



TACLLA
revistas.unf.edu.pe/taclla
<https://doi.org/10.57063/rcitac.v2i1.210>



**FONDO
EDITORIAL
UNF**

ARTÍCULO ORIGINAL



Efecto de la adición de semilla de llantén (*Plantago Major L.*) en las propiedades sensoriales del yogurt

Effect of the addition of plantain seed (*Plantago Major L.*) on the sensory properties of yogurt

Luz Blanca Pizarro-Chamorro¹ ; Michel Karolay Ponce-Padilla¹ ; Rosmery Karina Quispe-Olarte¹ ; Lucia Ruth Pantoja-Tirado¹ ; Richerson Harold Piscoche-Chinchay¹ ; Gino Paul Prieto-Rosales^{1*}

¹ Departamento académico de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Huancavelica, 09151, Perú.

*Autor de correspondencia: Gino Paul Quispe-Olarte - ginoprieto@unat.edu.pe

Received: 05 December 2025. Accepted: 15 May 2025. Published: 30 June 2026.

Abstract

The growing demand for foods with functional potential has driven the incorporation of natural ingredients with health-promoting properties. In this context, plantain seed (*Plantago major L.*) represents an alternative due to its fiber content and bioactive compounds. The objective of this study was to evaluate the effect of adding plantain seed on the sensory acceptability of yogurt. A completely randomized design was used with three treatments (5%, 10%, and 15% seed) and three replicates. Sensory evaluation was conducted using a five-point hedonic scale with 80 untrained panelists. The data were analyzed using analysis of variance (ANOVA) and Tukey's multiple comparison test ($\alpha = 0.05$). The results showed significant differences between treatments ($F = 17.13$; $p < 0.001$). The yogurt with 10% plantain seed exhibited the highest sensory acceptability (mean = 2.50), differing significantly from the treatments with 15% (mean = 1.56) and 5% (mean = 0.56). It is concluded that the addition of plantain seed significantly influences the acceptability of yogurt, with the 10% concentration being the most suitable from a sensory standpoint. These results demonstrate its potential as a natural ingredient in the development of innovative dairy products.

Keywords: Rice malt, germination and optimize.

Resumen

La creciente demanda de alimentos con potencial funcional ha impulsado la incorporación de ingredientes naturales con propiedades beneficiosas para la salud. En este contexto, la semilla de llantén (*Plantago major L.*) representa una alternativa por su contenido de fibra y compuestos bioactivos. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la adición de semilla de llantén en la aceptabilidad sensorial del yogurt. Se empleó un diseño completamente al azar con tres tratamientos (5 %, 10 % y 15 % de semilla) y tres repeticiones. La evaluación sensorial se realizó mediante una prueba hedónica de cinco puntos con 80 panelistas no entrenados. Los datos fueron analizados mediante análisis de varianza (ANOVA) y prueba de comparaciones múltiples de Tukey ($\alpha = 0,05$). Los resultados evidenciaron diferencias significativas entre tratamientos ($F = 17,13$; $p < 0,001$). El yogurt con 10 % de semilla presentó la mayor aceptabilidad sensorial (media = 2,50), diferenciándose significativamente de los tratamientos con 15 % (media = 1,56) y 5 % (media = 0,56). Se concluye que la adición de semilla de llantén influye significativamente en la aceptabilidad del yogurt, siendo la concentración de 10 % la más adecuada desde el punto de vista sensorial. Estos resultados evidencian su potencial como ingrediente natural en el desarrollo de productos lácteos innovadores.

Keywords: Yogurt; *Plantago major L.*; evaluación sensorial; aceptabilidad; alimentos funcionales.

Cite this article:

Pizarro Chamorro, L.B. et al (2026). *Efecto de la adición de semilla de llantén (Plantago Major L.) en las propiedades sensoriales del yogurt*. *Revista Científica de Ingeniería de la Universidad Nacional de Frontera: Taclla*, 2(1), 17- 32.

1. INTRODUCCIÓN

Las enfermedades del sistema digestivo han incrementado notablemente su prevalencia durante las últimas décadas, convirtiéndose en uno de los principales desafíos de la salud global debido a su impacto en la morbilidad, la calidad de vida y los costos sanitarios. La Organización Mundial de la Salud (OMS) advierte que trastornos como el cáncer colorrectal, la enfermedad inflamatoria intestinal, la dispepsia funcional y el síndrome del intestino irritable afectan a millones de personas, siendo el cáncer colorrectal una de las neoplasias más letales con 1.9 millones de nuevos casos y alrededor de 930 000 muertes reportadas en 2020 (OMS, 2023). Estos datos, sumados al incremento de enfermedades asociadas al estilo de vida, han impulsado la búsqueda de alimentos funcionales capaces de contribuir al mantenimiento de la salud digestiva y la prevención de patologías

gastrointestinales (Canon et al., 2022). En este contexto, el yogurt ha emergido como uno de los alimentos funcionales más estudiados y consumidos a nivel mundial debido a su concentración de microorganismos benéficos, su aporte nutricional y su capacidad para modular el microbiota. Investigaciones recientes han demostrado que el consumo regular de yogurt reduce el riesgo de inflamación intestinal, mejora la absorción de nutrientes, fortalece la respuesta inmunológica y contribuye al equilibrio del microbiota intestinal, factor clave en la prevención de enfermedades metabólicas y digestivas (Kerry et al., 2018). Además, estudios clínicos evidencian que el microbiota saludable favorece la integridad de la mucosa intestinal, disminuye la permeabilidad intestinal y reduce la incidencia de trastornos gastrointestinales crónicos (Sharma et al., 2023).

Sin embargo, la creciente conciencia de los consumidores hacia los ingredientes artificiales y aditivos presentes en yogures comerciales ha generado una demanda por productos más naturales, sostenibles y libres de compuestos sintéticos. En Perú, como en muchos países de América Latina, gran parte de los yogures industriales contienen colorantes, saborizantes, espesantes y estabilizantes artificiales que, si bien mejoran la textura y conservación, también generan preocupación entre los consumidores (Marcani, 2020). Por ello, la tendencia actual en la industria alimentaria se orienta hacia formulaciones clean label, las cuales incorporan ingredientes naturales con propiedades funcionales, beneficios para la salud y buena aceptabilidad sensorial (Rashwan et al., 2023).

Dentro de estos ingredientes naturales, las semillas ricas en fibra soluble, mucílagos, compuestos bioactivos y metabolitos antioxidantes destacan por su capacidad para mejorar la textura del yogurt, aumentar su valor nutricional y aportar beneficios fisiológicos. Entre ellas, la semilla de llantén (*Plantago major* L.) se ha posicionado como un recurso vegetal de alto potencial nutracéutico. El llantén es una planta herbácea perenne distribuida globalmente, incluyendo diversas regiones del Perú donde su presencia es abundante debido a su adaptación a climas templados, tropicales y altitudes superiores a 1000 m s.n.m. (Tello, 2020). Sus semillas contienen un endospermo rico en mucílagos, polisacáridos complejos, fibra dietética, aceites esenciales, proteínas, flavonoides y compuestos fenólicos asociados con propiedades antiinflamatorias, antioxidantes, demulcentes y prebióticas (Shah et al., 2020).

Diversos estudios recientes han documentado que los mucílagos de *Plantago major* tienen la capacidad de gelificar, retener agua, reducir la irritación gastrointestinal y favorecer el tránsito intestinal, actuando como un recurso natural efectivo para promover la salud digestiva (Boskabab et al., 2025). Asimismo, su efecto prebiótico contribuye al crecimiento de bacterias benéficas como *Lactobacillus* y *Bifidobacterium*, lo cual fortalece el microbiota y mejora la integridad del epitelio intestinal.

El uso de semillas con alto contenido de mucílagos en productos lácteos fermentados ha sido ampliamente explorado en los últimos años. Investigaciones con chía, linaza, sachá inchi y amaranto han demostrado que la adición de semillas puede aumentar la viscosidad, mejorar la estabilidad del yogurt, incrementar el contenido de fibra y potenciar su aceptación sensorial, siempre que las concentraciones sean adecuadas y no afecten negativamente la textura o el sabor (García, 2022). Estos hallazgos sugieren que la semilla de llantén puede ejercer un efecto similar debido a su composición química y propiedades fisicoquímicas.

Además, desde un enfoque de innovación alimentaria, la incorporación de ingredientes funcionales nativos o naturalizados en productos lácteos permite diversificar la oferta alimentaria, promover el consumo de alimentos saludables y revalorizar especies de importancia etnobotánica como el llantén. La creciente tendencia de consumidores hacia alimentos con beneficios reales para la salud convierte al llantén en un ingrediente prometedor para yogures funcionales con propiedades digestivas y sensoriales mejoradas.

La investigación en el desarrollo de alimentos funcionales ha experimentado un notable crecimiento en los últimos años, especialmente en el ámbito de los productos lácteos fermentados enriquecidos con ingredientes de origen vegetal. Estudios recientes han evidenciado que la incorporación de semillas ricas en fibra dietética y compuestos bioactivos, como chía y linaza, mejora no solo el valor nutricional, sino también atributos sensoriales como la textura, viscosidad y aceptabilidad del yogurt, debido principalmente a la acción de sus mucílagos y compuestos prebióticos (Nakov et al., 2024; Jiang et al., 2024). Asimismo, se ha reportado que la optimización de la concentración de estos ingredientes es un factor crítico, ya que niveles intermedios permiten alcanzar un equilibrio adecuado entre funcionalidad y aceptación sensorial (Granato et al., 2020). En este contexto, la tendencia hacia formulaciones "clean label" ha impulsado la búsqueda de alternativas naturales que reemplacen aditivos sintéticos, promoviendo el uso de ingredientes funcionales en productos lácteos innovadores (Rudke et al., 2024). No obstante, a pesar del creciente interés en este campo, el uso de la semilla de *Plantago major* L. en productos lácteos fermentados ha sido escasamente explorado, particularmente en condiciones de producción y consumo propias de contextos altoandinos. Esta limitada evidencia científica representa una oportunidad de

investigación orientada a la revalorización de recursos vegetales locales con potencial aplicación agroindustrial. En este sentido, el presente estudio aporta evidencia preliminar sobre la incorporación de esta semilla en yogurt, enfocándose en la evaluación de su aceptabilidad sensorial como criterio fundamental para su viabilidad en el desarrollo de nuevos productos alimentarios. Es importante precisar que, si bien la semilla de *Plantago major* L. ha sido reportada como una fuente de compuestos bioactivos con potencial funcional, el presente estudio se enfoca exclusivamente en la evaluación de la aceptabilidad sensorial del yogurt enriquecido, sin incluir análisis fisicoquímicos, microbiológicos ni nutricionales. Por tanto, los resultados obtenidos deben interpretarse dentro del alcance sensorial del producto, constituyendo una base preliminar para futuras investigaciones orientadas a la caracterización integral de sus propiedades funcionales.

En este marco, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de la adición de semilla de llantén (*Plantago major* L.) en diferentes concentraciones sobre las propiedades sensoriales del yogurt, determinando la aceptabilidad del producto e identificando la formulación óptima para su potencial incorporación en la industria láctea funcional. Este estudio busca aportar evidencia científica que respalde el desarrollo de yogures nutritivos, naturales y con valor agregado para consumidores que priorizan la salud digestiva y la calidad en su alimentación.

En este contexto, el presente estudio introduce un enfoque innovador al evaluar la incorporación de semilla de *Plantago major* L. en yogurt, un ingrediente escasamente explorado en matrices lácteas fermentadas, especialmente en condiciones propias de contextos altoandinos. A diferencia de estudios previos centrados en semillas como chía o linaza, esta investigación aborda la revalorización de un recurso vegetal tradicional con potencial aplicación agroindustrial, contribuyendo al desarrollo de productos lácteos innovadores con identidad territorial. Asimismo, el estudio se enfoca en la evaluación de la aceptabilidad sensorial como criterio clave para su viabilidad en el mercado, constituyendo una base preliminar para futuras investigaciones orientadas a la caracterización fisicoquímica y funcional del producto.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Materias primas y procedencia

Las materias primas utilizadas para la elaboración del yogurt con potencial funcional fueron semillas de llantén (*Plantago major* L.) y leche fresca de vaca, ambas provenientes de la comunidad campesina de Atocc, situada entre los 3501 y 4000 m s.n.m., en el distrito de Daniel Hernández (12°23'25" S; 74°51'32" O), provincia de Tayacaja, región Huancavelica, Perú. Esta zona altoandina se caracteriza por un clima frío-seco, suelos franco-arenosos y condiciones agroecológicas favorables para el crecimiento de especies medicinales como el llantén, lo cual garantiza una alta concentración de sus compuestos bioactivos. Las semillas de llantén fueron recolectadas manualmente por productores locales siguiendo prácticas agroecológicas tradicionales, lo que permitió asegurar su pureza botánica, ausencia de pesticidas, bajo nivel de humedad y no exposición a contaminantes químicos. Antes de su uso, se verificaron características fisicoquímicas básicas como integridad, coloración homogénea y ausencia de rancidez, siguiendo criterios establecidos por normas técnicas de calidad de plantas medicinales.

La leche fresca utilizada provino de vacas criollas y mestizas alimentadas con pastos naturales altoandinos. El ordeño se realizó en horas de la mañana, y la leche fue transportada bajo condiciones higiénicas en recipientes sanitizados. Se verificaron parámetros básicos de calidad e inocuidad mediante: Evaluación sensorial: olor lácteo fresco, ausencia de sabores extraños. Control de temperatura: recepción a 18–22 °C. Inspección visual: ausencia de sedimentos, grumos o separación fase grasa-suero. Estas prácticas se alinean con las recomendaciones del Codex Alimentarius (FAO/OMS) para la calidad de la leche destinada a consumo y procesamiento.

Lugar de la investigación

El estudio sensorial se realizó en un entorno aplicado y de carácter comunitario durante una feria gastronómica local llevado a cabo en la Plaza de Armas de Pampas, capital de la provincia de Tayacaja, en la región Huancavelica, Perú. La actividad fue organizada por la Municipalidad Provincial de Tayacaja como parte de un evento de promoción de productos alimentarios innovadores. La Plaza de Armas se encuentra a una altitud aproximada de 3,235 m s.n.m., con un clima templado-frío típico de los Andes centrales peruanos. Durante la realización del estudio, las condiciones ambientales registradas fueron de 17 ± 2 °C de temperatura y una humedad relativa promedio del 58–65%, valores determinados mediante un termohigrómetro portátil previamente calibrado. Tales condiciones permitieron mantener la estabilidad de las muestras y asegurar una

adecuada percepción sensorial sin interferencias por calor excesivo ni fluctuaciones ambientales abruptas. El espacio seleccionado fue acondicionado para minimizar sesgos externos que pudieran afectar la evaluación sensorial. Para ello, se dispuso de una zona delimitada con mesas individuales, protección frente a la radiación solar directa y flujo de aire moderado. Asimismo, se ubicó a los panelistas en un área aislada del tránsito público y de estímulos olfativos externos provenientes de otros puestos gastronómicos presentes en la feria, con el fin de garantizar un entorno controlado que favoreciera la objetividad de las respuestas. La elección de este contexto comunitario permitió evaluar el producto en condiciones reales de consumo y con una población heterogénea, representativa del mercado local al que podría orientarse el yogurt enriquecido con semillas de llantén.

Equipos, materiales y utensilios

Para el desarrollo del presente estudio se empleó un conjunto de equipos, materiales y utensilios certificados para uso alimentario, los cuales fueron sometidos previamente a procedimientos de lavado, desinfección y esterilización conforme a las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) recomendadas por el Codex Alimentarius. Estos insumos garantizaron la inocuidad del proceso y la reproducibilidad de las condiciones experimentales. En el laboratorio se utilizaron instrumentos de precisión destinados a asegurar el control riguroso de los parámetros fisicoquímicos durante la elaboración del yogurt. Entre ellos destacó un vaso precipitado de vidrio borosilicato de 250 mL (Pyrex®, ASTM E438) empleado para mediciones volumétricas y manejo de muestras; un termómetro de acero inoxidable Brannan®, con un amplio rango de medición desde -10 hasta +360 °C, imprescindible para monitorear las temperaturas críticas del proceso de pasteurización, enfriamiento e incubación; y una balanza analítica electrónica Precisa® con capacidad de 220 g y precisión de ± 0.001 g, utilizada para pesar con exactitud las cantidades de semilla de llantén y otros insumos. Adicionalmente, se utilizó una cámara de fermentación artesanal, adaptada para mantener condiciones térmicas controladas entre 42 y 45 °C, rango óptimo para el crecimiento de *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*. Para el procesamiento de las materias primas y la elaboración del yogurt se emplearon utensilios de acero inoxidable de grado alimentario, tales como ollas, batidoras manuales y coladores, así como una tela filtrante esterilizada, necesaria para la separación de impurezas y partículas sólidas. Se utilizó también una jarra medidora plástica de 1 litro (Rey®) para la correcta cuantificación de la leche y otros líquidos. Las muestras finales fueron envasadas en recipientes PET de 500 g, previamente esterilizados para evitar contaminación microbiana durante el almacenamiento. Asimismo, el traslado y manipulación de la leche se realizó en baldes plásticos sanitizados, garantizando condiciones higiénicas durante todo el proceso. El adecuado funcionamiento y calibración de cada uno de estos equipos constituyó un elemento fundamental para asegurar la validez de los resultados, tanto en la estandarización del proceso de elaboración del yogurt como en la obtención de datos confiables durante la etapa de análisis sensorial.

Procesamiento de las semillas de llantén

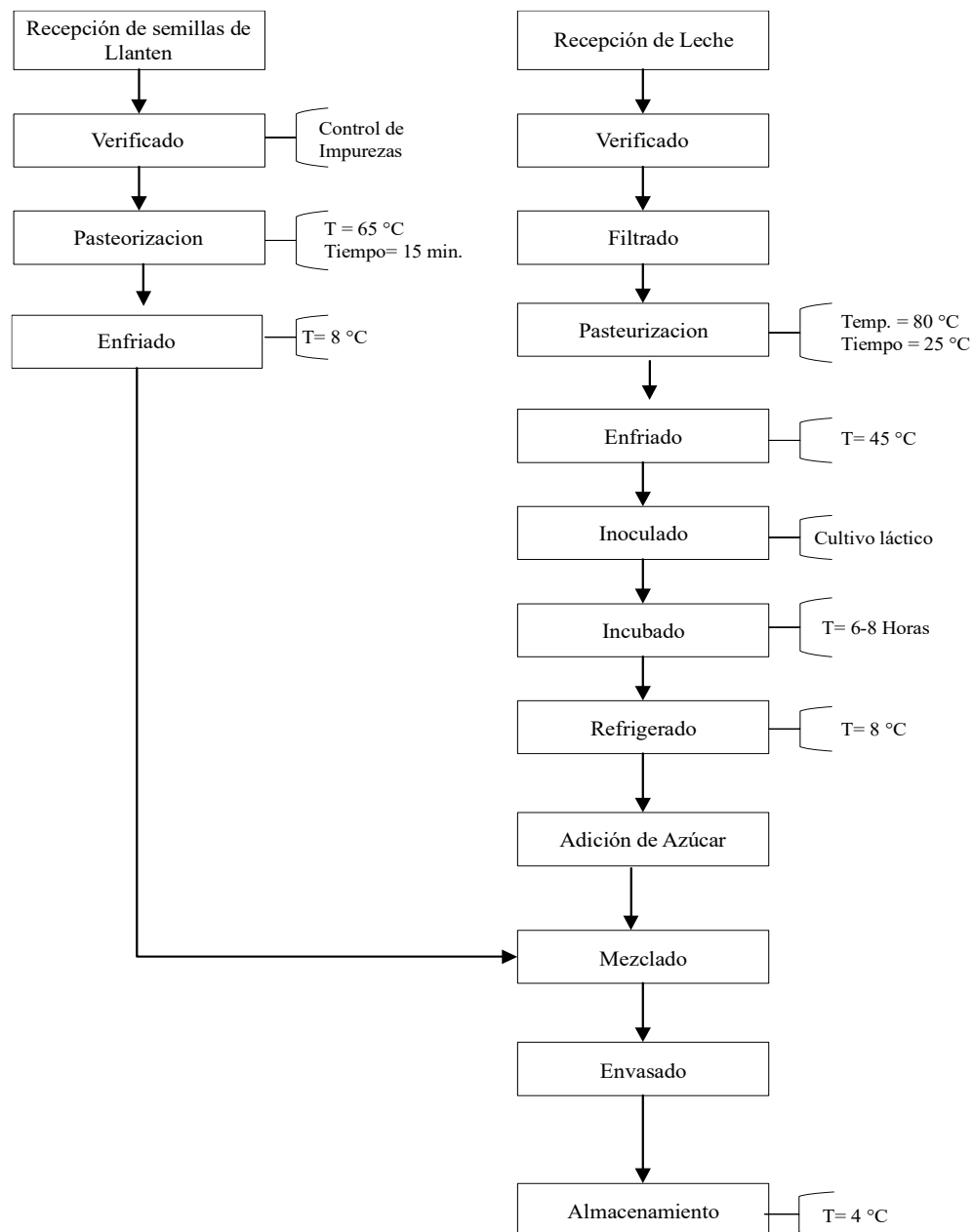
El procesamiento de las semillas de *Plantago major* L. se desarrolló siguiendo un protocolo de pretratamiento adaptado de Marcani (2020) y ajustado a las condiciones del laboratorio, con el propósito de garantizar la inocuidad, estabilidad y funcionalidad de los compuestos bioactivos presentes en el llantén. Este procedimiento contempló diversas etapas sucesivas, cada una con un rol específico en la preparación de las semillas antes de su incorporación al yogurt. En primer lugar, se efectuó la recepción y selección manual del material vegetal, etapa en la cual se realizó una inspección visual minuciosa para eliminar restos de hojas, tallos, piedras, semillas degradadas o con signos de humedad excesiva. Este proceso permitió asegurar la pureza botánica y evitar la presencia de cuerpos extraños que pudieran afectar la calidad sensorial o generar riesgos microbiológicos. Posteriormente, las semillas fueron sometidas a un proceso de limpieza húmeda, utilizando agua potable clorada a 50 ppm para remover polvo, partículas finas y microorganismos superficiales. Esta etapa es fundamental para reducir la carga microbiana inicial y eliminar impurezas sin alterar la estructura del mucílago natural presente en la semilla. Luego de la limpieza, se ejecutó la fase de pasteurización, en la cual las semillas se mantuvieron a 65 °C durante 15 minutos. Esta temperatura fue seleccionada debido a su eficacia para disminuir la presencia de microorganismos patógenos y alterantes, sin comprometer la integridad físico-química de los polisacáridos gelificantes que caracterizan al llantén. El tratamiento térmico contribuyó además a mejorar su digestibilidad y a facilitar la posterior hidratación de los mucílagos durante su mezcla con el yogurt. Una vez concluida la pasteurización, las semillas fueron sometidas a un enfriamiento rápido hasta alcanzar los 8 °C, con

el fin de detener cualquier proceso de proliferación microbiana residual y preservar los compuestos funcionales sensibles al calor. El enfriamiento inmediato constituye una etapa crítica para mantener la estabilidad del producto y asegurar que las semillas puedan incorporarse al yogurt sin alterar negativamente la fermentación láctica. Finalmente, se procedió a la incorporación de las semillas tratadas al yogurt, mezclándolas de manera homogénea dentro de cada formulación correspondiente (5 %, 10 % y 15 %). Esta homogeneización permitió garantizar una distribución uniforme de los mucílagos, aceites y fibra dietética presentes en el llantén, asegurando que cada muestra presentara propiedades sensoriales comparables y que los compuestos bioactivos ejercieran su efecto funcional de manera equilibrada en todo el producto. Este protocolo integral aseguró que las semillas de llantén alcanzaran un nivel óptimo de calidad, inocuidad y funcionalidad para su incorporación en el yogurt, preservando tanto sus características fisicoquímicas como su potencial beneficio para la salud digestiva del consumidor.

Elaboración del yogurt enriquecido

La elaboración del yogurt enriquecido con semillas de *Plantago major* L. se desarrolló siguiendo un proceso tecnológico estandarizado, diseñado para garantizar la inocuidad, calidad sensorial y estabilidad fisicoquímica del producto final (Marcani, 2020). El procedimiento se llevó a cabo en condiciones controladas, aplicando los principios de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) y asegurando uniformidad en las formulaciones para cada tratamiento experimental. El proceso inició con el filtrado de la leche fresca, utilizando tela filtrante esterilizada para eliminar partículas sólidas, restos orgánicos o cuerpos extraños que pudieran alterar la fermentación. Esta etapa permitió obtener una materia prima limpia y uniforme para su posterior pasteurización. Seguidamente, la leche fue sometida a pasteurización a 80 °C durante 25 minutos, temperatura suficiente para reducir drásticamente la carga microbiana patógena y la flora alterante, sin afectar la estructura de las proteínas lácteas necesarias para el desarrollo de la textura típica del yogurt. Esta etapa se considera fundamental para prevenir contaminaciones y asegurar una fermentación controlada. Una vez concluida la pasteurización, se procedió al enfriamiento rápido de la leche hasta alcanzar los 45 °C, temperatura óptima para la inoculación del cultivo iniciador. Este rango térmico favorece la viabilidad y actividad metabólica de *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*, especies responsables de la acidificación, coagulación y desarrollo del aroma característico del yogurt. Posteriormente, se realizó la inoculación del fermento comercial CHR Hansen YF-L812, el cual se incorporó en las proporciones recomendadas por el fabricante. La mezcla se agitó suavemente para asegurar una distribución homogénea de los microorganismos en toda la matriz láctea. La etapa de incubación consistió en mantener la mezcla a una temperatura constante entre 42 y 45 °C durante 6 a 8 horas, en una cámara de fermentación artesanal. El proceso fue monitoreado hasta que el yogurt alcanzara un pH de 4.6, nivel crítico donde se produce la coagulación de las proteínas y se obtiene la textura gelificada deseada. La determinación de este punto final garantiza la seguridad microbiológica y características sensoriales adecuadas. Tras alcanzar el pH objetivo, el yogurt fue sometido a refrigeración inicial a 4 °C, con el fin de detener el crecimiento bacteriano y estabilizar la estructura del coágulo. Este enfriamiento es esencial para preservar el sabor, textura y viabilidad de los cultivos lácteos. Una vez estabilizado, se procedió al mezclado con las semillas de llantén previamente tratadas, incorporando cada una de las concentraciones definidas experimentalmente (5 %, 10 % y 15 %). La mezcla se agitó cuidadosamente para asegurar una distribución uniforme de los mucílagos, fibra soluble y compuestos bioactivos presentes en las semillas, sin alterar la estructura del yogurt. Finalmente, el producto se envasó en recipientes PET de 500 g previamente esterilizados y se almacenó a 4 °C hasta su evaluación sensorial. Este almacenamiento en frío preservó la integridad del yogurt y evitó la separación de fases, sin afectar la aceptabilidad sensorial.

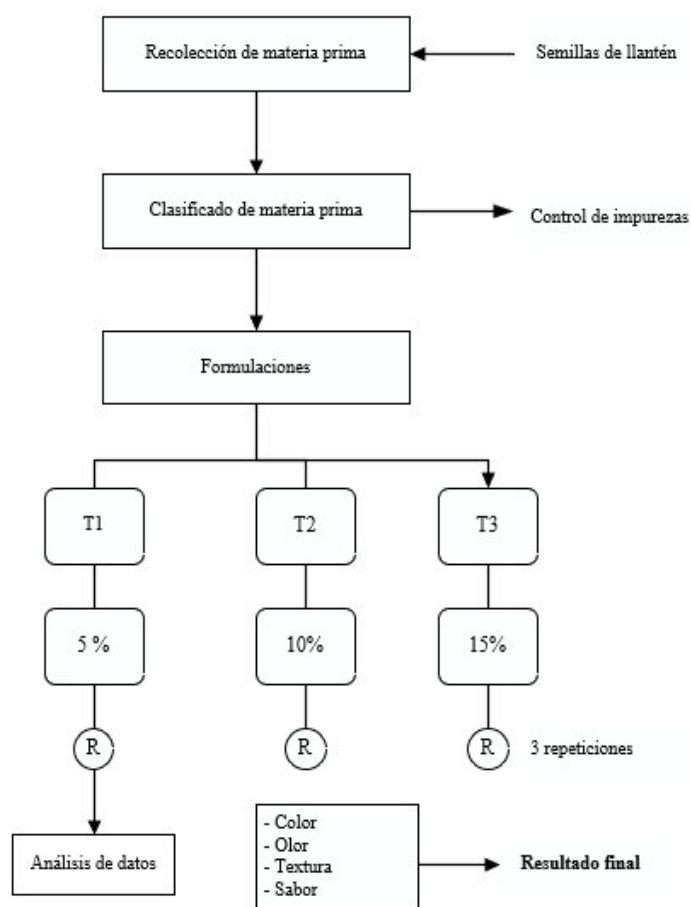
Fig. 1. Diagrama de flujo de elaboración de yogurt con adición de semillas de llantén.



Diseño experimental

El presente estudio se desarrolló bajo un diseño completamente al azar (DCA), metodología apropiada para evaluar el efecto de un único factor experimental en condiciones controladas. En este caso, el factor fue la concentración de semilla de llantén (*Plantago major* L.) incorporada al yogurt. Se definieron tres niveles correspondientes a las concentraciones de 5 %, 10 % y 15 %, identificadas como T1, T2 y T3, respectivamente. Cada tratamiento se elaboró empleando 500 g de yogurt base, previamente pasteurizado e inoculado con el cultivo láctico seleccionado. La semilla de llantén fue añadida a cada formulación una vez finalizado su procesamiento higiénico-sanitario y térmico, asegurando condiciones uniformes en el manejo de la materia prima. Para garantizar la reproducibilidad y fiabilidad del estudio, cada tratamiento contó con tres repeticiones independientes, obteniendo así un total de nueve muestras experimentales. Este diseño permitió que todas las unidades experimentales tuvieran la misma probabilidad de recibir cualquiera de los tratamientos, reduciendo la presencia de variables externas que pudieran interferir en las propiedades sensoriales evaluadas.

Fig. 2. Diagrama de flujo del diseño experimental del proceso de adición de semilla de llantén en el yogurt



Nota. Marcani, (2020).

Evaluación sensorial

La evaluación sensorial del yogurt enriquecido con semilla de *Plantago major* L. se llevó a cabo mediante una prueba afectiva de tipo hedónica, con el propósito de determinar la aceptabilidad del producto desde la perspectiva del consumidor final. Para ello, se contó con la participación de 80 panelistas no entrenados, seleccionados de manera voluntaria entre los asistentes a la feria gastronómica donde se desarrolló el estudio. Esta modalidad permitió trabajar con una muestra heterogénea y representativa de consumidores reales del producto. Los participantes fueron seleccionados considerando criterios de inclusión básicos que permitieran garantizar la pertinencia de las respuestas. Se aceptó la participación de hombres y mujeres entre los 10 y 45 años, específicamente consumidores habituales de yogurt, y se excluyó a aquellas personas con alergias o intolerancias conocidas a los lácteos o a los componentes del producto. Esta selección buscó asegurar la seguridad de los participantes y la validez de las percepciones sensoriales evaluadas. El análisis contempló cuatro atributos fundamentales comúnmente empleados en estudios de aceptación de productos lácteos: color, olor, sabor y textura. Cada uno de estos atributos fue evaluado utilizando una escala hedónica estructurada de 5 puntos. En esta escala, los panelistas expresaron su nivel de agrado mediante las siguientes categorías: 1 = No me gusta nada, 2 = No me gusta, 3 = Ni me gusta ni me disgusta, 4 = Me gusta y 5 = Me gusta mucho. Antes de iniciar la prueba, los evaluadores recibieron una explicación estandarizada y clara sobre la metodología de calificación, el significado de cada categoría de la escala hedónica y el procedimiento para registrar sus respuestas en la ficha sensorial. Asimismo, se les pidió no comunicarse entre sí durante la evaluación para evitar influencias externas en sus decisiones. Las degustaciones se realizaron de forma individual, bajo luz natural indirecta, utilizando vasos desechables codificados al azar, con el fin de garantizar anonimato y minimizar sesgos relacionados con la identificación visual de los tratamientos. Cada muestra fue servida a temperatura de refrigeración (aprox. 10 °C), condición recomendada para preservar las cualidades sensoriales del yogurt y

asegurar una apreciación adecuada de sabor y textura. Este procedimiento permitió obtener información sensorial confiable y representativa sobre la aceptación del yogurt enriquecido con diferentes porcentajes de semilla de llantén, constituyendo una etapa fundamental para interpretar la preferencia del consumidor frente a las formulaciones evaluadas.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos en la evaluación sensorial fueron organizados y analizados utilizando el software estadístico Minitab versión 20, ampliamente empleado en investigaciones del área de ciencia y tecnología de alimentos. Con el fin de determinar si existían diferencias significativas entre las concentraciones de semilla de llantén evaluadas, se aplicó un ANOVA de un factor, empleando un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$. Este análisis permitió identificar variaciones atribuibles al tratamiento y verificar si la concentración de llantén influía de manera significativa en los atributos sensoriales del yogurt. Cuando el análisis de varianza indicó la existencia de diferencias estadísticamente significativas, se procedió a aplicar la prueba de comparaciones múltiples de Tukey, método que permitió establecer con precisión cuáles tratamientos diferían entre sí y cuantificar la magnitud de dichas diferencias. La interpretación de los resultados se realizó con un nivel de confianza del 95 %, asegurando rigurosidad en las conclusiones del estudio. Este enfoque estadístico integral permitió analizar de forma objetiva el comportamiento sensorial del yogurt enriquecido con semilla de llantén y sustentar con evidencia cuantitativa las diferencias detectadas entre las formulaciones.

El análisis realizado se orientó exclusivamente a la evaluación de la aceptabilidad sensorial del yogurt enriquecido con semilla de *Plantago major* L. En este sentido, es importante precisar que el presente estudio tiene un alcance exploratorio, por lo que no se incluyeron análisis fisicoquímicos, microbiológicos, reológicos ni de caracterización nutricional que permitan validar de manera integral las propiedades potencialmente funcionales del producto. Por tanto, los resultados obtenidos deben interpretarse dentro del alcance sensorial del estudio, constituyendo una base preliminar para futuras investigaciones orientadas a la evaluación fisicoquímica, microbiológica y funcional del yogurt enriquecido. Estas limitaciones metodológicas han sido consideradas en la interpretación de los resultados y en la formulación de las conclusiones del estudio.

Consideraciones éticas

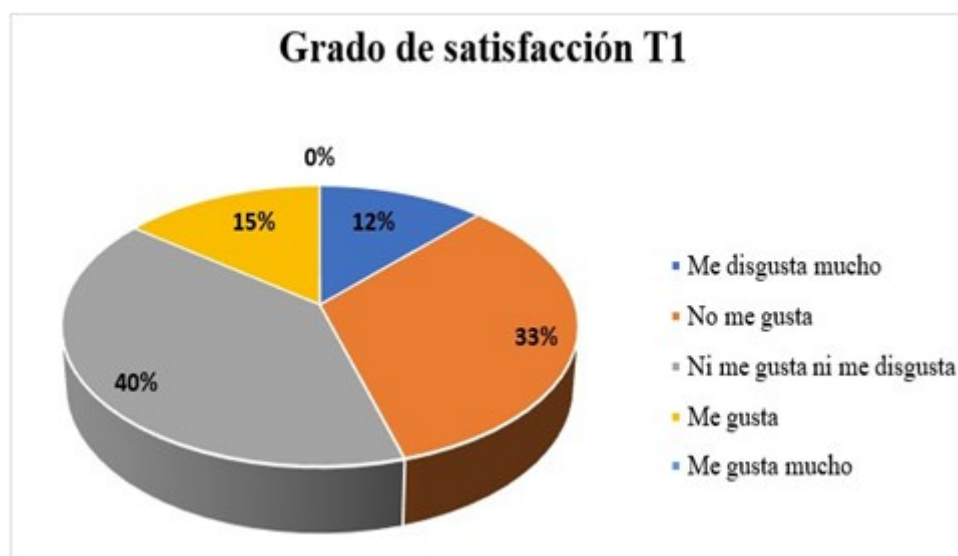
El presente estudio cumplió rigurosamente con los principios éticos establecidos por el comité institucional correspondiente, garantizando en todo momento el respeto, la seguridad y el bienestar de los participantes involucrados. Previo al inicio de la evaluación sensorial, se informó a los voluntarios acerca de los objetivos generales de la investigación, las características del producto a evaluar y el procedimiento de degustación. Asimismo, se enfatizó que su participación era completamente libre y que podían retirarse del proceso en cualquier momento sin consecuencia alguna, asegurando así el principio de participación voluntaria. Cada participante otorgó su consentimiento informado de manera verbal, tras recibir una explicación clara, sencilla y suficiente sobre el propósito del estudio y el tipo de datos que serían recolectados. Esta modalidad fue considerada adecuada debido a la naturaleza de bajo riesgo del estudio y al contexto comunitario en el que se realizó la evaluación. Para salvaguardar la integridad de los voluntarios, se garantizó en todo momento el anonimato y la confidencialidad de las respuestas sensoriales. No se registraron nombres, datos personales ni información que permitiera la identificación de los participantes. Los resultados fueron utilizados exclusivamente con fines científicos y académicos. Además, se evaluó cuidadosamente que el procedimiento no implicara riesgos para la salud, considerando especialmente que el producto era un alimento inocuo, elaborado bajo condiciones higiénicas y con ingredientes aptos para consumo humano. Se verificó también que los participantes no presentaran alergias conocidas a lácteos u otros componentes del yogurt enriquecido, con el fin de evitar reacciones adversas durante la degustación. Estas acciones garantizaron que la ejecución del estudio se alineara con los principios de respeto a las personas, beneficencia y justicia, asegurando que la investigación se desarrollara de manera ética, responsable y transparente.

3. RESULTADOS

El diseño completamente al azar (DCA), estructurado con tres tratamientos y tres repeticiones independientes por cada uno, permitió obtener una base experimental sólida para evaluar el efecto de diferentes concentraciones de semilla de *Plantago major* L. sobre la aceptabilidad sensorial del yogurt. Las evaluaciones

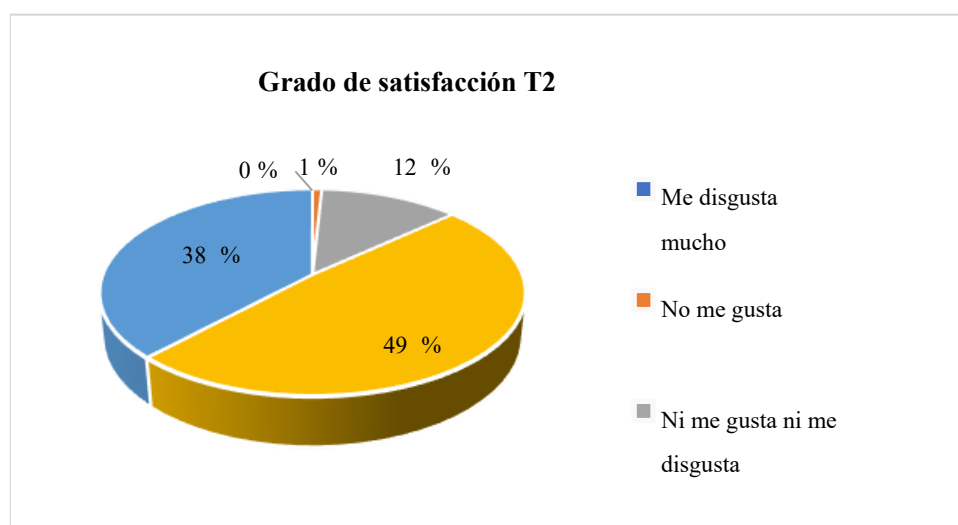
realizadas por los 80 panelistas y los análisis estadísticos posteriores (ANOVA y prueba de Tukey) permitieron identificar diferencias significativas entre los tratamientos, evidenciando el impacto del porcentaje de semilla incorporado en la percepción del consumidor.

Fig. 3. Grado de satisfacción del tratamiento 1 (5 % de semilla de llantén).



El análisis sensorial del tratamiento T1 mostró que el 40 % de los panelistas calificó el yogurt con 5 % de semilla en la categoría "Ni me gusta ni me disgusta", lo que refleja una respuesta mayoritariamente neutral. Esto indica que la incorporación de esta concentración de llantén no genera modificaciones sensoriales suficientemente notorias como para elevar la preferencia del consumidor, aunque tampoco produce rechazo. El comportamiento del panel sugiere que el 5 % constituye un nivel inicial en el que las características propias de la semilla como aporte de textura, leve sabor herbáceo o presencia de mucílago aún no se manifiestan claramente en la matriz láctea. En consecuencia, el T1 se posiciona como una formulación aceptable, pero con bajo impacto sensorial, comparada con concentraciones superiores. Los resultados sugieren que esta concentración presenta una baja intensidad de modificación sensorial, lo que se refleja en una aceptabilidad limitada en comparación con los demás tratamientos.

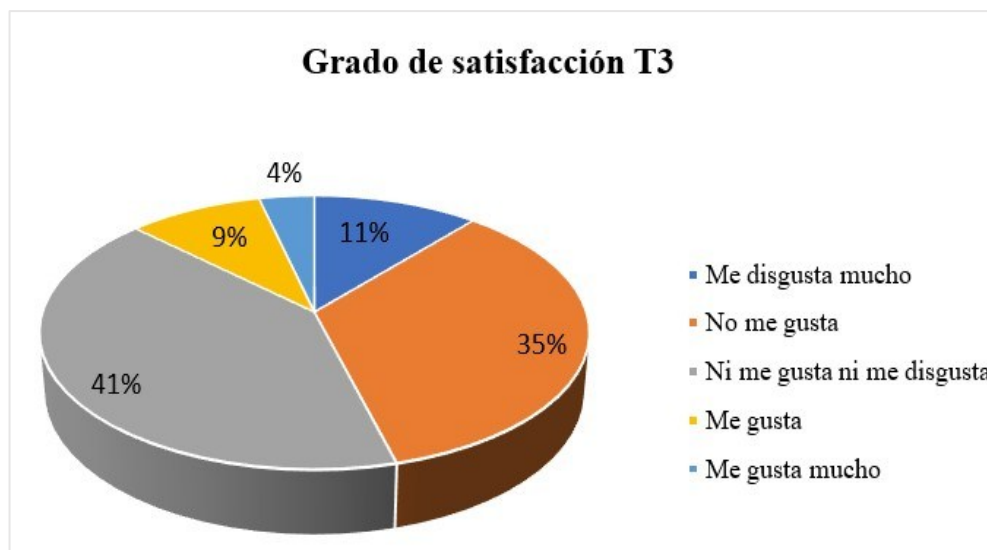
Fig. 4. Grado de satisfacción del tratamiento 2 (10 % de semilla de llantén).



El tratamiento T2, correspondiente a la incorporación del 10 % de semilla de llantén, mostró el mayor nivel de aceptación sensorial entre los panelistas. En este caso, el 49 % de los participantes calificó el yogurt en

la categoría “Me gusta mucho”, lo que evidencia una clara preferencia por esta formulación respecto a los demás tratamientos evaluados. Este comportamiento positivo sugiere que el 10 % constituye una concentración óptima, capaz de aportar mejoras perceptibles en atributos como sabor, textura y armonía general, sin generar sobrecarga sensorial ni alterar de manera negativa la matriz láctea. La presencia moderada de mucílagos y compuestos bioactivos del llantén parece contribuir favorablemente a la sensación en boca, aumentando la cremosidad y equilibrando el perfil gustativo del yogurt. Estos resultados posicionan al tratamiento T2 como la formulación más aceptada y sensorialmente atractiva, resaltando su potencial como alternativa viable para el desarrollo de un yogurt con potencial funcional enriquecido con semilla de Plantago mayor L. Este comportamiento evidencia que la concentración del 10 % permite alcanzar un equilibrio adecuado entre los atributos sensoriales evaluados, optimizando la percepción global del producto.

Fig. 5. Grado de satisfacción del tratamiento 3 (15 % de semilla de llantén)



La evaluación sensorial del tratamiento T3, correspondiente a la incorporación del 15 % de semilla de llantén, evidenció que el 41 % de los panelistas calificó el producto en la categoría “Ni me gusta ni me disgusta”, mostrando una tendencia marcada hacia la neutralidad en la percepción del yogurt. Este resultado indica que, si bien el producto no generó rechazo, tampoco logró alcanzar niveles elevados de preferencia entre los consumidores. El comportamiento observado sugiere que una concentración elevada de semilla podría haber influido en atributos críticos como la textura, la sensación en boca o el perfil de sabor, aspectos que suelen ser determinantes en la aceptación del yogurt. La presencia más notable de mucílagos o partículas de semilla podría haber generado una percepción sensorial menos compatible con las expectativas tradicionales del consumidor. Aunque el tratamiento T3 fue aceptable, su desempeño sensorial se ubicó por debajo del tratamiento de concentración intermedia, evidenciando que porcentajes más altos de semilla no necesariamente incrementan la preferencia del consumidor. Estos resultados indican que concentraciones elevadas de semilla pueden generar efectos negativos en la percepción sensorial, especialmente en atributos relacionados con la textura y sensación en boca.

Tabla 1

Análisis de varianza (ANOVA) para los tratamientos con semilla de llantén

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
% (Tratamientos)	2	150.2	75.104	17.13	0.000
Error	237	1039.4	4.386		
Total	239	1189.6			

La Tabla 1 presenta los resultados del análisis de varianza, donde se observa que el efecto del porcentaje de semilla incorporado fue estadísticamente significativo. Los resultados evidencian que el factor "porcentaje de semilla" presentó un efecto altamente significativo sobre la respuesta sensorial del yogurt, dado que el valor p fue menor a 0.05 ($p < 0.001$). Este hallazgo indica que no todos los tratamientos son sensorialmente equivalentes, lo que lleva a rechazar la hipótesis nula que planteaba igualdad entre los tratamientos y aceptar la hipótesis alternativa, la cual establece que al menos una de las concentraciones de semilla produce una diferencia significativa en la percepción del consumidor.

El elevado valor F (17.13) refleja una variación notable entre las medias de los tratamientos en comparación con la variabilidad interna, lo que confirma la solidez estadística del efecto observado. Además, la magnitud del valor F (17.13) sugiere que la variabilidad entre tratamientos es considerablemente mayor que la variabilidad dentro de los grupos, lo que refuerza la influencia significativa de la concentración de semilla sobre la aceptabilidad sensorial del yogurt. Los valores de media y variabilidad (desviación estándar) evidencian una tendencia clara de preferencia hacia el tratamiento con 10 %, lo que confirma la influencia significativa de la concentración de semilla en la percepción sensorial del producto. En conjunto, los resultados del ANOVA sustentan que la concentración de semilla de llantén es un factor determinante en la aceptabilidad sensorial del yogurt, justificando la realización de pruebas post hoc para identificar cuáles tratamientos difieren entre sí.

Tabla 2

Comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$).

% de semilla	N	Media	Agrupación
10 %	80	2.500	A
15 %	80	1.563	B
5 %	80	0.563	C

La Tabla 2 presenta los resultados de la prueba de comparaciones múltiples de Tukey, la cual permitió identificar qué tratamientos difieren significativamente entre sí. A un nivel de confianza del 95 %, se observa que el yogurt con 10 % de semilla de llantén obtuvo la media más alta y se ubicó en el grupo A, diferenciándose claramente de los tratamientos con 15 % (grupo B) y 5 % (grupo C).

Esta clasificación evidencia que la concentración del 10 % fue la más aceptada sensorialmente, superando de manera significativa a las formulaciones con niveles superiores y menores de semilla. La separación en tres grupos distintos (A, B y C) confirma que cada tratamiento presenta una respuesta sensorial estadísticamente distinta, y que el incremento progresivo o decrecimiento de la semilla modifica de manera perceptible la preferencia del consumidor. Este comportamiento confirma que la respuesta sensorial no sigue una relación lineal con el incremento de la concentración de semilla, sino que existe un punto óptimo a partir del cual la aceptabilidad disminuye.

Tabla 3

Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de medias

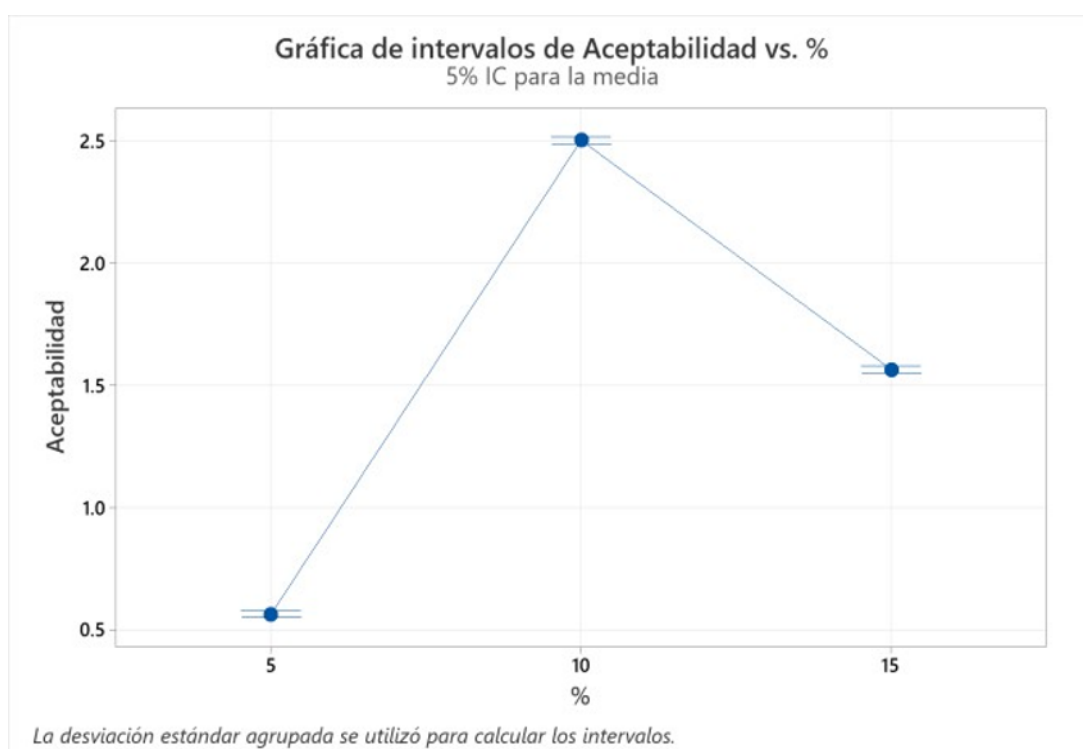
Comparación	Diferencia de medias	EE	Intervalo de confianza 95 %	Valor t	Valor p
10 % – 5 %	1.938	0.331	(1.155 ; 2.720)	5.85	0.000
15 % – 5 %	1.000	0.331	(0.218 ; 1.782)	3.02	0.008
15 % – 10 %	-0.938	0.331	(-1.720 ; -0.155)	-2.83	0.014

Nota. Nivel de confianza individual = 98.10 %.

La Tabla 3, correspondiente a las pruebas simultáneas de Tukey para las diferencias de medias, presenta las comparaciones específicas entre los tratamientos evaluados y permite determinar con precisión cuáles concentraciones de semilla de llantén difieren significativamente entre sí. En esta tabla se observa que la comparación entre el yogurt elaborado con 10 % de semilla y el de 5 % arrojó una diferencia de medias de 1.938, con un error estándar de 0.331 y un intervalo de confianza del 95 % comprendido entre 1.155 y 2.720. El valor p asociado ($p = 0.000$) indica una diferencia altamente significativa, lo que confirma que el tratamiento al 10 %

presenta una aceptación sensorial claramente superior al de 5 %. Asimismo, la comparación entre el 15 % y el 5 % mostró una diferencia de 1.000, con un intervalo de confianza entre 0.218 y 1.782 y un valor p de 0.008, lo que evidencia una diferencia significativa. Esto sugiere que el 15 % de semilla también mejora la aceptación respecto al 5 %, aunque en menor medida que el 10 %. La comparación entre el 15 % y el 10 % registró una diferencia negativa de -0.938, cuyo intervalo de confianza osciló entre -1.720 y -0.155, y presentó un valor p de 0.014, lo que indica que el yogurt con 15 % tiene una aceptación significativamente menor que el elaborado con 10 % de semilla. Los resultados de la Tabla 3 confirman diferencias significativas entre los tres tratamientos, posicionando al 10 % de semilla de llantén como la concentración óptima debido a sus valores estadísticos favorables y a su mayor aceptabilidad sensorial. Desde un punto de vista técnico, las diferencias observadas entre tratamientos pueden atribuirse al efecto de los mucílagos presentes en la semilla de *Plantago major* L., los cuales influyen directamente en la viscosidad, retención de agua y sensación en boca del yogurt. En concentraciones moderadas (10 %), estos compuestos mejoran la cremosidad y la estabilidad del producto; sin embargo, en niveles más altos (15 %), pueden generar una textura excesivamente densa o una percepción sensorial menos homogénea, afectando negativamente la aceptabilidad.

Fig. 6. Gráfica de intervalos de aceptabilidad



La Figura 6 presenta los intervalos de confianza para la aceptabilidad de los tres tratamientos evaluados, lo que permite visualizar de manera clara la separación estadística entre las concentraciones de 5 %, 10 % y 15 % de semilla de *Plantago major* L. incorporadas al yogurt. A un nivel de significancia de 0.05, se observa que los intervalos no se superponen de forma sustancial, indicando la existencia de diferencias significativas entre todos los tratamientos. Entre las tres formulaciones, el yogurt con 10 % de semilla destaca por mostrar el intervalo de aceptabilidad más alto y claramente diferenciado, lo que confirma su superioridad sensorial frente a las concentraciones menores (5 %) y mayores (15 %). Este comportamiento respalda los resultados del ANOVA y la prueba de Tukey, reforzando que el 10 % constituye la concentración óptima, al generar el mejor equilibrio perceptual en atributos como sabor, textura y agrado general. La gráfica permite apreciar de manera visual que la aceptabilidad del yogurt aumenta significativamente hasta el 10 %, pero disminuye cuando se incorpora un 15 % de semilla, sugiriendo que concentraciones excesivas pueden afectar negativamente la experiencia sensorial del consumidor. La clara separación de los intervalos de confianza confirma la consistencia estadística de los resultados y respalda la selección del tratamiento con 10 % como la formulación óptima.

4. DISCUSIÓN

La aplicación del diseño completamente al azar (DCA) con tres tratamientos (5 %, 10 % y 15 % de semilla de llantén) y tres repeticiones permitió asegurar la solidez metodológica del estudio, reduciendo la variabilidad experimental y garantizando que los cambios observados se atribuyan a las concentraciones evaluadas. El análisis de varianza (ANOVA) mostró diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ($p = 0,004$), valor menor al nivel de significancia establecido ($\alpha = 0,05$). Esto permitió rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alterna, confirmando que al menos un porcentaje de incorporación de semilla de llantén genera una respuesta sensorial distinta en los consumidores. El análisis post hoc mediante la prueba de Tukey confirmó que el tratamiento con 10 % de semilla de llantén obtuvo la mayor aceptación sensorial, con una media de 2,500, demostrando que esta concentración logra un equilibrio adecuado entre textura, sabor, color y percepción general del producto. Este comportamiento sugiere que concentraciones intermedias permiten expresar los posibles beneficios del llantén sin comprometer los atributos organolépticos del yogurt. Desde un enfoque fisicoquímico, la mayor aceptabilidad del tratamiento con 10 % podría explicarse por un equilibrio adecuado en la liberación de mucílagos presentes en la semilla de *Plantago major* L., los cuales contribuyen a mejorar la viscosidad y la sensación en boca del yogurt sin generar una textura excesivamente densa. En contraste, concentraciones más altas (15 %) podrían incrementar la gelificación y generar percepciones sensoriales menos agradables, como sensación de pesadez o textura heterogénea. En contraste, el 5 % de semilla puede resultar insuficiente para producir un cambio sensorial perceptible, mientras que el 15 % podría generar excesiva densidad, gelificación por mucílagos o un sabor más herbal que reduce la preferencia del consumidor. Estos resultados se alinean con múltiples investigaciones en yogures funcionales enriquecidos con ingredientes vegetales, granos andinos o semillas, donde la aceptabilidad tiende a ser mayor en niveles intermedios de incorporación. Por ejemplo, Gonzales y Zevallos (2015) evaluaron chía (*Salvia hispánica* L.) en concentraciones de 0,5 %, 1 % y 1,5 % junto con puré de pasas en 5 %, 10 % y 15 %, destacando que la mejor aceptación se obtuvo con el tratamiento que combinó 0,5 % de chía y 15 % de puré de pasas. En su estudio, la textura y el sabor fueron determinantes en la preferencia sensorial, lo cual cohesiona con el hecho de que el 10 % de llantén en el presente estudio brindó características sensoriales equilibradas sin alterar excesivamente la matriz del yogurt. Del mismo modo, Freire, (2023) demostró que aunque el 15 % de maca (*Lepidium meyenii* Walp) mostró ventajas fisicoquímicas (mayor proteína, acidez adecuada, buen perfil de cenizas), la mayor aceptación sensorial correspondió al tratamiento con 5 % de maca, evidenciando que concentraciones demasiado altas modifican en exceso la textura y el sabor del yogurt. Esto se relaciona con lo observado para el tratamiento con 15 % de llantén, donde el exceso de fibra y mucílagos puede generar consistencias pesadas o sensación de aspereza en boca, reduciendo la preferencia. Resultados similares fueron reportados por Cubas (2020), quien encontró que la adición moderada de panela y harina de kiwicha (*Amaranthus caudatus*) en yogurt generó la mejor percepción sensorial en el tratamiento T2. Los puntajes elevados en sabor, textura y olor respaldan la hipótesis de que los consumidores prefieren formulaciones donde el ingrediente funcional aporta valor sin alterar negativamente el perfil tradicional del yogurt. Asimismo, García (2022) observó que la incorporación de linaza (*Linum usitatissimum* L.) al 1,5 % en yogurt de zanahoria ofreció la mayor preferencia sensorial entre cuatro tratamientos evaluados, confirmando que las semillas oleaginosas generan beneficios sensoriales y funcionales cuando se utilizan en cantidades moderadas. Este precedente apoya la tendencia observada en el presente estudio, donde el 10 % de llantén representó la mejor combinación entre aporte funcional y aceptabilidad. En investigaciones posteriores, Erazo et al. (2021) mostraron que el yogurt con probiótico *Bifidobacterium* spp. formulado con 30 % de jalea de uvilla y 0,8 % de harina de quinua obtuvo la mayor aceptación sensorial, destacando que la combinación adecuada de fruta y pseudocereal mejora significativamente las propiedades sensoriales. De manera análoga, el presente estudio evidencia que la semilla de llantén, aun no siendo un ingrediente dulce, mejora la textura y consistencia del yogurt en niveles óptimos. De igual manera, Díaz y Villa (2021) evidenciaron que un yogurt elaborado con 15 % de jalea de pitahaya amarilla presentó las mejores características fisicoquímicas y sensoriales, lo que coincide con la importancia de explorar ajustes en formulaciones que integren frutas y semillas para mejorar el perfil sensorial general. Este tipo de resultados sugiere que el llantén podría combinarse futuramente con matrices frutales para potenciar su aceptabilidad. En el estudio de Cevallos (2015) sobre yogurt con chía, se observó mejor viscosidad y menor sinéresis a bajas concentraciones de semilla, mientras que cantidades elevadas redujeron la aceptación sensorial. Este comportamiento coincide con el fenómeno observado en el presente estudio para el tratamiento al 15 %, confirmando que un exceso de fibra y mucílagos puede generar un producto sensorialmente más denso, menos fluido y con menor preferencia. En cuanto a innovaciones dirigidas al contenido calórico, Feijo (2019) demostró que edulcorantes no calóricos combinados con ingredientes vegetales como el zapallo pueden reducir

significativamente las calorías del yogurt sin afectar su aceptabilidad. Esto refuerza la versatilidad del yogurt como vehículo de ingredientes funcionales, entre ellos el llantén, cuya fibra soluble podría contribuir también a la reducción en la densidad calórica sin alterar el perfil sensorial cuando se utiliza en niveles adecuados. Por su parte, Chale (2021) evaluaron la incorporación de harina de quinua en leches fermentadas, encontrando que las formulaciones con menor cantidad de harina obtuvieron mayor aceptación sensorial. Esto demuestra que la incorporación de ingredientes funcionales ricos en fibra debe manejarse cuidadosamente para evitar cambios indeseables en textura, una observación coherente con el comportamiento del 15 % de llantén en el presente estudio. Finalmente, Huaccho y Alejandro (2020) mostraron que un yogurt con semillas confitadas de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) no solo obtuvo un 80 % de aceptación ("me gusta mucho"), sino también beneficios metabólicos como la reducción de triglicéridos. Este antecedente demuestra el potencial de los yogures funcionales enriquecidos con semillas para contribuir a la salud metabólica, lo cual apoya la pertinencia del uso de semilla de llantén como ingrediente funcional emergente en alimentos fermentados. Los resultados de este estudio y la evidencia de las investigaciones revisadas indican que la aceptabilidad sensorial de yogures funcionales depende críticamente de la concentración del ingrediente añadido. Las formulaciones con niveles intermedios, como el 10 % de semilla de llantén, logran un equilibrio adecuado entre funcionalidad, textura, sabor y aceptación social del producto. Este resultado posiciona al llantén como un ingrediente con potencial tecnológico y nutricional significativo para la industria láctea, especialmente en el desarrollo de yogures funcionales con valor agregado orientados a la salud digestiva.

5. CONCLUSIONES

El presente estudio demostró que la incorporación de semilla de *Plantago major* L. en diferentes concentraciones (5 %, 10 % y 15 %) influye significativamente en la aceptabilidad sensorial del yogurt, evidenciándose diferencias estadísticas mediante el análisis de varianza y la prueba de Tukey. Entre los tratamientos evaluados, la formulación con 10 % de semilla presentó la mayor aceptación por parte de los panelistas, al lograr un equilibrio adecuado entre atributos como textura, sabor, olor y color, fundamentales en la percepción del consumidor.

En contraste, concentraciones mayores (15 %) afectaron negativamente la aceptabilidad del producto, posiblemente debido a cambios en la textura y el sabor asociados a una mayor presencia de mucílagos y fibra, mientras que concentraciones menores (5 %) no generaron modificaciones sensoriales suficientemente perceptibles para mejorar la preferencia. Estos resultados evidencian que la respuesta sensorial no sigue un comportamiento lineal con el incremento de la concentración, sino que existe un nivel óptimo de incorporación que maximiza la aceptación del producto.

Los resultados obtenidos permiten establecer que la adición de semilla de llantén es viable en el desarrollo de productos lácteos innovadores desde una perspectiva sensorial, especialmente en contextos donde se busca revalorizar recursos vegetales locales. No obstante, considerando el alcance del presente estudio, se recomienda que futuras investigaciones incluyan análisis fisicoquímicos, microbiológicos y nutricionales que permitan validar de manera integral el potencial funcional del yogurt enriquecido.

6. CONFLICTOS DE INTERÉS

Los autores declaran que la investigación se ha llevado a cabo en ausencia de relaciones comerciales o financieras que pudieran interpretarse como un posible conflicto de intereses.

7. CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

LBPC: Redacción: revisión y edición, Conceptualización, Metodología, Administración del proyecto; **MKPP:** Redacción: revisión y edición, Conceptualización, Metodología; **RKQO:** Redacción: borrador original, Conceptualización, Metodología; **RHPC:** Redacción: revisión y edición, Análisis formal; **GPPR:** Redacción: revisión y edición; **LRPT:** Redacción: revisión y edición.

8. REFERENCIAS

Boskabadi, SJ, Farzameh, F., Mohammadnejad, K. y Boskabady, MH (2025). Efectos terapéuticos del *Plantago major* y sus principales componentes en enfermedades respiratorias: una revisión narrativa. Archivos de Farmacología de Naunyn-Schmiedeberg, 1-19. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00210-025-04276-8>

Canon, F., Maillard, MB, Famelart, MH, Thierry, A. y Gagnaire, V. (2022). Alternativas mixtas de yogurt lácteo y vegetal: Mejora de sus propiedades físicas y sensoriales mediante la formulación y cocultivos de bacterias

lácticas. *Current Research in Food Science* , 5 , 665-676. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2022.03.011>

Cevallos, N. M. (2015). Efecto de la adición de semillas de chía (*Salvia hispanica* L.) en las características físicas, químicas y sensoriales del yogur natural (Doctoral dissertation, Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, 2015.).

chromextension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/41742b31-f91e-4717-a40a-4a002157b6f6/content

Chale Pinde, A. P. (2021). Uso de ingredientes destinados a la reducción del valor calórico del yogurt. <https://dspace.esPOCH.edu.ec/items/892c9743-c229-421f-b9b3-ee821b604beb>

Cubas Monje, M. D. P. (2020). Efecto de la concentración de la panela y harina de kiwicha (*Amaranthus caudatus*) en la aceptabilidad de un yogurt. <https://hdl.handle.net/20.500.12893/9190>

Díaz Trujillo, M. P., & Villa Fonseca, D. S. (2021). Formulación de un producto lácteo (yogurt) a partir de la pitahaya amarilla y sus subproductos (semillas y cáscara). <https://hdl.handle.net/1992/55701>

Erazo, F. M. E., Lucas, M. Á. A., & Vallejo, W. J. Y. (2021). Evaluación de las características fisicoquímicas de yogurt con probiótico *bifidobacterium* spp. formulado con jalea de uvilla y harina de quinua. *SATHIRI*, 16(2), 108-121. <https://doi.org/10.32645/13906925.1075>

Feijo, M. A. C. (2019). Estudio de las características físico-químicas y sensoriales de yogurt enriquecido con quinua (" *Chenopodium quinoa*" Willd) (Doctoral dissertation, Universidad de Extremadura). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=247426>

Freire Bastidas, G. S. (2023). Elaboración de yogurt fortificado con diferentes niveles de maca (*Lepidium meyenii* walp.). <https://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/21173>

García Zárate, L. (2022). Efecto de la incorporación de linaza (*Linum usitatissimum* L.) en la aceptabilidad sensorial de un yogurt elaborado con zanahoria. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/5333>

Gonzales, A. R., & Zevallos, A. R. (2015). Efecto de la adición de chía (*Salvia hispanica* L.) y pasas sobre la sinéresis, acidez, firmeza, viscosidad aparente y aceptabilidad general del yogurt aplanado frutado. *Pueblo continente*, 26, 467-475. https://www.researchgate.net/publication/326020759_Efecto_de_la_adicion_de_chia_Salvia_hispanica_L_y_pasas_sobre_la_sineresis_acidez_firmeza_viscosidad_aparente_y_aceptabilidad_general_del_yogur_aflanado_frutado

Granato, D., Barba, F. J., Kovačević, D. B., Lorenzo, J. M., Cruz, A. G., & Putnik, P. (2020). Functional foods: Product development, technological trends, efficacy testing, and safety. *Annual Review of Food Science and Technology*, 11, 93–118. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-032519-051708>

Huaccho Blas, C. F., & Alejandro Espejo, F. S. (2020). Yogurt enriquecido con semillas confitadas de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) y su efecto dietético en personas con Hipertrigliceridemia. <http://hdl.handle.net/20.500.14067/8244>

Jiang, Y., Wu, J., Tian, L., Liu, Y., Zhao, F., He, Z., ... & Guan, T. (2024). The therapeutic effects of fermented milk with lactic acid bacteria from traditional Daqu on hypertensive mice. *Journal of Dairy Science*, 107(2), 742-758. <https://doi.org/10.3168/jds.2023-23858>

Kerry, RG, Patra, JK, Gouda, S., Park, Y., Shin, HS y Das, G. (2018). Beneficios de los probióticos para la salud humana: Una revisión. *Revista de análisis de alimentos y fármacos* , 26 (3), 927-939. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2018.01.002>

Marcani Gutierrez, M. (2020). Elaboración De Yogurt Fortificado A Base De Diferentes Concentraciones De Chía (*Salvia Hispánica* L.). [Tesis De Grado] Universidad Mayor De San Andrés Facultad De Agronomía.

<http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/25331>

Nakov, G., Ninova-Nikolova, N., Ivanova, N., Raykova, V., Trajkovska, B., Čolić, M. L., ... & Jukić, M. (2024). Yogurt enriched with chia seeds: Physicochemical, microbiological, and sensory changes during storage. *Fermentation*, 10(8), 431. <https://doi.org/10.3390/fermentation10080431>

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2023). Cáncer colorrectal. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/colorectal-cancer>

Rashwan, AK, Osman, AI y Chen, W. (2023). Nutracéuticos naturales para mejorar las propiedades del yogur: una revisión. *Environmental Chemistry Letters*, 21 (3), 1907-1931. <https://doi.org/10.1007/s10311-023-01588-0>

Rudke, C. R. M., Camelo-Silva, C., Rudke, A. R., Prudencio, E. S., & de Andrade, C. J. (2024). Trends in dairy products: new ingredients and ultrasound-based processing. *Food and Bioprocess Technology*, 17(4), 811-827. <https://doi.org/10.1007/s11947-023-03153-7>

Shah, AR, Sharma, P., Longvah, T., Gour, VS, Kothari, SL, Shah, YR y Ganie, SA (2020). Composición nutricional y beneficios para la salud de la cáscara y la semilla de psyllium (*Plantago ovata*). *Nutrition Today*, 55 (6), 313-321. <https://doi.org/10.1097/NT.0000000000000450>

Sharma, H., Ozogul, F., Bartkiene, E. y Rocha, JM (2023). Impacto de las bacterias lácticas y sus metabolitos en las propiedades tecnofuncionales y los beneficios para la salud de los productos lácteos fermentados. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63 (21), 4819-4841. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.2007844>

Tello Salgado, A. E. (2020). Efecto antibacteriano del extracto acuoso y etanólico de *Plantago Major* (Llantén) sobre el *Streptococcus Mutans* (ATCC 25175), in vitro Tacna 2020. <http://hdl.handle.net/20.500.12969/1524>