo salado

Escala:

Intensidad del atributo en la escala	Interpretación
0	No existente
2	Apenas detectable
5	Moderado
10	Fuerte
15	Extremo

Anexo 11. Hoja maestra de sesión 2 de entrenamiento en el atributo salado

Hoja Maestra Sesión 2: Prueba triangular

Tipo de prueba: Triangular

Fecha: 14/05/2025

Producto: Leche entera en polvo reconstituida

Muestra	Código		Descripción de la muestra
A	305	815	Leche entera con 0.2% de cloruro de sodio (intensidad = 2.5)
B	267	538	Solución láctea con 0.35% de cloruro de sodio (intensidad = 5)

Panelista		Orden de presentación	Códigos		
1/11	6	AAB	305	815	267
2	7	ABA	305	267	815
3	8	BAA	267	305	815
4	9	BBA	267	538	305
5	10	BAB	267	815	538

Procedimiento:

1. Numere la bandeja según el número asignado al panelista.
2. Tome las muestras A y B (leche entera con 20.2% y 0.35% cloruro de sodio).
3. Colóquelas en el orden indicado en la tabla, de izquierda a derecha.
4. Incluya en cada bandeja un vaso de agua, lápiz y vaso rojo para expectorar.
5. El panelista debe identificar la muestra diferente entre las tres presentadas.
6. Reciba la hoja con la respuesta y registre si fue correcta o no, según el diseño experimental.

Hoja Maestra
Sesión 2: Descriptores sensoriales de productos lácteos en polvo

Tipo de prueba: Discusión

Fecha: 14/05/2025

Producto: Leche entera en polvo, bebida láctea, Descremada, leche fortificada para niños

Código	Producto
156	Leche entera
489	Mezcla de lactosuero, leche descremada con grasa vegetal y leche entera
321	Mezcla de leche descremada con grasa vegetal, lactosuero y leche entera
765	Descremada
543	Leche fortificada para niños

Anexo 12. Boleta de respuestas de sesión 2 de entrenamiento en el atributo salado

Boleta de respuestas

Sesión 2: Prueba triangular

Nombre: _____

No. Panelista: _____

Instrucciones:

A continuación, se le presentan tres muestras, de las cuales dos son iguales y una es diferente. Pruebe en orden de izquierda a derecha, asegurándose de enjuagar su paladar con agua entre cada muestra para evitar interferencias.

Una vez que haya evaluado las tres muestras, indique cuál considera que es diferente escribiendo su código en el recuadro correspondiente.

Indique porqué la muestra es diferente:

Boleta de respuestas

Sesión 2: Descripción abierta guiada

Nombre: _____

No. Panelista: _____

Instrucciones:

Describe con el mayor detalle posible los atributos sensoriales (aroma, sabor, color) de la muestra. Usa términos técnicos y evita juicios personales (como “me gusta” o “está rico”).

Código de muestra	Descripción del producto (aroma, sabor, color)	Producto

Anexo 13. Hoja maestra de sesión 3 de entrenamiento en el atributo salado

Hoja Maestra

Sesión 3: Prueba de sabor básico salado utilizando escala *Spectrum* modificada

Tipo de prueba: Prueba de atributos

Fecha: 15/05/2025

Producto: Mezcla de lactosuero, leche descremada con grasa vegetal y leche entera, Mezcla de leche descremada con grasa vegetal, lactosuero y leche entera

Test 1:

Muestra	Código		Descripción de la muestra
A	406	108	Mezcla de lactosuero, leche descremada con grasa vegetal y leche entera con 0.2% NaCl (intensidad = 2.5)
B	345	290	Mezcla de lactosuero, leche descremada con grasa vegetal y leche entera con 0.35% NaCl (intensidad = 5)
C	278	863	Mezcla de lactosuero, leche descremada con grasa vegetal y leche entera con 0.5% NaCl (intensidad = 8.5)

Test 2:

Muestra	Descripción de la muestra	
A	642	Mezcla de leche descremada con grasa vegetal, lactosuero y leche entera (intensidad = 5)
B	123	Mezcla de leche descremada con grasa vegetal, lactosuero y leche entera con 0.35% NaCl (intensidad = 5)
C	908	Smilk con 0.5% NaCl (intensidad = 8.5)

Panelista	Orden			Códigos								
	SET 1	SET 2	SET 3	SET 1			SET 2			SET 3		
1/11	ABC	CAB	ABC	406	345	278	863	108	290	642	123	908
2	ACB	BCA	ACB	406	278	345	290	863	108	642	908	123
3	BAC	ACB	BAC	345	406	278	108	863	290	123	642	908
4	BCA	BAC	BCA	345	278	406	290	108	863	123	908	642
5	CAB	ABC	CAB	278	406	345	108	290	863	908	642	123
6	CBA	ACB	CBA	278	345	406	108	863	290	908	123	642
7	ABC	BAC	ABC	406	345	278	290	108	863	642	123	908
8	ACB	BCA	ACB	406	278	345	290	863	108	642	908	123
9	BAC	ABC	BAC	345	406	278	108	290	863	123	642	908
10	BCA	CBA	BCA	345	278	406	863	290	108	123	908	642

Procedimiento:

1. Reconstituya la base láctea elegida según las instrucciones del fabricante (ej. 13 g por 100 mL si es leche en polvo).
2. Añada cloruro de sodio a cada muestra en las concentraciones indicadas.
3. Prepare bandejas identificadas por panelista con los códigos de las muestras.
4. Presente los sets en el orden indicado, junto con vaso de agua pura y lápiz.
5. Los panelistas deben evaluar únicamente el **atributo salado** usando la escala Spectrum (0 a 15).

Anexo 14. Boleta de respuestas de sesión 3 de entrenamiento en el atributo salado

Boleta de respuestas

Sesión 3: Prueba de sabor básico salado

Nombre: _____

No. Panelista: _____

Instrucciones:

Se le presentan 9 muestras para evaluación. Antes de comenzar, anote los códigos de izquierda a derecha en las casillas correspondientes bajo el título "Código de muestra".

Pruebe las muestras en el orden indicado (de izquierda a derecha). Para evitar interferencias en la percepción del sabor, limpie su paladar entre cada enjuagando su boca con abundante agua.

Con base en la escala ubicada en la parte inferior de esta hoja, asigne un valor a cada muestra según la intensidad del atributo percibido.

Atributo	Código de muestra								
Sabor salado									

Escala:

Intensidad del atributo en la escala	Significado
0	No existente
2	Apenas detectable
5	Moderado
10	Fuerte
15	Extremo

Anexo 15. Hoja maestra de sesión 1 de entrenamiento en el atributo ácido

Hoja Maestra

Sesión 1: Prueba referencias sensoriales de sabor ácido

Tipo de prueba: Prueba de atributos

Fecha: 22/05/25

Producto: Leche entera, Mezcla de lactosuero, leche descremada con grasa vegetal y leche entera en polvo, Leche descremada

Muestra	Código	Descripción de la muestra
A	850	Leche entera en polvo +0.05% ácido cítrico (intensidad 2)
B	980	Mezcla de lactosuero, leche descremada con grasa vegetal y leche entera en polvo +0.08% ácido cítrico (intensidad 5)
C	540	Leche descremada en polvo + 0.15% ácido cítrico (intensidad 10)
D	360	Leche entera en polvo

Procedimiento:

1. Reconstituya la base láctea elegida según las instrucciones del fabricante (ej. 13 g por 100 mL si es leche en polvo).
2. Pesar los gramos de ácido cítrico según el porcentaje indicado por cada tipo de lácteo en polvo.
3. Prepare bandejas identificadas por panelista con los códigos de las muestras.
4. Presente los sets en el orden indicado, junto con vaso de agua pura y lápiz.
5. Los panelistas deben evaluar únicamente el **atributo ácido** usando la escala Spectrum (0 a 15).

Anexo 16. Boleta de respuestas de sesión 1 de entrenamiento en el atributo ácido

Evaluación de referencias sensoriales al atributo ácido

Nombre: _____

No. Panelista: _____

Fecha: _____

Instrucciones: A continuación, se le presentarán 4 muestras codificadas. Antes de iniciar la evaluación, anote el código de cada muestra en las casillas correspondientes bajo el título "Código de muestra". Pruebe las muestras en orden, de izquierda a derecha, asegurándose de enjuagar su boca con abundante agua entre cada una para evitar interferencias en la percepción. Con base en la escala proporcionada al final de la hoja, asigne un valor a cada muestra según la intensidad del atributo percibida.

Código de muestra	Intensidad del atributo salado

Escala:

Intensidad del atributo en la escala	Interpretación
0	No existente
2	Apenas detectable
5	Moderado
10	Fuerte
15	Extremo

Anexo 17. Hoja maestra de sesión 2 de entrenamiento en el atributo ácido

Hoja Maestra Sesión 2: Prueba triangular

Tipo de prueba: Triangular

Fecha: 23/05/2025

Producto: Leche para niños reconstituida

Muestra	Código		Descripción de la muestra
A	518	430	Leche para niños (etapa 1) + 0.05% ácido cítrico (intensidad = 2)
B	762	824	Leche para niños (etapa 1) + 0.08% ácido cítrico (intensidad = 5)

Panelista		Orden de presentación	Códigos		
1/11	6	AAB	518	430	762
2	7	ABA	518	824	430
3	8	BAA	824	518	430
4	9	BBA	762	824	430
5	10	BAB	762	518	824

Procedimiento:

1. Numere la bandeja según el número asignado al panelista.
2. Tome las muestras A y B (leche infantil 0.05% y 0.08%).
3. Colóquelas en el orden indicado en la tabla, de izquierda a derecha.
4. Incluya en cada bandeja un vaso de agua, lápiz y vaso rojo para expectorar.
5. El panelista debe identificar la muestra diferente entre las tres presentadas.
6. Reciba la hoja con la respuesta y registre si fue correcta o no, según el diseño experimental.

Hoja Maestra

Sesión 2: Prueba de sabor básico ácido utilizando escala *Spectrum* modificada

Tipo de prueba: Prueba de atributos

Fecha: 23/05/2025

Producto: Leche para niños etapa 1

Muestra	Código		Descripción de la muestra
A	604	801	Leche para niños (etapa 1) (intensidad = 0)
B	500	902	Leche para niños (etapa 1) + 0.05% ácido cítrico (intensidad = 2)
C	782	365	Leche para niños (etapa 1) + 0.08% ácido cítrico (intensidad = 5)

Panelista	Orden		Códigos					
	SET 1	SET 2	SET 1			SET 2		
1/11	ABC	CAB	604	500	782	365	801	902
2	ACB	BCA	604	782	500	902	365	801
3	BAC	ACB	500	604	782	801	365	902
4	BCA	BAC	500	782	604	902	801	365
5	CAB	ABC	782	604	500	801	902	365
6	CBA	ACB	782	500	604	801	365	902
7	ABC	BAC	604	500	782	902	801	365

8	ACB	BCA	604	782	500	902	365	801
9	BAC	ABC	500	604	782	801	902	365
10	BCA	CBA	500	782	604	365	902	801

Procedimiento:

1. Reconstituya la base láctea elegida según las instrucciones del fabricante (ej. 13 g por 100 mL si es leche en polvo).
2. Añada ácido cítrico a cada muestra en las concentraciones indicadas.
3. Prepare bandejas identificadas por panelista con los códigos de las muestras.
4. Presente los sets en el orden indicado, junto con vaso de agua pura y lápiz.
5. Los panelistas deben evaluar únicamente el **atributo ácido** usando la escala Spectrum (0 a 15).

Anexo 18. Boleta de respuestas de sesión 2 de entrenamiento en el atributo ácido

Boleta de respuestas

Sesión 2: Prueba triangular ácido

Nombre: _____

No. Panelista: _____

Instrucciones:

A continuación, se le presentan tres muestras, de las cuales dos son iguales y una es diferente. Pruebe en orden de izquierda a derecha, asegurándose de enjuagar su paladar con agua entre cada muestra para evitar interferencias.

Una vez que haya evaluado las tres muestras, indique cuál considera que es diferente escribiendo su código en el recuadro correspondiente.

Indique porqué la muestra es diferente:

Boleta de respuestas

Sesión 2: Prueba de sabor básico ácido

Nombre: _____

No. Panelista: _____

Instrucciones:

Se le presentan 6 muestras para evaluación. Antes de comenzar, anote los códigos de izquierda a derecha en las casillas correspondientes bajo el título "Código de muestra".

Pruebe las muestras en el orden indicado (de izquierda a derecha). Para evitar interferencias en la percepción del sabor, limpie su paladar entre cada enjugando su boca con abundante agua.

Con base en la escala ubicada en la parte inferior de esta hoja, asigne un valor a cada muestra según la intensidad del atributo percibido.

Atributo	Código de muestra					
Sabor ácido						

Escala:

Intensidad del atributo en la escala	Significado
0	No existente
2	Apenas detectable
5	Moderado
10	Fuerte
15	Extremo

Anexo 19. Hoja maestra de sesión 3 de entrenamiento en el atributo ácido

Hoja Maestra

Sesión 3: Prueba de sabor básico ácido utilizando escala *Spectrum* modificada

Tipo de prueba: Prueba de atributos

Fecha: 28/05/2025

Producto: Mezcla de leche descremada con grasa vegetal, lactosuero y leche entera

Muestra	Código		Descripción de la muestra
A	205	516	Mezcla de leche descremada con grasa vegetal, lactosuero y leche entera (etapa 3) + 0.05% ácido cítrico (intensidad = 2)
B	200	801	Mezcla de leche descremada con grasa vegetal, lactosuero y leche entera + 0.08% ácido cítrico (intensidad = 5)
C	604	103	Mezcla de leche descremada con grasa vegetal, lactosuero y leche entera + 0.15% ácido cítrico (intensidad = 10)

Panelista	Orden		Códigos					
	SET 1	SET 2	SET 1			SET 2		
1/11	ABC	CAB	205	200	604	103	516	801
2	ACB	BCA	205	604	200	801	103	516
3	BAC	ACB	200	205	604	516	103	801
4	BCA	BAC	200	604	205	801	516	103
5	CAB	ABC	604	205	200	516	801	103
6	CBA	ACB	604	200	205	516	103	801
7	ABC	BAC	205	200	604	801	516	103
8	ACB	BCA	205	604	200	801	103	516
9	BAC	ABC	200	205	604	516	801	103
10	BCA	CBA	200	604	205	103	801	516

Procedimiento:

1. Reconstituya la base láctea elegida según las instrucciones del fabricante (ej. 13 g por 100 mL si es leche en polvo).
2. Añada ácido cítrico a cada muestra en las concentraciones indicadas.
3. Prepare bandejas identificadas por panelista con los códigos de las muestras.
4. Presente los sets en el orden indicado, junto con vaso de agua pura y lápiz.
5. Los panelistas deben evaluar únicamente el **atributo ácido** usando la escala Spectrum (0 a 15).

Anexo 20. Boleta de respuestas de sesión 3 de entrenamiento en el atributo ácido

Boleta de respuestas

Sesión 3: Prueba de sabor ácido

Nombre: _____

No. Panelista: _____

Instrucciones:

Se le presentan 6 muestras para evaluación. Antes de comenzar, anote los códigos de izquierda a derecha en las casillas correspondientes bajo el título "Código de muestra".

Debe probar las muestras en el orden indicado (de izquierda a derecha). Para evitar interferencias en la percepción del sabor, limpiar el paladar con agua.

Con base en la escala ubicada en la parte inferior de esta hoja, asigne un valor a cada muestra según la intensidad del atributo percibido.

Atributo	Código de muestra					
Sabor ácido						

Escala:

Intensidad del atributo en la escala	Significado
0	No existente
2	Apenas detectable
5	Moderado
10	Fuerte
15	Extremo

Anexo 21. Hoja maestra de sesión 4 de entrenamiento en el atributo ácido

Hoja Maestra

Sesión 4: Prueba de sabor básico ácido utilizando escala *Spectrum* modificada

Tipo de prueba: Prueba de atributos

Fecha: 29/05/2025

Producto: Mezcla de leche descremada con grasa vegetal, lactosuero y leche entera

Muestra	Código		Descripción de la muestra
A	520	615	Mezcla de leche descremada con grasa vegetal, lactosuero y leche entera (etapa 3) + 0.05% ácido cítrico (intensidad = 2)
B	220	108	Mezcla de leche descremada con grasa vegetal, lactosuero y leche entera + 0.08% ácido cítrico (intensidad = 5)
C	806	310	Mezcla de leche descremada con grasa vegetal, lactosuero y leche entera + 0.15% ácido cítrico (intensidad = 10)

Panelista	Orden		Códigos					
	SET 1	SET 2	SET 1			SET 2		
1/11	ABC	CAB	520	220	806	310	615	108
2	ACB	BCA	520	806	220	108	310	615
3	BAC	ACB	220	520	806	615	310	108
4	BCA	BAC	220	806	520	108	615	310
5	CAB	ABC	806	520	220	615	108	310
6	CBA	ACB	806	220	520	615	310	108
7	ABC	BAC	520	220	806	108	615	310
8	ACB	BCA	520	806	220	108	310	615
9	BAC	ABC	220	520	806	615	108	310
10	BCA	CBA	220	806	520	310	108	615

Procedimiento:

1. Reconstituya la base láctea elegida según las instrucciones del fabricante (ej. 13 g por 100 mL si es leche en polvo).
2. Añada ácido cítrico a cada muestra en las concentraciones indicadas.
3. Prepare bandejas identificadas por panelista con los códigos de las muestras.
4. Presente los sets en el orden indicado, junto con vaso de agua pura y lápiz.
5. Los panelistas deben evaluar únicamente el **atributo ácido** usando la escala Spectrum (0 a 15).

Anexo 22. Boleta de respuestas de sesión 4 de entrenamiento en el atributo ácido

Boleta de respuestas

Sesión 4: Prueba de sabor ácido

Nombre: _____

No. Panelista: _____

Instrucciones:

Se le presentan 6 muestras para evaluación. Antes de comenzar, anote los códigos de izquierda a derecha en las casillas correspondientes bajo el título "Código de muestra".

Debe probar las muestras en el orden indicado (de izquierda a derecha). Para evitar interferencias en la percepción del sabor, limpiar el paladar con agua.

Con base en la escala ubicada en la parte inferior de esta hoja, asigne un valor a cada muestra según la intensidad del atributo percibido.

Atributo	Código de muestra					
Sabor ácido						

Escala:

Intensidad del atributo en la escala	Significado
0	No existente
2	Apenas detectable
5	Moderado
10	Fuerte
15	Extremo

Anexo 23. Hoja maestra de sesión 1 de entrenamiento en el atributo cartón

Hoja Maestra

Sesión 1: Prueba referencias sensoriales de sabor cartón

Tipo de prueba: Prueba de atributos

Fecha: 05/06/25

Producto: Leche entera, Mezcla de lactosuero, leche descremada con grasa vegetal y leche entera en polvo, Leche descremada

Muestra	Código	Descripción de la muestra
A	204	Leche entera en polvo + cartón
B	340	Mezcla de lactosuero, leche descremada con grasa vegetal y leche entera en polvo + cartón
C	280	Leche descremada en polvo + cartón

Procedimiento:

1. Reconstituya la base láctea elegida según las instrucciones del fabricante (ej. 13 g por 100 mL si es leche en polvo).
2. Colocar los trozos de cartón en la leche reconstituida en agua caliente (35°C) y dejar remojar durante 24 horas.
3. Prepare bandejas identificadas por panelista con los códigos de las muestras.
4. Presente los sets en el orden indicado, junto con vaso de agua pura y lápiz.
5. Los panelistas deben evaluar únicamente el **atributo cartón** usando la escala Spectrum (0 a 15).

Anexo 24. Boleta de respuestas de sesión 1 de entrenamiento en el atributo cartón

Evaluación de referencias sensoriales al atributo cartón

Nombre: _____

No. Panelista: _____

Fecha: _____

Instrucciones: A continuación, se le presentarán 3 muestras codificadas. Antes de iniciar la evaluación, anote el código de cada muestra en las casillas correspondientes bajo el título "Código de muestra". Pruebe las muestras en orden, de izquierda a derecha, asegurándose de enjuagar su boca con abundante agua entre cada una para evitar interferencias en la percepción. Con base en la escala proporcionada al final de la hoja, asigne un valor a cada muestra según la intensidad del atributo percibida.

Código de muestra	Intensidad del atributo cartón

Escala:

Intensidad del atributo en la escala	Interpretación
0	No existente
2	Apenas detectable
5	Moderado
10	Fuerte
15	Extremo

Anexo 25. Hoja maestra de sesión 2 de entrenamiento en el atributo cartón

Hoja Maestra

Sesión 2: Prueba de sabor cartón utilizando escala *Spectrum* modificada

Tipo de prueba: Prueba de atributos

Fecha:06/06/25

Producto: Leche entera y descremada

Muestra	Código		Descripción de la muestra
A	209	452	Leche entera
B	540	304	Leche descremada fresca
C	890	910	Leche descremada + cartón

Panelista	Orden		Códigos					
	SET 1	SET 2	SET 1			SET 2		
1/11	ABC	CAB	209	540	890	910	452	304
2	ACB	BCA	209	890	540	304	910	452
3	BAC	ACB	540	209	890	452	910	304
4	BCA	BAC	540	890	209	304	452	910
5	CAB	ABC	890	209	540	452	304	910
6	CBA	ACB	890	540	209	452	910	304
7	ABC	BAC	209	540	890	304	452	910
8	ACB	BCA	209	890	540	304	910	452
9	BAC	ABC	540	209	890	452	304	910
10	BCA	CBA	540	890	209	910	304	452

Procedimiento:

1. Reconstituya la base láctea elegida según las instrucciones del fabricante (ej. 13 g por 100 mL si es leche en polvo).
2. Remojar cartón en la leche en polvo preparada con agua caliente. Dejar reposar 24 horas.
3. Prepare bandejas identificadas por panelista con los códigos de las muestras.
4. Presente los sets en el orden indicado, junto con vaso de agua pura y lápiz.
5. Los panelistas deben evaluar únicamente el **atributo cartón** usando la escala Spectrum (0 a 15).

Anexo 26. Boleta de respuestas de sesión 2 de entrenamiento en el atributo cartón

Boleta de respuestas

Sesión 2: Prueba de sabor cartón

Nombre: _____

No. Panelista: _____

Instrucciones:

Se le presentan 6 muestras para evaluación. Antes de comenzar, anote los códigos de izquierda a derecha en las casillas correspondientes bajo el título "Código de muestra".

Debe oler las muestras en el orden indicado (de izquierda a derecha). Para evitar interferencias en la percepción del aroma, limpie su nariz con el antebrazo.

Con base en la escala ubicada en la parte inferior de esta hoja, asigne un valor a cada muestra según la intensidad del atributo percibido.

Atributo	Código de muestra					
Sabor cartón						

Escala:

Intensidad del atributo en la escala	Significado
0	No existente
2	Apenas detectable
5	Moderado
10	Fuerte
15	Extremo

Anexo 27. Hoja maestra de sesión 3 de entrenamiento en el atributo cartón

Hoja Maestra

Sesión 3: Prueba de sabor cartón utilizando escala *Spectrum* modificada

Tipo de prueba: Prueba de atributos

Fecha: 11/06/25

Producto: Leche entera y mezcla de lactosuero, leche descremada con grasa vegetal y leche entera

Muestra	Código		Descripción de la muestra
A	580	265	Leche entera + cartón
B	405	621	Mezcla de lactosuero, leche descremada con grasa vegetal y leche entera fresca
C	165	745	Mezcla de lactosuero, leche descremada con grasa vegetal y leche entera + cartón

Panelista	Orden		Códigos					
	SET 1	SET 2	SET 1			SET 2		
1/11	ABC	CAB	580	405	165	745	265	621
2	ACB	BCA	580	165	405	621	745	265
3	BAC	ACB	405	580	165	265	745	621
4	BCA	BAC	405	165	580	621	265	745
5	CAB	ABC	165	580	405	265	621	745
6	CBA	ACB	165	405	580	265	745	621
7	ABC	BAC	580	405	165	621	265	745
8	ACB	BCA	580	165	405	621	745	265
9	BAC	ABC	405	580	165	265	621	745
10	BCA	CBA	405	165	580	745	621	265

Procedimiento:

1. Reconstituya la base láctea elegida según las instrucciones del fabricante (ej. 13 g por 100 mL si es leche en polvo).
2. Remojar cartón en la leche en polvo preparada con agua caliente. Dejar reposar 24 horas.
3. Prepare bandejas identificadas por panelista con los códigos de las muestras.
4. Presente los sets en el orden indicado, junto con vaso de agua pura y lápiz.
5. Los panelistas deben evaluar únicamente el **atributo cartón** usando la escala Spectrum (0 a 15).

Anexo 28. Boleta de respuestas de sesión 3 de entrenamiento en el atributo cartón

Boleta de respuestas

Sesión 3: Prueba de sabor cartón

Nombre: _____

No. Panelista: _____

Instrucciones:

Se le presentan 6 muestras para evaluación. Antes de comenzar, anote los códigos de izquierda a derecha en las casillas correspondientes bajo el título "Código de muestra".

Debe oler las muestras en el orden indicado (de izquierda a derecha). Para evitar interferencias en la percepción del aroma, limpie su nariz con el antebrazo.

Con base en la escala ubicada en la parte inferior de esta hoja, asigne un valor a cada muestra según la intensidad del atributo percibido.

Atributo	Código de muestra					
Sabor cartón						

Escala:

Intensidad del atributo en la escala	Significado
0	No existente
2	Apenas detectable
5	Moderado
10	Fuerte
15	Extremo

Anexo 29. Hoja maestra de sesión 1 de entrenamiento en el atributo metálico

Hoja Maestra

Sesión 1: Prueba referencia de sabor metálico

Tipo de prueba: Prueba de atributos

Fecha: 05/06/25

Producto: Leche entera, Mezcla de lactosuero, leche descremada con grasa vegetal y leche entera en polvo, Leche descremada

Muestra	Código	Descripción de la muestra
A	502	Leche entera en polvo +14.2% premix vitaminas (intensidad 10)
B	789	Mezcla de lactosuero, leche descremada con grasa vegetal y leche entera en polvo +4.54% premix vitaminas (intensidad 3)
C	245	Leche descremada en polvo + 11.45% premix (intensidad 6)

Procedimiento:

1. Reconstituya la base láctea elegida según las instrucciones del fabricante (ej. 13 g por 100 mL si es leche en polvo).
2. Pesar los gramos de premix de vitaminas según el porcentaje indicado por cada tipo de lácteo en polvo.
3. Prepare bandejas identificadas por panelista con los códigos de las muestras.
4. Presente los sets en el orden indicado, junto con vaso de agua pura y lápiz.
5. Los panelistas deben evaluar únicamente el **atributo metálico** usando la escala Spectrum (0 a 15).

Anexo 30. Boleta de respuestas de sesión 1 de entrenamiento en el atributo metálico

Evaluación de referencias sensoriales al atributo metálico

Nombre: _____

No. Panelista: _____

Fecha: _____

Instrucciones: A continuación, se le presentarán 3 muestras codificadas. Antes de iniciar la evaluación, anote el código de cada muestra en las casillas correspondientes bajo el título "Código de muestra". Pruebe las muestras en orden, de izquierda a derecha, asegurándose de enjuagar su boca con abundante agua entre cada una para evitar interferencias en la percepción. Con base en la escala proporcionada al final de la hoja, asigne un valor a cada muestra según la intensidad del atributo percibida.

Código de muestra	Intensidad del atributo metálico

Escala:

Intensidad del atributo en la escala	Interpretación
0	No existente
2	Apenas detectable
5	Moderado
10	Fuerte
15	Extremo

Anexo 31. Hoja maestra de sesión 2 de entrenamiento en el atributo metálico

Hoja Maestra

Sesión 2: Prueba de sabor metálico utilizando escala *Spectrum* modificada

Tipo de prueba: Prueba de atributos

Fecha:06/06/25

Producto: Leche entera y descremada

Muestra	Código		Descripción de la muestra
A	902	254	Leche descremada
B	405	308	Leche descremada + premezcla vitaminas
C	750	126	Mezcla de lactosuero, leche descremada con grasa vegetal y leche entera + premezcla vitaminas

Panelista	Orden		Códigos					
	SET 1	SET 2	SET 1			SET 2		
1/11	ABC	CAB	902	405	750	126	254	308
2	ACB	BCA	902	750	405	308	126	254
3	BAC	ACB	405	902	750	254	126	308
4	BCA	BAC	405	750	902	308	254	126
5	CAB	ABC	750	902	405	254	308	126
6	CBA	ACB	750	405	902	254	126	308
7	ABC	BAC	902	405	750	308	254	126
8	ACB	BCA	902	750	405	308	126	254
9	BAC	ABC	405	902	750	254	308	126
10	BCA	CBA	405	750	902	126	308	254

Procedimiento:

1. Reconstituya la base láctea elegida según las instrucciones del fabricante (ej. 13 g por 100 mL si es leche en polvo).
2. Disolver la premezcla de vitaminas en la leche en polvo preparada con agua a temperatura ambiente.
3. Prepare bandejas identificadas por panelista con los códigos de las muestras.
4. Presente los sets en el orden indicado, junto con vaso de agua pura y lápiz.
5. Los panelistas deben evaluar únicamente el **atributo metálico** usando la escala Spectrum (0 a 15).

Anexo 32. Boleta de respuestas de sesión 2 de entrenamiento en el atributo metálico

Boleta de respuestas

Sesión 2: Prueba de sabor metálico

Nombre: _____

No. Panelista: _____

Instrucciones:

Se le presentan 6 muestras para evaluación. Antes de comenzar, anote los códigos de izquierda a derecha en las casillas correspondientes bajo el título "Código de muestra".

Debe probar las muestras en el orden indicado (de izquierda a derecha). Para evitar interferencias en la percepción del sabor, limpiar el paladar con agua.

Con base en la escala ubicada en la parte inferior de esta hoja, asigne un valor a cada muestra según la intensidad del atributo percibido.

Atributo	Código de muestra					
Sabor metálico						

Escala:

Intensidad del atributo en la escala	Significado
0	No existente
2	Apenas detectable
5	Moderado
10	Fuerte
15	Extremo

Anexo 33. Hoja maestra de sesión 3 de entrenamiento en el atributo metálico

Hoja Maestra

Sesión 3: Prueba de sabor metálico utilizando escala *Spectrum* modificada

Tipo de prueba: Prueba de atributos

Fecha: 01/07/25

Producto: Leche entera y smilk

Muestra	Código		Descripción de la muestra
A	987	765	Leche entera
B	653	543	Leche entera + premezcla vitaminas
C	432	321	Mezcla de leche descremada con grasa vegetal, lactosuero y leche entera + premezcla vitaminas

Panelista	Orden		Códigos					
	SET 1	SET 2	SET 1			SET 2		
1	ABC	CAB	987	653	432	321	765	543
2	ACB	BCA	987	432	653	543	321	765
3	BAC	ACB	653	987	432	765	321	543
4	BCA	BAC	653	432	987	543	765	321
5	CAB	ABC	432	987	653	765	543	321
6	CBA	ACB	432	653	987	765	321	543
7	ABC	BAC	987	653	432	543	765	321
8	ACB	BCA	987	432	653	543	321	765
9	BAC	ABC	653	987	432	765	543	321
10	BCA	CBA	653	432	987	321	543	765
11	ABC	CAB	987	653	432	321	765	543

Procedimiento:

1. Reconstituya la base láctea elegida según las instrucciones del fabricante (ej. 13 g por 100 mL si es leche en polvo).
2. Disolver la premezcla de vitaminas en la leche en polvo preparada con agua a temperatura ambiente.
3. Prepare bandejas identificadas por panelista con los códigos de las muestras.
4. Presente los sets en el orden indicado, junto con vaso de agua pura y lápiz.
5. Los panelistas deben evaluar únicamente el **atributo metálico** usando la escala Spectrum (0 a 15).

Anexo 34. Boleta de respuestas de sesión 3 de entrenamiento en el atributo metálico

Boleta de respuestas

Sesión 3: Prueba de sabor metálico

Nombre: _____

No. Panelista: _____

Instrucciones:

Se le presentan 6 muestras para evaluación. Antes de comenzar, anote los códigos de izquierda a derecha en las casillas correspondientes bajo el título "Código de muestra".

Debe probar las muestras en el orden indicado (de izquierda a derecha). Para evitar interferencias en la percepción del sabor, limpiar el paladar con agua.

Con base en la escala ubicada en la parte inferior de esta hoja, asigne un valor a cada muestra según la intensidad del atributo percibido.

Atributo	Código de muestra					
Sabor metálico						

Escala:

Intensidad del atributo en la escala	Significado
0	No existente
2	Apenas detectable
5	Moderado
10	Fuerte
15	Extremo

Anexo 35. Hoja maestra de sesión final de evaluación de entrenamiento en cinco atributos de sabor en lácteos en polvo

Hoja Maestra

Prueba de atributos utilizando escala *Spectrum* modificada

Tipo de prueba: Prueba de atributos

Fecha:12/07/25

Producto: Leche entera, descremada y mezcla de lactosuero, leche descremada con grasa vegetal y leche entera

Muestra	Código		Descripción de la muestra
A	789	560	Leche entera
B	356	435	Leche descremada
C	230	194	Mezcla de lactosuero, leche descremada con grasa vegetal y leche entera

Panelista	Orden		Códigos					
	SET 1	SET 2	SET 1			SET 2		
1	ABC	CAB	789	356	230	194	560	435
2	ACB	BCA	789	230	356	435	194	560
3	BAC	ACB	356	789	230	560	194	435
4	BCA	BAC	356	230	789	435	560	194
5	CAB	ABC	230	789	356	560	435	194
6	CBA	ACB	230	356	789	560	194	435
7	ABC	BAC	789	356	230	435	560	194
8	ACB	BCA	789	230	356	435	194	560
9	BAC	ABC	356	789	230	560	435	194
10	BCA	CBA	356	230	789	194	435	560
11	ABC	CAB	789	356	230	194	560	435

Procedimiento:

1. Reconstituya la base láctea elegida según las instrucciones del fabricante (ej. 13 g por 100 mL si es leche en polvo).
2. Prepare bandejas identificadas por panelista con los códigos de las muestras.
3. Presente los sets en el orden indicado, junto con vaso de agua pura y lápiz.
4. Los panelistas deben evaluar los cinco atributos entrenados (dulce, salado, ácido, cartón y metálico) usando la escala Spectrum (0 a 15).

Anexo 36. Boleta de respuestas de sesión final de evaluación de entrenamiento en cinco atributos de sabor en lácteos en polvo

Boleta de respuestas

Prueba de atributos de sabor en productos lácteos en polvo

Nombre: _____

No. Panelista: _____

Instrucciones:

Se le presentan 6 muestras para evaluación. Antes de comenzar, anote los códigos de izquierda a derecha en las casillas correspondientes bajo el título "Código de muestra".

Debe probar las muestras en el orden indicado (de izquierda a derecha). Para evitar interferencias en la percepción del sabor, limpiar el paladar con agua.

Con base en la escala ubicada en la parte inferior de esta hoja, asigne un valor a cada muestra según la intensidad del atributo percibido.

Atributo	Código de muestra					
Sabor dulce						
Sabor salado						
Sabor ácido						
Sabor cartón						
Sabor metálico						

Escala:

Intensidad del atributo en la escala	Significado
0	No existente
2	Apenas detectable
5	Moderado
10	Fuerte
15	Extremo

Anexo 37. Datos crudos de sesiones de entrenamiento en atributos de sabor

Panelista	Producto	Dulce	Salado	Ácido	Cartón	Metálico
AS	A	5	3	5	5	0
AS	A	5	2	2	0	1
AS	B	10	3	2	0	2
AS	B	5	4	2	2	4
AS	C	15	5	3	5	4
AS	C	15	4	5	2	6
BR	A	2	4.5	10	2	1
BR	A	2	4	8	2	2
BR	B	5	2.5	5	2	4
BR	B	5	5	2	1	6
BR	C	10	6	2	5	6
BR	C	10	7	0	4	7
GG	A	5	2	10	0	0
GG	A	5	2	5	2	1
GG	B	10	4	2	5	3
GG	B	10	6	2	5	4
GG	C	15	6	2	5	5
GG	C	15	4	2	4	6
SY	A	2	3	10	5	0
SY	A	2	2	5	6	1
SY	B	10	2	5	2	4
SY	B	10	5	5	2	3
SY	C	15	2	2	5	6
SY	C	15	2	2	3	7
ER	A	2	2.5	5	2	1
ER	A	2	5	5	2	0
ER	B	10	5	2	3	4
ER	B	10	2.5	5	2	3
ER	C	15	5	5	3	7
ER	C	15	8.5	5	5	6
JC	A	2	3.2	5	5	0
JC	A	1	5	7	5	0
JC	B	9	2	2	2	5
JC	B	8	7.4	2	0	4
JC	C	15	4.2	2	6	5
JC	C	9	6.3	0	7	6

Continuación Anexo 37

Panelista	Producto	Dulce	Salado	Ácido	Cartón	Metálico
IG	A	5	1.5	5	2	0
IG	A	2	2	7	2	1
IG	B	10	3	3	0	2
IG	B	5	4	6	0	3
IG	C	15	5	1	1	5
IG	C	10	5	4	1	6
JZ	A	5	2	2	0	2
JZ	A	5	2	2	5	0
JZ	B	10	2	0	2	3
JZ	B	10	2	0	2	4
JZ	C	15	5	5	5	5
JZ	C	15	4	5	0	6
DY	A	5	5	10	0	0
DY	A	5	2	2	2	1
DY	B	10	2	5	0	5
DY	B	10	2	2	2	5
DY	C	15	5	2	2	6
DY	C	15	2	2	0	5
KD	A	5	1	2	3	0
KD	A	4	2	2	1	1
KD	B	5	2	7	5	4
KD	B	5	2	5	1	5
KD	C	10	2.5	5	3	7
KD	C	10	3.5	0	5	6
BG	A	2	2	0	2	0
BG	A	2	2	5	3	1
BG	B	5	3	2	4	3
BG	B	5	3	10	0	4
BG	C	10	2	3	5	6
BG	C	15	5	5	2	7

Anexo 38. Datos crudos de la sesión final de evaluación de atributos de sabor de lácteos en polvo

Panelista	Producto	Dulce	Salado	Ácido	Cartón	Metálico
AS	A	0	2	0	0	2
AS	A	0	0	2	0	0
AS	B	0	5	3	2	0
AS	B	3	2	5	2	2
AS	C	0	0	2	0	2
AS	C	0	2	2	5	0
BR	A	0	0	0	2	0
BR	A	2	0	1	0	1
BR	B	0	5	0	0	0
BR	B	0	0	0	0	3
BR	C	0	5	0	0	0
BR	C	0	0	5	0	0
GG	A	2	7	2	2	0
GG	A	2	7	2	5	0
GG	B	5	5	2	5	0
GG	B	5	5	2	5	0
GG	C	1	6	6	0	2
GG	C	1	6	2	5	2
SY	A	0	0	0	3	0
SY	A	0	2	1	0	0
SY	B	0	3	0	2	0
SY	B	0	0	3	0	3
SY	C	2	2	1	0	0
SY	C	2	2	1	0	0
ER	A	0	0	0	0	0
ER	A	0	2	0	0	0
ER	B	0	5	0	2	2
ER	B	2	2	0	0	0
ER	C	2	2	0	0	0
ER	C	2	2	10	0	0
JC	A	0	2	2	2	1
JC	A	1	1	2	0	2
JC	B	0	1	5	0	2
JC	B	0	2	4	2	7
JC	C	5	1	1	0	0
JC	C	2	10	3	0	0
IG	A	2	1	0	0	0
IG	A	1	2	0	1	0

Continuación Anexo 38

Panelista	Producto	Dulce	Salado	Ácido	Cartón	Metálico
IG	B	2	2	4	0	2
IG	B	0	6	0	0	4
IG	C	4	7	1	0	0
IG	C	2	4	3	5	0
DY	A	0	2	0	2	0
DY	A	2	2	0	0	0
DY	B	2	2	0	0	2
DY	B	2	5	5	0	10
DY	C	2	2	5	0	0
DY	C	0	5	15	0	0
KD	A	2	0	0	0	0
KD	A	2	0	0	0	0
KD	B	0	0	0	0	5
KD	B	0	0	0	0	5
KD	C	0	2.5	0	0	0
KD	C	0	2.5	0	0	0
BG	A	2	0	0	0	0
BG	A	0	0	0	0	0
BG	B	0	0	3	0	0
BG	B	0	0	0	4	0
BG	C	0	2	0	0	0
BG	C	0	0	0	0	0

Anexo 39. Output de RStudio para la validación de las sesiones de entrenamiento de atributos de sabor en lácteos en polvo

Sesiones de entrenamiento de atributos de sabor

Ana Luisa Perez

2025-09-06

```
library(ggplot2)
```

```
## Warning: package 'ggplot2' was built under R version 4.4.3
```

```
library(dplyr)
```

```
## Warning: package 'dplyr' was built under R version 4.4.3
```

```
##  
## Attaching package: 'dplyr'
```

```
## The following objects are masked from 'package:stats':  
##  
##   filter, lag
```

```
## The following objects are masked from 'package:base':  
##  
##   intersect, setdiff, setequal, union
```

```
library(tidyr)
```

```
## Warning: package 'tidyr' was built under R version 4.4.3
```

```
library(car)
```

```
## Warning: package 'car' was built under R version 4.4.3
```

```
## Loading required package: carData
```

```
##  
## Attaching package: 'car'
```

```
## The following object is masked from 'package:dplyr':  
##  
##   recode
```

```

library(readxl)
sesiones <- read_excel("C:/Users/Ana Luisa/Desktop/sesiones.xlsx")
View(sesiones)

# install.packages("dplyr") # Descomenta si no lo tienes instalado
library(dplyr)

# Convertir 'Producto' y 'Panelista' en factores
sesiones <- sesiones %>%
  mutate(
    Producto = as.factor(Producto),
    Panelista = as.factor(Panelista)
  )

# Lista de atributos sensoriales a evaluar
atributos <- c("Dulce", "Salado", "Acido", "Carton", "Metalico")

# Función para realizar ANOVA y mostrar resultados por atributo
analizar_anova <- function(atributo) {
  # Crear la fórmula para el ANOVA
  formula_anova <- as.formula(paste(atributo, "~ Producto * Panelista"))

  # Realizar el ANOVA usando el dataset 'sesiones'
  modelo <- aov(formula_anova, data = sesiones)

  # Mostrar resultados
  cat("\n\n### Resultados del ANOVA para el atributo:", atributo, "###\n")
  print(summary(modelo))
}

# Realizar el ANOVA para cada atributo
for (atributo in atributos) {
  analizar_anova(atributo)
}

```

```

##
## ### Resultados del ANOVA para el atributo: Dulce ###
##          Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
## Producto      2 1091.7   545.9 243.426 < 2e-16 ***
## Panelista     10  149.8    15.0   6.678 1.43e-05 ***
## Producto:Panelista 20   75.6     3.8   1.686 0.0894 .
## Residuals     33   74.0     2.2
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
##
## ### Resultados del ANOVA para el atributo: Salado ###
##          Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
## Producto      2  36.17  18.087   9.841 0.00445 ***
## Panelista     10  51.63   5.163   2.809 0.012347 *
## Producto:Panelista 20  30.65   1.532   0.834 0.660139
## Residuals     33  60.65   1.838
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
##
## ### Resultados del ANOVA para el atributo: Acido ###
##          Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
## Producto      2  65.82  32.91   6.917 0.0031 **
## Panelista     10  34.48   3.45   0.725 0.6957
## Producto:Panelista 20 192.52   9.63   2.023 0.0353 *
## Residuals     33 157.00   4.76
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
##
## ### Resultados del ANOVA para el atributo: Carton ###
##          Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
## Producto      2  29.94  14.970   5.744 0.00723 **
## Panelista     10  61.33   6.133   2.353 0.03156 *
## Producto:Panelista 20  65.39   3.270   1.255 0.27485
## Residuals     33  86.00   2.606
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
##

```

```

## ### Resultados del ANOVA para el atributo: Metalico ###
##           Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
## Producto      2 315.85  157.92 242.395 <2e-16 ***
## Panelista    10  11.09   1.11  1.702  0.122
## Producto:Panelista 20  11.82   0.59  0.907  0.582
## Residuals    33  21.50   0.65
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

```

# Calcular la media de cada atributo para cada panelista y producto
tabla_promedios <- sesiones %>%
  group_by(Panelista, Producto) %>%
  summarize(
    across(all_of(atributos), ~mean(.x, na.rm = TRUE)),
    .groups = "drop"
  )

# Calcular el promedio general por producto
promedio_general_producto <- sesiones %>%
  group_by(Producto) %>%
  summarize(
    across(all_of(atributos), ~mean(.x, na.rm = TRUE)),
    .groups = "drop"
  )

# Mostrar tabla de promedios
tabla_promedios

```

```

## # A tibble: 33 × 7
##   Panelista Producto Dulce Salado Acido Carton Metalico
##   <fct>    <fct>    <dbl> <dbl> <dbl> <dbl> <dbl>
## 1 AS      A           5  2.5  3.5  2.5  0.5
## 2 AS      B           7.5  3.5  2    1    3
## 3 AS      C          15  4.5  4    3.5  5
## 4 BG      A           2  2    2.5  2.5  0.5
## 5 BG      B           5  3    6    2    3.5
## 6 BG      C          12.5  3.5  4    3.5  6.5
## 7 BR      A           2  4.25  9    2    1.5
## 8 BR      B           5  3.75  3.5  1.5  5
## 9 BR      C          10  6.5  1    4.5  6.5
## 10 DY     A           5  3.5  6    1    0.5
## # i 23 more rows

```

```

# Cargar Librerías necesarias
library(dplyr)
library(tidyr)
library(ggplot2)

# Convertir ambas tablas a formato Largo para graficar con ggplot
datos_largos <- tabla_promedios %>%
  pivot_longer(cols = all_of(atributos), names_to = "Atributo", values_to = "Intensidad")

promedio_general_largo <- promedio_general_producto %>%
  pivot_longer(cols = all_of(atributos), names_to = "Atributo", values_to = "Promedio_General")

# Función para graficar cada atributo, incluyendo el promedio general por producto
graficar_atributo <- function(atributo) {

  # Filtrar Los datos solo para el atributo seleccionado
  datos_filtrados <- datos_largos %>%
    filter(Atributo == atributo)

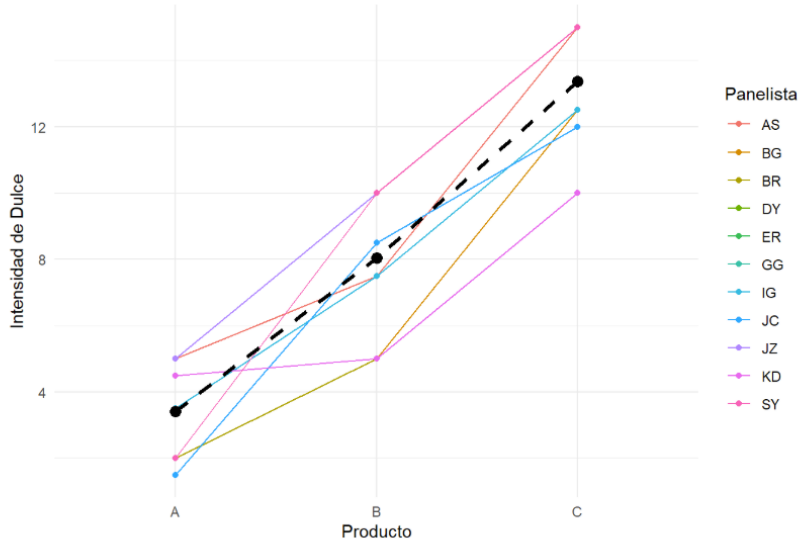
  promedio_general_filtrado <- promedio_general_largo %>%
    filter(Atributo == atributo)

  # Crear La gráfica
  ggplot() +
    geom_line(data = datos_filtrados, aes(x = Producto, y = Intensidad, group = Panelista, color = Panelista)) +
    geom_point(data = datos_filtrados, aes(x = Producto, y = Intensidad, color = Panelista)) +
    geom_line(data = promedio_general_filtrado, aes(x = Producto, y = Promedio_General, group = 1),
              color = "black", linetype = "dashed", linewidth = 1.2) +
    geom_point(data = promedio_general_filtrado, aes(x = Producto, y = Promedio_General), color = "black", size = 3) +
    labs(title = paste("Promedio de Intensidad por Producto - Atributo:", atributo),
         x = "Producto", y = paste("Intensidad de", atributo)) +
    theme_minimal()
}

# Graficar todos Los atributos
graficar_atributo("Dulce")

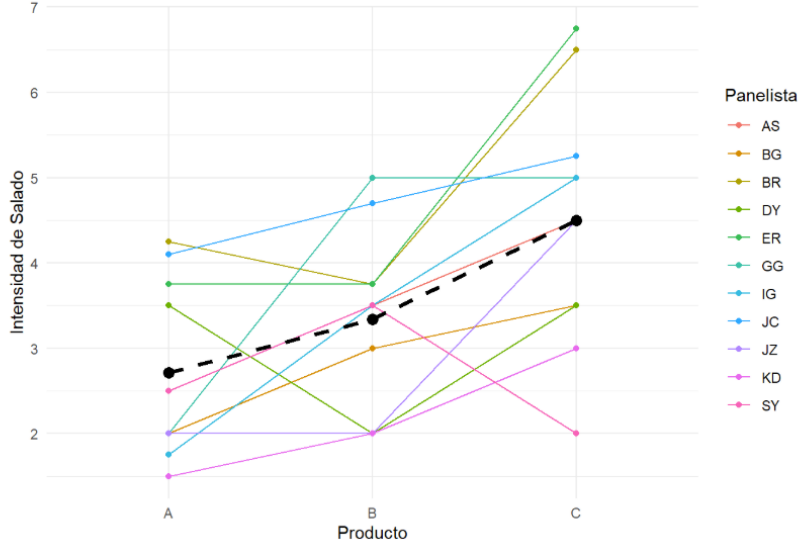
```

Promedio de Intensidad por Producto - Atributo: Dulce



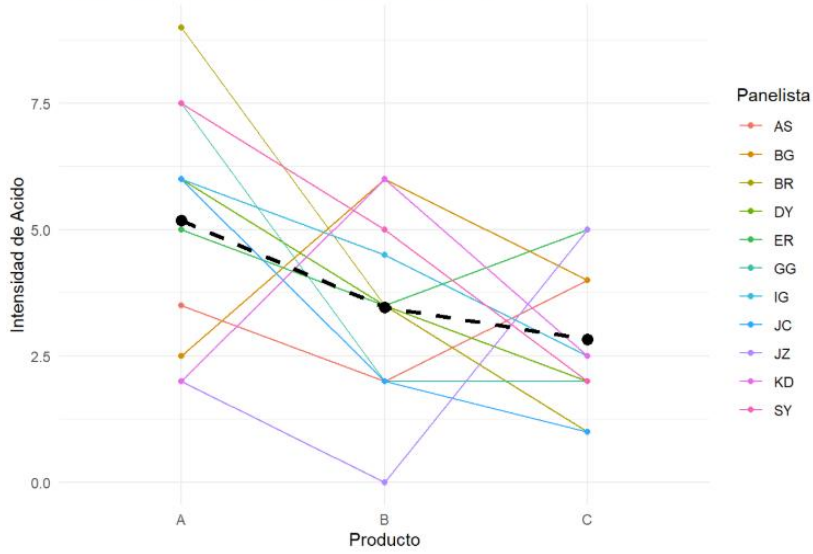
graficar_atributo("Salado")

Promedio de Intensidad por Producto - Atributo: Salado



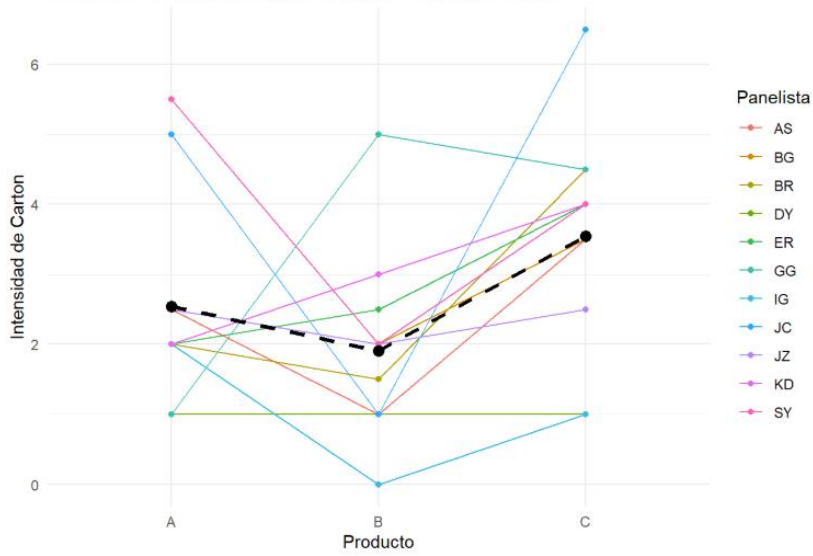
```
graficar_atributo("Acido")
```

Promedio de Intensidad por Producto - Atributo: Acido



```
graficar_atributo("Carton")
```

Promedio de Intensidad por Producto - Atributo: Carton



Anexo 40. Output de RStudio para la sesión final de evaluación de atributos de sabor de lácteos en polvo

Sesión final de evaluación de productos lácteos en polvo

Ana Luisa Perez

2025-09-09

```
library(agricolae)
```

```
library(readxl)  
datafinal <- read_excel("C:/Users/Ana Luisa/Desktop/datafinal.xlsx")  
View(datafinal)
```

```
str(datafinal)
```

```
## tibble [60 × 7] (S3: tbl_df/tbl/data.frame)  
## $ Panelista: chr [1:60] "AS" "AS" "AS" "AS" ...  
## $ Producto : chr [1:60] "A" "A" "B" "B" ...  
## $ Dulce    : num [1:60] 0 0 0 3 0 0 0 2 0 0 ...  
## $ Salado   : num [1:60] 2 0 5 2 0 2 0 0 5 0 ...  
## $ Acido    : num [1:60] 0 2 3 5 2 2 0 1 0 0 ...  
## $ Carton   : num [1:60] 0 0 2 2 0 5 2 0 0 0 ...  
## $ Metalico : num [1:60] 2 0 0 2 2 0 0 1 0 3 ...
```

```
dulce <- aov(Dulce ~ Producto, data = datafinal)  
summary(dulce)
```

```
##           Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)  
## Producto    2   1.23   0.6167   0.318  0.729  
## Residuals  57 110.50   1.9386
```

```
# Prueba LSD para el atributo sabor dulce  
out <- LSD.test(dulce, "Producto", p.adj = "bonferroni")  
out
```

```

## $statistics
##      MSerror Df      Mean      CV t.value      MSD
##      1.938596 57 1.066667 130.5314 2.466687 1.08607
##
## $parameters
##      test p.adjusted name.t ntr alpha
##      Fisher-LSD bonferroni Producto 3 0.05
##
## $means
##      Dulce      std r      se      LCL      UCL Min Max Q25 Q50 Q75
##      A 0.90 0.967906 20 0.3113355 0.2765613 1.523439 0 2 0 0.5 2
##      B 1.05 1.669384 20 0.3113355 0.4265613 1.673439 0 5 0 0.0 2
##      C 1.25 1.446411 20 0.3113355 0.6265613 1.873439 0 5 0 1.0 2
##
## $comparison
##      NULL
##
## $groups
##      Dulce groups
##      C 1.25      a
##      B 1.05      a
##      A 0.90      a
##
## attr(,"class")
## [1] "group"

```

```

salado <- aov(Salado ~ Producto, data = datafinal)
summary(salado)

```

```

##              Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
## Producto      2  27.63  13.817    2.59 0.0838 .
## Residuals    57 304.05   5.334
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

```
# Prueba LSD para el atributo sabor dulce
out <- LSD.test(salado, "Producto", p.adj = "bonferroni")
out
```

```
## $statistics
## MSerror Df Mean CV t.value MSD
## 5.334211 57 2.383333 96.90592 2.466687 1.801562
##
## $parameters
## test p.adjusted name.t ntr alpha
## Fisher-LSD bonferroni Producto 3 0.05
##
## $means
## Salado std r se LCL UCL Min Max Q25 Q50 Q75
## A 1.50 2.090077 20 0.5164402 0.4658462 2.534154 0 7 0 1 2
## B 2.50 2.188487 20 0.5164402 1.4658462 3.534154 0 6 0 2 5
## C 3.15 2.616245 20 0.5164402 2.1158462 4.184154 0 10 2 2 5
##
## $comparison
## NULL
##
## $groups
## Salado groups
## C 3.15 a
## B 2.50 a
## A 1.50 a
##
## attr(,"class")
## [1] "group"
```

```
acido <- aov(Acido ~ Producto, data = datafinal)
summary(acido)
```

```
## Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
## Producto 2 50.7 25.350 3.858 0.0268 *
## Residuals 57 374.6 6.571
## ---
## Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
# Prueba LSD para el atributo sabor dulce
out <- LSD.test(acido, "Producto", p.adj = "bonferroni")
out
```

```
## $statistics
## MSerror Df Mean CV t.value MSD
## 6.571053 57 1.75 146.4804 2.466687 1.999547
##
## $parameters
## test p.adjusted name.t ntr alpha
## Fisher-LSD bonferroni Producto 3 0.05
##
## $means
## Acido std r se LCL UCL Min Max Q25 Q50 Q75
## A 0.60 0.882580 20 0.5731951 -0.5478034 1.747803 0 2 0 0.0 1.25
## B 1.80 2.015728 20 0.5731951 0.6521966 2.947803 0 5 0 1.0 3.25
## C 2.85 3.856300 20 0.5731951 1.7021966 3.997803 0 15 0 1.5 3.50
##
## $comparison
## NULL
##
## $groups
## Acido groups
## C 2.85 a
## B 1.80 ab
## A 0.60 b
##
## attr(,"class")
## [1] "group"
```

```
carton <- aov(Carton ~ Producto, data = datafinal)
summary(carton)
```

```
## Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
## Producto 2 2.23 1.117 0.404 0.669
## Residuals 57 157.50 2.763
```

```
# Prueba LSD para el atributo sabor dulce
out <- LSD.test(carton, "Producto", p.adj = "bonferroni")
out
```

```
## $statistics
## MSerror Df Mean CV t.value MSD
## 2.763158 57 0.9333333 178.1009 2.466687 1.296632
##
## $parameters
## test p.adjusted name.t ntr alpha
## Fisher-LSD bonferroni Producto 3 0.05
##
## $means
## Carton std r se LCL UCL Min Max Q25 Q50 Q75
## A 0.85 1.386969 20 0.371696 0.105691657 1.594308 0 5 0 0 2
## B 1.20 1.735087 20 0.371696 0.455691657 1.944308 0 5 0 0 2
## C 0.75 1.831738 20 0.371696 0.005691657 1.494308 0 5 0 0 0
##
## $comparison
## NULL
##
## $groups
## Carton groups
## B 1.20 a
## A 0.85 a
## C 0.75 a
##
## attr(,"class")
## [1] "group"
```

```
metalico<- aov(Metalico~ Producto, data = datafinal)
summary(metalico)
```

```
## Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
## Producto 2 56.03 28.017 9.922 0.000201 ***
## Residuals 57 160.95 2.824
## ---
## Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
# Prueba LSD para el atributo sabor dulce
out <- LSD.test(metalico, "Producto", p.adj = "bonferroni")
out
```

```
## $statistics
## MSerror Df Mean CV t.value MSD
## 2.823684 57 0.9833333 170.8863 2.466687 1.310757
##
## $parameters
## test p.adjusted name.t ntr alpha
## Fisher-LSD bonferroni Producto 3 0.05
##
## $means
## Metalico std r se LCL UCL Min Max Q25 Q50 Q75
## A 0.30 0.6569467 20 0.3757449 -0.4524161 1.052416 0 2 0 0 0.00
## B 2.35 2.7390932 20 0.3757449 1.5975839 3.102416 0 10 0 2 3.25
## C 0.30 0.7326951 20 0.3757449 -0.4524161 1.052416 0 2 0 0 0.00
##
## $comparison
## NULL
##
## $groups
## Metalico groups
## B 2.35 a
## A 0.30 b
## C 0.30 b
##
## attr(,"class")
## [1] "group"
```

Anexo 41. Fotografías de la preparación de muestras, sesiones de entrenamiento y evaluación final de cinco atributos de sabor en lácteos en polvo

Figura 13. Preparación de muestras para el entrenamiento del atributo dulce



Figura 14. Preparación de muestras para el entrenamiento del atributo cartón

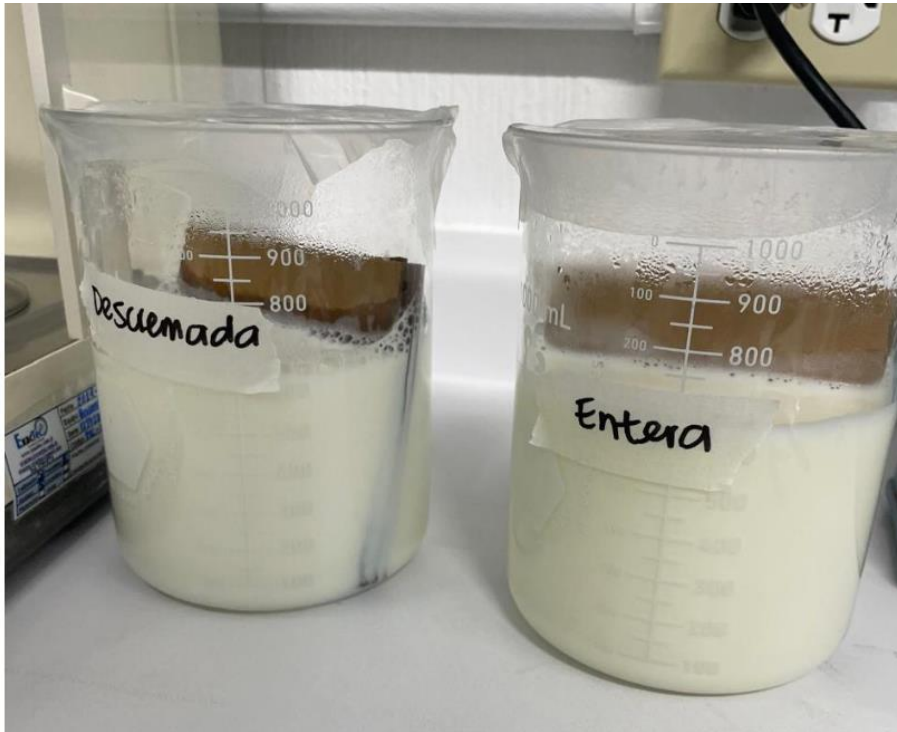


Figura 15. Muestras de sesión de entrenamiento de atributo de sabor



Figura 16. Evaluación final de atributos de sabor en lácteos en polvo

