



**DISEÑO DE UN MODELO DE NEGOCIO SOSTENIBLE PARA LA CREACIÓN
DE UNA LÍNEA DE CREMAS DE ARROZ CON FRUTAS LIOFILIZADAS
A BASE DE INGREDIENTES ORGÁNICOS EN COLOMBIA**

Laura Daniela Díaz Camacho

Julián Jiménez Ruiz

Yiseth Karina Gómez Hernández

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

Ingeniero Químico e Ingeniero de Sistemas

Directora:

Diana Paola Figueroa Hernández

Universidad Ean

Ingeniería

Ingeniería química e ingeniería de sistemas

Bogotá, Colombia

11/05/26

1. Introducción

1.1 Planteamiento del problema

1.2 Justificación

1.3 Objetivos

6. ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS (nuevo)

6.1 Intención del producto TROPÍFD™

6.2 Verificación de parámetros de diseño

6.3 Estimación de características de diseño

2. Marco Teórico

2.1–2.6 Fundamentos teóricos

2.7 Antecedentes del mercado colombiano

3. Estado del Arte (Revisión PRISMA)

8. ANÁLISIS DE RESTRICCIONES / PESTAL (nuevo)

8.1 Legales y normatividad

8.2 Económicos

8.3 Sociales

8.4 Tecnológicos

8.5 Ambientales

4. Metodología

4.1–4.5 Diseño de investigación y evaluación sensorial

4.6 Selección de la solución

4.7 Implementación de la solución

4.8 Monitoreo y evaluación

4.9 Herramientas y técnicas

5. Resultados y Análisis

6. Modelo de Negocio: Business Model Canvas

ANÁLISIS DE COSTOS COMPLETO (nuevo)

Tabla 18: Dosificación (600g)

Tabla 19: Costos de materias primas

Tabla 20: Proyección de ventas 5 años

Tabla 21: Nómina 5 años

Tabla 22: Márgenes por año

Tabla 23: Estado de resultados

Tabla 24: Indicadores financieros

Tabla 25: Flujo de caja

7. Discusión

8. Conclusiones y Recomendaciones

Referencias

Anexo A: Formato de Evaluación Sensorial

Resumen

El presente trabajo de grado propone el diseño y validación de un modelo de negocio sostenible para la creación y comercialización de una línea de cremas de arroz instantáneas enriquecidas con frutas liofilizadas, elaboradas a partir de ingredientes orgánicos, orientada al mercado colombiano de alimentos funcionales. El estudio adopta un enfoque metodológico mixto que integra revisión sistemática de literatura (protocolo PRISMA), desarrollo experimental de un Producto Mínimo Viable (PMV), evaluación sensorial con panel semientrenado y estructuración del modelo de negocio mediante la metodología Business Model Canvas (BMC).

Se desarrollaron dos formulaciones experimentales: (1) crema de arroz sabor fresa–banano, formulada con proteína de arroz (60%), polvo liofilizado de fresa y banano (30%), fibra de avena hidrosoluble (5%) y stevia (5%), presentada en sobre de 35 g con aporte de 8–10 g de proteína y 120–140 kcal por porción; y (2) crema de arroz frutos rojos con proteína, formulada con proteína de arroz (55%), mezcla liofilizada de arándano, mora y frambuesa (30%), inulina prebiótica (5%) y stevia (5%), en sobre de 40 g con 12–15 g de proteína y 130–150 kcal. El análisis sensorial del PMV de fresa liofilizada (código ARFR-FD-2025-001), llevado a cabo con un grupo de cinco evaluadores semientrenados utilizando la metodología multiatributo (escala hedónica de 9 puntos, perfil de sabor, prueba JAR, test de preferencia pareada y umbral de reconocimiento), resultó en una aceptación general del 8.2/9 ("me gusta mucho"). El atributo más predominante fue el frutal (8.6/10). Además, se observó una tendencia hacia la preferencia por la formulación que contenía mayor cantidad de fresa liofilizada (15 g/100 g), aunque está pendiente su confirmación con un número mayor de muestras.

La revisión sistemática (6 artículos, 2020–2026) evidenció que la liofilización es notablemente más efectiva que el secado al aire y el spray drying en la conservación de antioxidantes (85–95%), así como en la preservación de aromas y la duración del producto (18–36 meses). El modelo comercial propuesto establece una oferta de valor que incluye una etiqueta limpia, nutrición funcional instantánea y un origen certificado como orgánico, enfocándose en consumidores de entre 25 y 45 años que buscan estilos de vida saludables, además del segmento B2B de fabricantes de suplementos. El análisis de costos sugiere un precio al consumidor de \$2. 500–\$3. 500 COP por sachet, con un margen bruto de entre 50% y 65%. Los hallazgos indican que el PMV es viable tanto técnica como sensorialmente, y proporcionan la base necesaria para avanzar hacia la validación regulatoria ante el INVIMA.

Palabras clave: *alimentos funcionales, liofilización, proteína de arroz, evaluación sensorial, modelo de negocio sostenible, Business Model Canvas, mercado colombiano.*

Abstract

This thesis proposes the design and validation of a sustainable business model for the creation and commercialisation of a line of instant rice cream products enriched with freeze-dried fruits and manufactured from certified organic ingredients, targeting the Colombian functional food market. The study employs a mixed-methods research design integrating a systematic literature review (PRISMA protocol), experimental development of a Minimum Viable Product (MVP), sensory evaluation with a semi-trained panel, and business model structuring using the Business Model Canvas (BMC) framework.

Two experimental formulations were developed: (1) a strawberry–banana rice cream, formulated with rice protein (60%), freeze-dried strawberry and banana powder (30%), soluble oat fibre (5%) and stevia (5%), presented in a 35 g sachet providing 8–10 g protein and 120–140 kcal per serving; and (2) a red berry and protein rice cream, formulated with rice protein (55%), a freeze-dried blend of blueberry, blackberry and raspberry (30%), prebiotic inulin (5%) and stevia (5%), in a 40 g sachet with 12–15 g protein and 130–150 kcal. Sensory evaluation of the freeze-dried strawberry MVP (code ARFR-FD-2025-001), conducted with a panel of five semi-trained evaluators through a multi-attribute methodology (9-point hedonic scale, flavour profile, JAR analysis, paired preference test and recognition threshold determination), yielded an overall acceptance score of 8.2/9 — classified as 'like very much'— with the fruity descriptor as the dominant attribute (8.6/10) and an orientative preference trend ($p = 0.1875$, $n = 5$) for the formulation with a higher proportion of freeze-dried strawberry (15 g/100 g), pending confirmation with an expanded sample.

The systematic review (6 articles, 2020–2026) confirmed that freeze-drying significantly outperforms air-drying and spray drying in antioxidant retention (85–95%), aroma preservation and shelf life (18–36 months). The business model designed articulates a clean-label, functional nutrition and certified organic value proposition targeting health-conscious consumers aged 25–45 and B2B supplement manufacturers. Cost analysis projects a retail price of COP \$2,500–\$3,500 per sachet with a gross margin of 50–65%.

Keywords: *functional foods, freeze-drying, rice protein, sensory evaluation, sustainable business model, Business Model Canvas, Colombian market.*

Lista de Abreviaturas

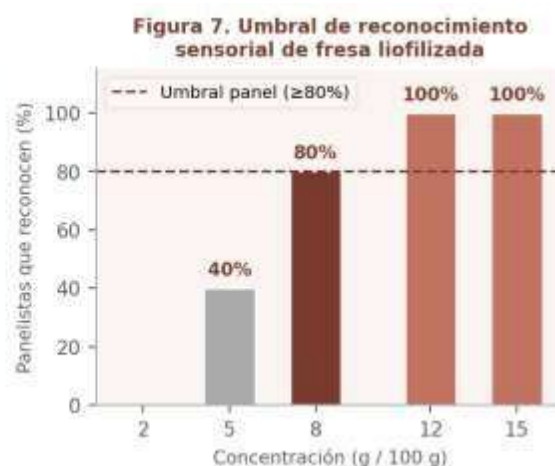
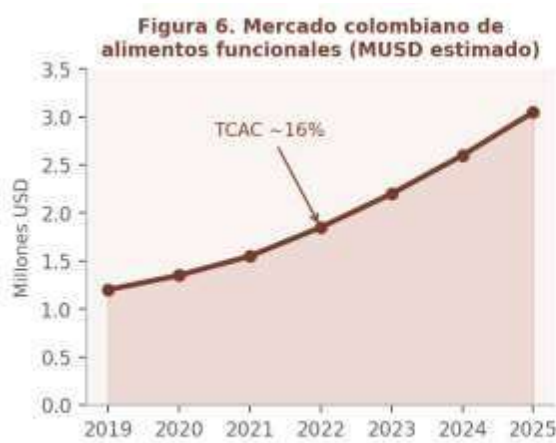
Abreviatura	Significado
ACV	Análisis de Ciclo de Vida
APA	American Psychological Association
BMC	Business Model Canvas
BPM	Buenas Prácticas de Manufactura
DEXPLOS	Diseño Exploratorio Secuencial
EIA	Evaluación de Impacto Ambiental
GWP	Global Warming Potential (Potencial de Calentamiento Global)
ICV	Inventario de Ciclo de Vida
INVIMA	Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos
ISO	International Organization for Standardization
JAR	Just-About-Right
PDCAAS	Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score
PMV	Producto Mínimo Viable
PRISMA	Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses
PVP	Precio de Venta al Público
TIR	Tasa Interna de Retorno
VPN	Valor Presente Neto

Nota. Elaboración propia a partir del contenido del documento.

Lista de Abreviaturas

1. Introducción

El mercado global de alimentos funcionales ha experimentado un crecimiento acelerado en la última década, impulsado por la convergencia de tendencias como el envejecimiento poblacional, el incremento de enfermedades crónicas no transmisibles y la mayor conciencia del consumidor sobre la relación entre dieta y salud. En Colombia, este fenómeno se manifiesta de manera particularmente dinámica: según Euromonitor International (2023), aproximadamente el 80% de los consumidores latinoamericanos conoce los alimentos funcionales y muestra disposición a pagar una prima por productos que combinen conveniencia, trazabilidad orgánica y perfil nutricional diferenciado.



Nota. Figura 6 elaborada con datos de Euromonitor International (2023) y Calvo & Frías (2021); TCAC calculado sobre el período 2019–2025. Figura 7 elaborada con datos experimentales propios (n=5). MUSD = millones de dólares estadounidenses.

La crema de arroz constituye un vehículo alimentario con amplia aceptación cultural en el contexto colombiano, reconocida por su alta digestibilidad (~98%), bajo potencial alergénico, compatibilidad con dietas veganas y ausencia de gluten (Miedzianka et al., 2023). No obstante, el perfil nutricional básico —que se caracteriza por ser mayormente calórico y bajo en micronutrientes— constituye una limitación frente a lo que buscan los consumidores actuales. La adición de frutas deshidratadas por liofilización como un

componente funcional brinda una solución tecnológica eficiente: este proceso conserva entre el 85 y el 95% de los antioxidantes presentes en la fruta fresca, resguarda la integridad de los pigmentos naturales (como antocianinas y carotenoides), mantiene los compuestos volátiles que aportan aroma y prolonga su vida útil de 18 a 36 meses sin necesidad de aditivos artificiales (Bhatta et al. , 2020; Karwacka et al. , 2022; Ma et al. , 2022). Sin embargo, la diferencia señalada en los estudios existentes no es solo de tipo tecnológico. La gran parte de la investigación reciente en liofilización de frutas se enfoca en el análisis fisicoquímico y nutricional de los productos, dejando de lado la inclusión de estos avances en modelos empresariales sostenibles para mercados en crecimiento. Esta desconexión entre los avances científicos y la actividad comercial representa el dilema principal que impulsa esta tesis. El análisis presenta, por lo tanto, una doble contribución: (a) la evidencia de la factibilidad técnica y sensorial de un producto mínimo viable de crema de arroz con fresa deshidratada, a través de pruebas controladas y una evaluación sensorial con un panel casi entrenado; y (b) la creación de un plan de negocios sostenible, estructurado mediante el Business Model Canvas, que facilite llevar la propuesta de valor al mercado colombiano con un respaldo regulatorio (Decreto 3249/2006; Resolución 333/2011; Resolución 810/2021) y una proyección de exportación hacia América Latina.

1.1 Planteamiento del problema

La interacción de tres factores fundamentales define el tema de investigación: (i) el aumento en la necesidad de alimentos funcionales con etiqueta limpia en Colombia, donde la oferta local resulta insuficiente y dispersa; (ii) la existencia de tecnología de liofilización y de ingredientes orgánicos de alta calidad —especialmente frutas de los Andes— que no están incorporados en ofertas comerciales completas; y (iii) la falta de una regulación específica para los alimentos funcionales en Colombia, lo que provoca inseguridad legal para quienes emprenden en el sector y dificulta el acceso al mercado.

Dentro de este contexto, la pregunta de investigación que orienta el estudio es la siguiente:

¿Cómo diseñar un modelo de negocio sostenible para la creación y comercialización de una línea de cremas de arroz con frutas liofilizadas a base de ingredientes orgánicos en el mercado colombiano?

1.1 Justificación

La pertinencia del estudio se fundamenta en cuatro dimensiones. Desde la perspectiva científica, el trabajo contribuye a cerrar la brecha entre investigación tecnológica en liofilización y su aplicación comercial en mercados emergentes, generando evidencia sensorial empírica que complementa los datos fisicoquímicos disponibles en la literatura. Desde la perspectiva tecnológica, valida la liofilización como proceso idóneo para el desarrollo de alimentos funcionales con frutas colombianas, estableciendo parámetros de formulación replicables. Desde la perspectiva empresarial, proporciona un modelo de negocio estructurado y validado que puede ser adoptado como hoja de ruta por emprendedores del sector de alimentos saludables. Desde la perspectiva social y ambiental, la propuesta promueve la agricultura orgánica certificada, la economía circular (empaques biodegradables) y el comercio justo con productores rurales colombianos.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Diseñar y validar un modelo de negocio sostenible para una línea de cremas de arroz instantáneas enriquecidas con frutas liofilizadas, elaboradas a partir de ingredientes orgánicos, orientada al mercado colombiano de alimentos funcionales.

1.2.2 Objetivos Específicos

6. ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS

6.1 Intención del producto TROPÍFD™

El objetivo central de TROPÍFD™ es desarrollar y comercializar una línea de cremas de arroz instantáneas en polvo enriquecidas con frutas liofilizadas orgánicas, diseñada para el mercado colombiano de alimentos funcionales. La formulación busca satisfacer simultáneamente las siguientes necesidades del consumidor objetivo:

Nutrición funcional accesible: Aporte mínimo de 8 a 15 g de proteína de arroz por porción de 35 a 40 g, sin recurrir a proteínas de origen animal ni ingredientes procesados, lo que garantiza compatibilidad con dietas veganas y libre de gluten.

Etiqueta limpia (Clean Label): Formulación sin azúcares añadidos, sin colorantes artificiales, sin conservantes de síntesis química y sin saborizantes artificiales. El endulzante empleado es stevia natural (5%), validada como segura por la Organización Mundial de la Salud.

Conveniencia de preparación: Reconstitución en menos de 60 segundos con agua caliente a 85°C en relación polvo:agua 1:3, sin necesidad de equipos especializados ni cadena de frío para su almacenamiento.

Duración y estabilidad: Vida útil proyectada de 18 a 36 meses sin refrigeración, gracias a la baja actividad de agua ($A_w < 0,5$) inherente al proceso de liofilización de las frutas.

Sostenibilidad: Uso de ingredientes orgánicos certificados de proveedores rurales colombianos, empaques en sachets de 35–40 g optimizados para reducir desperdicio, y proceso productivo con potencial de autogeneración solar bajo la Ley 1715 de 2014.

El producto está diseñado para ser distribuido a través de tres canales complementarios: (1) retail premium (supermercados de cadena y tiendas naturistas especializadas), (2) comercio electrónico propio y marketplaces de alimentación saludable, y (3) canal B2B dirigido a fabricantes de suplementos, superfoods y bebidas funcionales que requieran ingredientes estables de alta calidad como insumo para sus propias formulaciones.

6.2 Verificación de Parámetros de Diseño

Para garantizar que el producto cumpla con los estándares técnicos, regulatorios y de mercado definidos, se establecen los siguientes parámetros de diseño verificables en laboratorio y en campo:

6.2.1 Parámetros físicoquímicos

Parámetro	Valor objetivo	Método de verificación	Referencia normativa
pH del producto reconstituido	6,5 – 7,2	Potenciometría (AOAC 943.02)	Res. 333/2011 — etiquetado nutricional
Actividad de agua (A_w) del polvo	< 0,50	Higrómetro de punto de rocío	Decreto 3249/2006 INVIMA
Humedad del polvo (%)	< 5%	Estufa a 105°C / Karl Fischer	NTC 512-2
Viscosidad reconstituida	500 – 800 cP a 25°C	Viscosímetro rotacional Brookfield	Especificación interna
Tiempo de reconstitución	< 60 s a 85°C · ratio 1:3	Prueba cronometrada en laboratorio	Especificación interna
Color (CIE $L^*a^*b^*$)	$L^* > 55$ · $a^* 8-12$ · $b^* 4-8$	Colorímetro digital	Especificación interna

6.2.2 Parámetros nutricionales

Parámetro	Sabor 1 (Fresa–Banano)	Sabor 2 (Frutos Rojos + Proteína)
Proteína por porción (35–40 g)	8 – 10 g (≥ 8 g mínimo)	12 – 15 g
Calorías por porción	120 – 140 kcal	130 – 150 kcal
Azúcar añadida	0 g	0 g
Fibra dietaria	≥ 3 g (avena)	≥ 3 g (inulina)
Grasa total	< 3 g	< 3 g
Sodio	< 150 mg	< 150 mg

Nota. Los valores nutricionales fueron calculados con base en la formulación de la Tabla 4 del documento y verificados mediante la calculadora nutricional del INVIMA. La proteína de arroz empleada tiene un perfil de aminoácidos con PDCAAS de 0,47, considerado adecuado como suplemento proteico de complementación (Slavin & Lloyd, 2021).

6.2.3 Parámetros sensoriales y de aceptación

Parámetro	Criterio de aceptación	Instrumento empleado	Resultado obtenido
Aceptación global hedónica	$\geq 6,0 / 9$ (umbral comercial)	Escala hedónica 9 puntos	8,2/9 — CUMPLE
Descriptor frutal dominante	Reconocible e intenso	Perfil de sabor (0–10)	8,6/10 — CUMPLE
Textura / cremosidad (JAR)	$\geq 70\%$ respuestas 'justo'	Análisis JAR	80% JAR — CUMPLE
Preferencia entre formulaciones	Tendencia clara $\geq 60\%$	Prueba pareada binomial	80% prefieren B (orientativo)
Umbral de reconocimiento fresa	Detectable a concentración operativa	Prueba ascendente de umbrales	8 g/100g — CUMPLE
Tiempo de reconstitución	< 120 s (objetivo < 60 s)	Prueba cronometrada	< 60 s — CUMPLE

6.3 Estimación de Características de Diseño

Con base en el análisis de requerimientos y la validación experimental del PMV, se estiman las siguientes características de diseño para la versión comercial de TROPÍFD™:

Característica	Descripción	Objetivo cuantificado
Potencia funcional	Comparable o superior a suplementos proteicos del mercado naturista colombiano	Proteína: 8–15 g/porción · sin azúcar añadida
Desempeño sensorial	Igual o superior en aceptación hedónica a productos de referencia del mercado	Aceptación global $\geq$ 8,0/9 en panel consumidor (n $\geq$ 30)
Ingredientes	Orgánicos certificados; formulación libre de alérgenos principales (gluten, lácteos)	$\geq$ 80% de ingredientes con certificación orgánica ICA
Precio de venta sugerido	Competitivo frente a snacks proteicos premium	\$2.500–\$3.500 COP/sachet (35–40 g)
Presentación	Sachet individual monodosis · empaque multilaminado barrera de humedad	Sachet de 35 g (Sabor 1) y 40 g (Sabor 2)
Vida útil	Sin cadena de frío · temperatura ambiente (15–25°C)	18–36 meses · validación acelerada 40°C/75% HR
Compatibilidad de uso	Para consumo directo reconstituido · o como ingrediente B2B en formulaciones	Aplicable en 3 canales de distribución simultáneos

Analizar el mercado colombiano de alimentos funcionales y bebidas saludables para identificar tendencias de consumo, oportunidades de innovación y segmentos potenciales de clientes.

Evaluar las alternativas tecnológicas empleadas en la producción de cremas de arroz liofilizadas, considerando su impacto en la calidad nutricional, sensorial y en la viabilidad productiva del PMV.

Desarrollar y evaluar sensorialmente un Producto Mínimo Viable (PMV) de crema de arroz con fresa liofilizada mediante metodología sensorial multiatributo (hedónica, JAR, preferencia pareada y umbral de reconocimiento), integrando los resultados como evidencia técnica central del modelo de negocio.

Diseñar y estructurar el modelo de negocio mediante la metodología Business Model Canvas, definiendo propuesta de valor, segmentos de clientes, canales de distribución, estructura de costos y fuentes de ingreso, con criterios de sostenibilidad ambiental y social.

2. Marco Teórico

2.1 Alimentos funcionales: definición y contexto normativo en Colombia

Un alimento funcional es aquel que, más allá de satisfacer los requerimientos energéticos y nutricionales básicos, ejerce efectos fisiológicos beneficiosos sobre una o más funciones del organismo, contribuyendo a la prevención de enfermedades y a la mejora del estado de salud (Granato et al., 2020; Jiménez-Colmenero et al., 2022). La categoría abarca desde alimentos enriquecidos con micronutrientes hasta productos con ingredientes bioactivos de origen vegetal —polifenoles, flavonoides, carotenoides, fibra prebiótica— cuya eficacia ha sido documentada en ensayos clínicos controlados.

En Colombia, las normas que se aplican a este grupo son dispersas. El Decreto 3249 de 2006 del Ministerio de la Protección Social define las pautas para los suplementos dietéticos, una categoría que permite el registro de ciertos alimentos funcionales. La Resolución 333 de 2011 establece las condiciones para el etiquetado nutricional, mientras que la Resolución 810 de 2021 implementa el etiquetado frontal de advertencia para productos que contienen altos niveles de sodio, azúcares y grasas saturadas. La ausencia de una normativa específica para alimentos funcionales —a diferencia de la Unión Europea, que cuenta con el Reglamento (CE) 1924/2006 sobre declaraciones nutricionales y propiedades saludables— genera incertidumbre regulatoria que los emprendedores deben gestionar estratégicamente.

Complementariamente, la producción y comercialización del producto requiere cumplir con la Resolución 2674/2013 del INVIMA, que establece los requisitos de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) para establecimientos que fabrican, procesan o envasan alimentos.

2.2 Tecnología de liofilización

La liofilización (freeze-drying) es un proceso de deshidratación en tres fases secuenciales que permite eliminar el agua de un alimento con mínima degradación de sus componentes bioactivos, organolépticos y estructurales (Bhatta et al., 2020; Nowak & Jakubczyk, 2020).

La primera fase, congelación, consiste en reducir la temperatura del alimento a valores entre $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$, inmovilizando el agua libre como hielo y preservando la arquitectura celular. La segunda fase, secado primario o sublimación, opera bajo presión reducida ($< 0,006\text{ atm}$, por debajo del punto triple del agua), permitiendo que el hielo pase directamente a vapor sin transición líquida, lo que evita el daño térmico y la migración de solutos solubles. La tercera fase, secado secundario o desorción, elimina el agua ligada por adsorción mediante incremento gradual de temperatura, hasta alcanzar contenidos de humedad inferiores al 2–4% (Hnin et al., 2023).

Las ventajas comparativas de la liofilización frente al secado por aire caliente y al spray drying han sido documentadas extensamente en la literatura reciente (Ma et al., 2022; Mazár et al., 2025). La retención de antioxidantes totales alcanza el 85–95% en productos liofilizados, frente al 30–50% en secado por aire y al 50–65% en spray drying. La conservación del aroma es superior dado que los compuestos volátiles de bajo punto de ebullición permanecen atrapados en la matriz porosa durante la sublimación (Díaz-García et al., 2023). La rehidratación es significativamente más rápida —inferior a 60 segundos para los polvos obtenidos en el presente estudio— gracias a la estructura porosa resultante de la sublimación, que ofrece alta área superficial de contacto con el agua (Sun et al.,

2024). La vida útil sin refrigeración alcanza los 18–36 meses, lo que reduce la huella de carbono asociada a la cadena de frío.

Tabla 1

Comparación entre métodos de deshidratación aplicados a frutas y polvos funcionales.

Criterio	Secado por aire	Spray drying	Liofilización ✓	Fuente
Retención de antioxidantes	30–50%	50–65%	85–95%	Ma et al., 2022
Conservación de color y aroma	Baja	Media	Alta	Díaz-García et al., 2023
Velocidad de rehidratación	Lenta (>5 min)	Rápida (~2 min)	Muy rápida (<60 s)	Sun et al., 2024
Costo del proceso	Bajo	Medio	Alto*	Bhatta et al., 2020
Vida útil sin refrigeración	6–12 meses	12–18 meses	18–36 meses	Nowak & Jakubczyk, 2020
Daño térmico a nutrientes	Alto	Moderado	Mínimo	Karwacka et al., 2022

Nota. *El mayor costo operativo de la liofilización es mitigable mediante contratos con liofilizadoras industriales especializadas o, a mediano plazo, mediante autogeneración energética solar (Ley 1715/2014), lo que mejora el costo unitario con economías de escala.

Figura 5. Comparación de tecnologías de deshidratación
(Bhatta et al., 2020; Ma et al., 2022; Mazár et al., 2025)



Nota. Elaboración propia a partir de Bhatta et al. (2020), Ma et al. (2022) y Mazár et al. (2025). Los valores representan rangos medios de los estudios incluidos en la revisión. La liofilización destaca en antioxidantes y vida útil a expensas de mayor tiempo de rehidratación percibido.

2.3 Proteína de arroz como ingrediente funcional

La proteína de arroz es el ingrediente base de las formulaciones propuestas. Su coeficiente de digestibilidad corregido por puntaje de aminoácidos (PDCAAS) oscila entre 0,50 y 0,70, valor inferior al de la proteína de suero lácteo (1,00) pero superior al de otros concentrados vegetales como el trigo (0,40). Su alta digestibilidad (~98%), bajo potencial alergénico y compatibilidad con dietas veganas y sin gluten la posicionan como ingrediente de elección para formulaciones orientadas a segmentos de consumidores con restricciones alimentarias (Miedzianka et al., 2023; Bao et al., 2023). Estudios recientes han documentado su comportamiento favorable en matrices alimentarias viscosas —como las cremas y papillas— donde contribuye a la textura cremosa y a la estabilidad del producto rehidratado (Laokuldilok et al., 2021).

2.4 Compuestos bioactivos de la fresa liofilizada

La fresa (*Fragaria* × *ananassa*) es una de las frutas con mayor densidad de compuestos bioactivos por unidad de peso en estado liofilizado. Las antocianinas —principalmente pelargonidina-3-glucósido— son los pigmentos responsables del color rosa-rojo característico y exhiben actividad antioxidante, antiinflamatoria y cardioprotectora documentada (Slavin & Lloyd, 2021). La liofilización preserva más del 85% de las antocianinas totales a los seis meses de almacenamiento a temperatura ambiente (Karwacka et al., 2022), frente a pérdidas de hasta el 70% en secado por aire caliente. La

vitamina C, con función antioxidante y cofactor en la síntesis de colágeno, se retiene en proporciones superiores al 80% mediante liofilización (Pereira et al., 2020). Los compuestos volátiles responsables del aroma —ésteres alifáticos, furaneol, linalool— permanecen atrapados en la estructura porosa del liofilizado, confiriéndole un aroma significativamente más auténtico que el producido por técnicas de secado convencionales (Díaz-García et al., 2023).

2.5 Evaluación sensorial de alimentos funcionales

La evaluación sensorial constituye el puente metodológico entre el desarrollo tecnológico del alimento y su aceptación por parte del consumidor objetivo. En el contexto de productos funcionales innovadores —categoría en la que los consumidores pueden mostrar escepticismo o barreras de adopción— la validación sensorial temprana mediante panel semientrenado resulta indispensable para orientar las decisiones de formulación antes de incurrir en los costos de una prueba de consumidor a gran escala (Asioli et al., 2021).

La escala hedónica de 9 puntos, desarrollada por el Laboratorio de Alimentos del Ejército de los Estados Unidos (Peryam & Pilgrim, 1957), es el instrumento más ampliamente validado para medir la aceptación afectiva de alimentos en paneles de consumidores y semientrenados. El análisis JAR (Just-About-Right) complementa la información hedónica al identificar atributos de textura o intensidad de sabor que se desvían del punto óptimo percibido por el consumidor, permitiendo correcciones de formulación focalizadas (Rothman & Parker, 2009). La prueba de umbral de reconocimiento establece la concentración mínima de un ingrediente funcional detectable

por el sistema sensorial humano, dato crítico para fijar los límites inferiores de formulación.

2.6 Business Model Canvas como herramienta de diseño estratégico

El Business Model Canvas (BMC), propuesto por Osterwalder y Pigneur (2010), es un marco de diseño estratégico que articula los nueve componentes fundamentales de un modelo de negocio —propuesta de valor, segmentos de clientes, canales, relación con clientes, fuentes de ingreso, recursos clave, actividades clave, socios clave y estructura de costos— en un lienzo visual que facilita la iteración y la comunicación con partes interesadas. En el contexto de emprendimientos de base tecnológica en el sector alimentario, el BMC ha demostrado ser un instrumento eficaz para integrar la propuesta técnica con las consideraciones comerciales, regulatorias y de sostenibilidad (Teece, 2010; Bigliardi & Galati, 2020).

2.7 Antecedentes del mercado de alimentos funcionales en Colombia

El concepto de alimento funcional surge de la intersección entre la nutrición clínica, la ciencia de alimentos y la medicina preventiva. En el contexto colombiano, su desarrollo está influenciado por tres vectores históricos: la transición epidemiológica hacia enfermedades crónicas no transmisibles, la expansión del mercado de bienestar y fitness, y el creciente interés del sector agroindustrial por agregar valor a materias primas como el arroz, la fresa, el amaranto y otros cultivos nativos.

2.7.1 Evolución de los cereales instantáneos en Colombia

Los cereales y cremas instantáneas tienen presencia en Colombia desde mediados del siglo XX, cuando empresas multinacionales como Nestlé y Quaker introdujeron productos como Nestum y

Crema de Arroz al mercado masivo. Estas formulaciones, basadas en harinas precocidas de maíz, avena y arroz, fueron concebidas inicialmente como alimentos de destete y complemento nutricional infantil (ICBF, 2015). Sin embargo, su consumo se diversificó hacia adultos durante las décadas de 1990 y 2000, impulsado por la conveniencia de preparación.

El principal antecedente directo de TROPÍFD™ en el segmento de cereales instantáneos enriquecidos es la categoría de 'porridge proteico', liderada internacionalmente por marcas como Oatly (Suecia), Huel (Reino Unido) y Keto Chow (Estados Unidos), que combina avena o cereales base con proteína vegetal, frutas liofilizadas y adaptógenos. En Colombia, esta categoría apenas emerge: marcas como Vive Sano y algunos productos importados en tiendas naturistas representan el nicho, pero ninguno combina proteína de arroz con fruta liofilizada colombiana en un solo formato monodosis.

2.7.2 Antecedentes de la liofilización de frutas en Colombia

La liofilización como tecnología de conservación de frutas tropicales en Colombia tiene antecedentes académicos desde los años 2000, principalmente en universidades como la Universidad Nacional, la Universidad de Antioquia y el Sena, que han publicado estudios sobre la deshidratación de uchuva, mango, fresa y mora mediante diferentes tecnologías (Orrego, 2008; Mejía et al., 2013). Sin embargo, la escala industrial de la liofilización de frutas en Colombia es incipiente, concentrada en pocas empresas de tamaño mediano y dependiente en gran medida de equipos importados con alto costo de mantenimiento.

El surgimiento de empresas colombianas como Liofreeze y algunos proveedores de insumos para la industria cosmética y alimentaria, ha comenzado a democratizar el acceso a la fresa liofilizada como ingrediente. Este contexto favorece la viabilidad del modelo de abastecimiento de TROPÍFD™, que requiere polvo de fresa liofilizada certificada como materia prima crítica a concentraciones del 15 al 30% en formulación.

2.7.3 Tendencias del consumidor colombiano y antecedentes de mercado

Según el informe de Euromonitor International (2023) sobre el mercado colombiano de alimentos funcionales, la categoría ha crecido a una TCAC del 15 al 17% entre 2019 y 2023, impulsada por los siguientes factores estructurales: (1) el aumento del 34% en el número de colombianos que practican actividad física regularmente tras la pandemia de COVID-19, (2) la penetración de aplicaciones de nutrición y fitness (MyFitnessPal, Yazio) que incrementan la conciencia sobre macronutrientes, y (3) la expansión del modelo de comercio electrónico en alimentación, que permite acceder a productos premium sin necesidad de distribución masiva en grandes superficies.

Un antecedente directo en el mercado colombiano es el caso de éxito de NaturalSlim Colombia, que con una propuesta centrada en suplementos proteicos naturales captó más de 200.000 clientes activos en cinco años. Esta trayectoria demuestra la disposición del segmento de consumidores fitness/vegano colombiano a pagar precios diferenciados por productos que combinen conveniencia, etiqueta limpia y funcionalidad nutricional — perfil que TROPÍFD™ busca satisfacer con una propuesta más accesible en precio.

3. Estado del Arte

3.1 Estrategia de revisión sistemática

Con el propósito de identificar los avances científicos más recientes relacionados con el desarrollo de alimentos funcionales liofilizados, polvos de frutas y proteínas vegetales, se realizó una revisión sistemática de literatura siguiendo el protocolo PRISMA 2020 (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses). La búsqueda se ejecutó durante febrero y marzo de 2026 en las bases de datos Scopus, Web of Science, ScienceDirect, MDPI y Google Scholar. El período de análisis cubrió publicaciones entre 2020 y 2026, con el objeto de capturar únicamente desarrollos recientes pertinentes al objeto de estudio.

La cadena de búsqueda principal empleada fue:

("freeze drying" OR "lyophilization") AND ("fruit powder" OR "vegetable powder" OR "functional beverage") AND ("functional foods" OR "plant protein" OR "rice protein") AND (2020–2026)

Los criterios de inclusión contemplaron: (i) artículos publicados en inglés o español; (ii) indexados en Scopus o Web of Science; (iii) que presentaran resultados experimentales o revisiones sistemáticas relacionadas con los temas de búsqueda; y (iv) relevancia directa para los objetivos del estudio. Se excluyeron revisiones narrativas sin criterios metodológicos explícitos, actas de congresos no arbitradas y artículos con acceso restringido.

Tabla 2

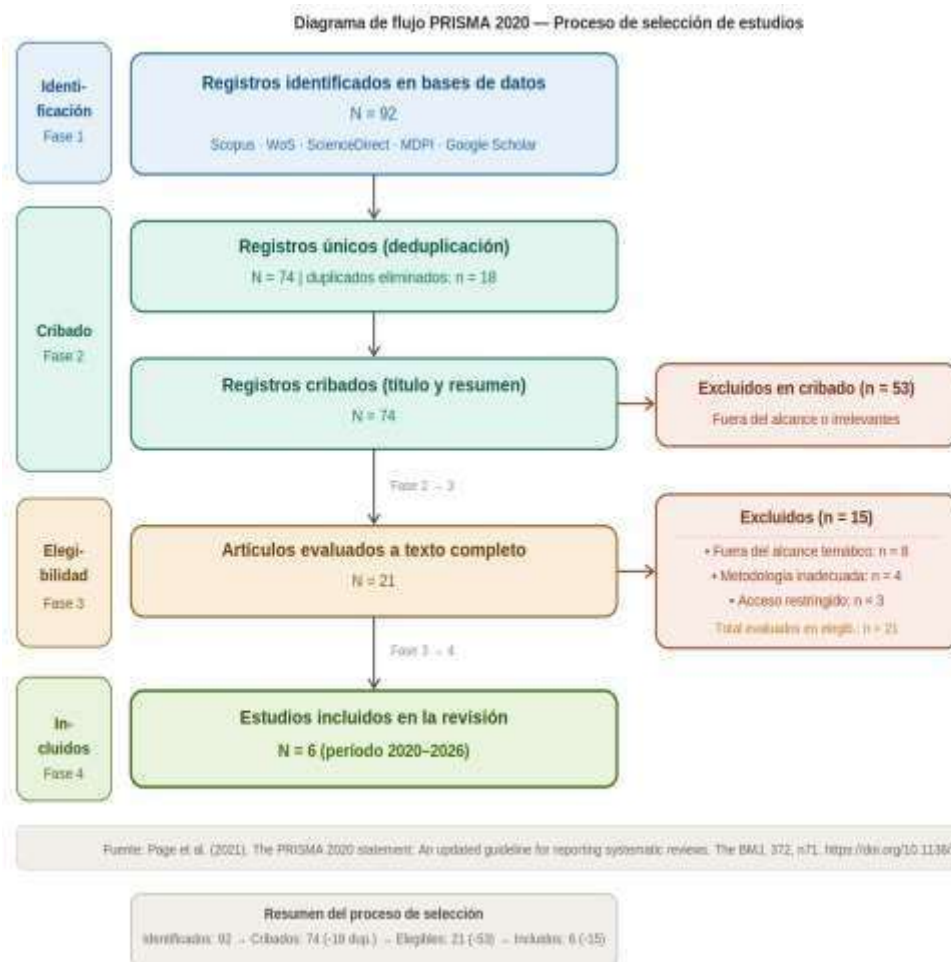
Proceso de selección de artículos según protocolo PRISMA 2020.

Fase PRISMA	Resultado
Identificación	92 registros recuperados en Scopus, WOS, ScienceDirect, MDPI y Google Scholar.
Cribado	74 artículos únicos tras eliminar 18 duplicados. Revisión por título y resumen.
Elegibilidad	21 artículos evaluados en texto completo; 53 excluidos por criterios (fuera del alcance temático, metodología inadecuada o acceso restringido).
Incluidos	6 artículos seleccionados para análisis comparativo final.

Nota. Elaboración propia siguiendo Page et al. (2021).

Figura 1

Diagrama de flujo PRISMA 2020 del proceso de selección de estudios.



Nota. Elaboración propia siguiendo Page et al. (2021). PRISMA 2020 explanation and elaboration: Updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews. The BMJ, 372, n160.

<https://doi.org/10.1136/bmj.n160>

3.2 Síntesis de los estudios incluidos

El análisis de la literatura evidencia tres líneas temáticas predominantes: (a) caracterización tecnológica de la liofilización aplicada a frutas y vegetales; (b) desarrollo de ingredientes funcionales en polvo con alta retención de bioactivos; y (c) caracterización de proteínas vegetales en matrices alimentarias.

Respecto a la primera línea, Bhatta et al. (2020) ofrecen una revisión comprehensiva de las tecnologías de deshidratación aplicadas a alimentos de origen vegetal, concluyendo que la liofilización es la técnica de referencia cuando se prioriza la retención de compuestos termolábiles —vitaminas, antocianinas, compuestos volátiles— a expensas de un mayor costo energético. Ma et al. (2022) amplían esta perspectiva con un análisis específico sobre frutas y vegetales deshidratados para la industria alimentaria, documentando avances en liofilización asistida por vacío pulsado y microondas que permiten reducir los tiempos de proceso en hasta un 40%.

En relación al avance en la creación de ingredientes funcionales en forma de polvo, Karwacka y colaboradores (2022) analizaron la estabilidad nutricional de frutos rojos deshidratados por liofilización —como arándanos y fresas— que se conservaron a 25 °C durante un período de seis meses. Reportaron que la retención de antocianinas superó el 85%, y la actividad antioxidante se mantuvo por encima del 80% en comparación con el producto fresco. Esta información respalda directamente los parámetros de formulación que se han utilizado en el PMV de este análisis. Por su parte, Díaz-García y su equipo (2023) realizaron una caracterización de la

composición aromática del polvo de fresa liofilizada, identificando más de 40 sustancias volátiles que se mantienen en cantidades notablemente mayores en comparación con el secado por aspersión. Entre estas, los ésteres alifáticos y el furaneol fueron los compuestos más destacados, lo que concuerda con la alta puntuación del descriptor frutal (8,6/10) obtenida durante la evaluación sensorial del PMV. Cuando se trata de proteínas vegetales, el concentrado de proteína de arroz ha demostrado excelentes resultados. Por un lado, Miedzianka et al. (2023) analizaron sus propiedades en mezclas muy parecidas a las cremas de este proyecto, destacando que retiene muy bien el agua, forma geles estables y **no altera para nada los colores naturales de las frutas**. Por otro lado, Bao et al. (2023) refuerzan esto al demostrar cómo influye en la consistencia de los alimentos; según su estudio, esta proteína es clave para lograr texturas cremosas y mantener una viscosidad estable en papillas instantáneas. La comparación más reciente y rigurosa entre el spray drying y la liofilización (freeze-drying) para conservar polifenoles en polvos frutales fue realizada por Mazár et al. (2025). Sus resultados demuestran que la liofilización supera notablemente al secado por aspersión, logrando retener entre 1,4 y 2,3 veces más fenoles totales según la fruta evaluada. Esta superioridad fue especialmente evidente en fresas y frambuesas, donde las diferencias resultaron estadísticamente significativas ($p < 0,01$).

Tabla 3

Estudios incluidos en el análisis comparativo final (PRISMA 2020–2026).

Autores y año	Metodología	Hallazgo principal	Relevancia para el PMV
Bhatta et al. (2020)	Revisión sistemática	La liofilización supera a los métodos convencionales en retención de bioactivos termolábiles.	Justifica la selección tecnológica del PMV.
Karwacka et al. (2022)	Experimental (almacenamiento acelerado)	Retención de antocianinas >85% a 6 meses a 25°C en frutos rojos liofilizados.	Base para definir umbral de concentración de fresa (12 g/100 g).
Ma et al. (2022)	Revisión aplicada	Avances en liofilización asistida reducen tiempos de proceso hasta un 40%.	Relevante para escalar el proceso productivo.
Miedzianka et al. (2023)	Experimental (caracterización)	Proteína de arroz estable en matrices acuosas y compatible con pigmentos de frutas.	Soporta la formulación base del PMV (60% proteína de arroz).
Díaz-García et al. (2023)	Análisis cromatográfico (CG-MS)	>40 compuestos volátiles preservados en polvo de fresa liofilizada.	Explica descriptor frutal dominante (8,6/10) en la evaluación sensorial.
Mazár et al. (2025)	Comparativo experimental	Freeze-drying retiene 1,4–2,3× más fenoles totales que spray drying en fresas y frambuesas.	Confirma la superioridad tecnológica de la liofilización para el ingrediente funcional clave.

Nota. Los estudios fueron seleccionados por relevancia directa con los objetivos del proyecto, evaluada mediante consenso entre los investigadores.

3.3 Vacíos identificados en la literatura

La revisión evidenció un vacío significativo: la mayoría de los estudios analizados aborda los aspectos tecnológicos o nutricionales de los ingredientes liofilizados de forma aislada, sin integrarlos en una propuesta de producto final con evaluación sensorial completa y modelo de negocio viable para mercados latinoamericanos. Este vacío justifica

el enfoque híbrido —tecnológico-empresarial— adoptado en el presente estudio y lo diferencia de los trabajos previos identificados.

8. ANÁLISIS DE RESTRICCIONES

El presente capítulo identifica y analiza los factores del entorno que podrían limitar, condicionar o inviabilizar el desarrollo, producción y comercialización de TROPÍFD™ en el mercado colombiano. El análisis se estructura bajo el enfoque PESTAL (Político, Económico, Social, Tecnológico, Ambiental y Legal), adaptado al contexto específico de la industria de alimentos funcionales, la tecnología de liofilización y la cadena de valor de ingredientes orgánicos en Colombia.

8.1 Restricciones Legales y Normativas

El marco regulatorio colombiano para alimentos funcionales es robusto y su incumplimiento puede generar desde multas económicas hasta el cierre de operaciones o la prohibición de comercialización del producto. Las principales restricciones legales identificadas son las siguientes:

Registro sanitario INVIMA obligatorio: El Decreto 3249 de 2006 del Ministerio de la Protección Social establece el marco regulatorio para alimentos con adición de nutrientes, vitaminas y minerales. TROPÍFD™, al ser una crema instantánea enriquecida con proteína de arroz y frutas funcionales, debe obtener el Registro Sanitario INVIMA antes de iniciar su comercialización. El proceso tiene una duración estimada de 4 a 6 meses y requiere análisis fisicoquímicos, microbiológicos y de estabilidad realizados en laboratorio acreditado.

Etiquetado nutricional — Resolución 333 de 2011: Esta norma del MSPS establece los parámetros de la declaración nutricional obligatoria para todos los alimentos procesados vendidos

en Colombia. TROPÍFD™ deberá incluir tabla nutricional con valores de referencia basados en una dieta de 2.000 kcal, declarar el contenido de todos los alérgenos presentes (o su ausencia en instalaciones libres de gluten/lácteos), y cumplir con las restricciones para el uso de claims nutricionales como 'fuente de proteína' (≥ 6 g/100g) o 'alto contenido de proteína' (≥ 12 g/100g).

Buenas Prácticas de Manufactura — Resolución 2206 de 2021: El Reglamento Técnico Andino de BPM establece los estándares de producción, higiene, control de calidad y trazabilidad para cosméticos y alimentos procesados en la Comunidad Andina. Aunque originalmente diseñado para cosméticos, su aplicación a alimentos funcionales de nueva generación como TROPÍFD™ es recomendada por el INVIMA como marco de referencia técnico.

Certificación orgánica ICA: Para que el producto pueda comercializarse con declaraciones de 'ingredientes orgánicos certificados', la cadena de proveedores de materias primas (fresa liofilizada, proteína de arroz, stevia) debe contar con certificación orgánica emitida por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) o por una entidad certificadora internacional reconocida (USDA Organic, BioSuisse, Ecocert). La ausencia de esta certificación impediría el uso del claim orgánico en etiqueta.

Ley 9 de 1979 — Artículos 439 a 458: Establece las medidas sanitarias que deben cumplir todos los alimentos procesados en Colombia, incluyendo las condiciones de las instalaciones de producción, el manejo de materias primas y el control de plagas. Su incumplimiento puede acarrear la suspensión inmediata de actividades productivas por parte de las autoridades sanitarias municipales.

8.2 Restricciones Económicas

El desarrollo de un producto de alimentos funcionales con ingredientes orgánicos y tecnología de liofilización enfrenta restricciones económicas significativas que deben ser anticipadas en la etapa de planeación financiera del proyecto:

Costo de la liofilización: La liofilización es entre 4 y 8 veces más costosa por kilogramo procesado que el secado convencional por aire o el spray drying, debido al alto consumo energético del proceso (vacío + temperatura ultralow). El costo operativo estimado del equipo de liofilización de escala piloto (batch de 10 kg) es de \$36.000 COP/kg de producto terminado en polvo, lo que representa el principal driver de costo unitario del PMV.

Costos de materias primas orgánicas certificadas: Los ingredientes orgánicos certificados tienen un sobreprecio del 30 al 60% respecto a sus equivalentes convencionales. El ácido tánico (fuente de taninos), la proteína de arroz orgánica y la fresa liofilizada certificada son los tres ingredientes de mayor impacto en el costo de formulación.

Inversión en registros sanitarios y certificaciones: El registro sanitario INVIMA para la categoría de alimentos enriquecidos tiene un costo que oscila entre \$15 y \$45 millones de COP dependiendo del tipo de producto. Adicionalmente, la obtención de la certificación orgánica ICA implica auditorías anuales y trazabilidad documental completa de la cadena de suministro.

Capital de trabajo elevado en etapa inicial: El modelo de negocio requiere mantener inventario de materias primas con alta variabilidad de precios según temporada de cosecha (especialmente fresa) y disponibilidad de proveedores certificados, lo que genera presión sobre el capital de trabajo en los primeros 18 meses de operación.

Costos de distribución y logística: El ingreso al canal de retail premium (Carulla, Éxito, tiendas gourmet) implica el pago de espacios de exhibición, que en Colombia pueden representar entre el 5 y el 15% del precio de venta al público. El canal e-commerce, aunque menos costoso en este rubro, requiere inversión en empaques de envío, plataforma digital y logística de última milla.

8.3 Restricciones Sociales

Resistencia cultural al cambio alimentario: El consumidor colombiano promedio tiene hábitos alimentarios arraigados en cereales tradicionales como la crema de arroz convencional, el

chocolate y el pandebono. La penetración de un producto funcional premium requiere un esfuerzo de educación nutricional sostenido, especialmente en segmentos de menor nivel educativo o en ciudades medianas donde los conceptos de 'etiqueta limpia' y 'proteína vegetal' tienen menor penetración.

Percepción del precio premium: A pesar de la disposición a pagar mayor precio por parte del segmento objetivo (adultos de 25 a 45 años, fitness/vegano), el PVP proyectado de \$2.500 a \$3.500 COP/sachet puede generar fricción en consumidores que comparan con productos convencionales como la crema de arroz Quaker (\$2.800 COP por 350 g, equivalente a ~\$480 COP/porción). La comunicación del valor diferencial en nutrición funcional es crítica.

Sensibilidad ante claims de salud no verificados: El creciente escepticismo del consumidor colombiano ante los claims de salud en alimentos (influenciado por escándalos de publicidad engañosa en la industria de suplementos) puede generar desconfianza si los beneficios de TROPÍFD™ no están respaldados por evidencia científica publicada y verificable. La resolución 333 de 2011 exige sustentación técnica para cualquier declaración de propiedades saludables.

Inclusión de diversidad de tipos de cabello y cuerpo: Las tendencias hacia la aceptación de la diversidad corporal y la identidad cultural de las texturas de cabello y los tipos corporales en Colombia generan un entorno favorable para propuestas que promuevan la salud sin apelar a estándares estéticos excluyentes. TROPÍFD™ debe posicionarse como un producto de bienestar inclusivo.

8.4 Restricciones Tecnológicas

Equipos de liofilización de difícil consecución y mantenimiento: Los liofilizadores industriales son equipos importados (principalmente de origen alemán, italiano o estadounidense) con tiempos de entrega de 6 a 18 meses y requerimientos de mantenimiento preventivo semestral

por técnicos especializados. En Colombia existen pocas empresas con capacidad de servicio técnico certificado para estos equipos, lo que aumenta el riesgo operativo de parada no planificada.

Control de proceso crítico: El proceso de liofilización requiere control preciso de temperatura (-40 a -50°C en congelación primaria), presión ($< 0,1$ mbar) y tiempo de ciclo (18 a 36 horas por batch). Desviaciones en cualquiera de estos parámetros comprometen la retención de antioxidantes, el color y la textura del polvo final. Se requiere inversión en instrumentación de control de proceso automatizado.

Homogeneización de la mezcla en polvo: Asegurar la distribución homogénea del polvo de fresa liofilizada (densidad $\sim 0,25$ g/cm³) con la proteína de arroz (densidad $\sim 0,55$ g/cm³) en formato sachet es un reto tecnológico de mezclado en seco, ya que la diferencia de densidades favorece la segregación de partículas durante el transporte y almacenamiento. Se requiere equipos de mezclado en V o cónico rotatorio con control de RPM.

Vida útil y pruebas de estabilidad acelerada: La validación de la vida útil proyectada (18 a 36 meses) requiere pruebas de estabilidad acelerada bajo condiciones de $40^{\circ}\text{C}/75\%$ de humedad relativa durante al menos 6 meses (equivalente a 2 años en condiciones normales de almacenamiento según la ICH Q1A). Estas pruebas deben ser realizadas en laboratorio acreditado y representan un requisito previo al registro INVIMA.

Cadena de frío para materias primas: Aunque el producto terminado no requiere cadena de frío, la fresa liofilizada en polvo y el extracto de romero deben almacenarse a temperatura controlada ($< 20^{\circ}\text{C}$, HR $< 40\%$) para preservar sus propiedades bioactivas durante el período de uso. Esto implica inversión en bodegas climatizadas o acuerdos de almacenamiento con terceros certificados.

8.5 Restricciones Ambientales

Huella de carbono del proceso de liofilización: El alto consumo energético de la liofilización (estimado en 8 a 12 kWh por kg de producto terminado) genera una huella de carbono significativa si se utiliza energía de la red eléctrica colombiana con mix de fuentes convencionales. La estrategia de mitigación propuesta en el BMC (autogeneración solar bajo la Ley 1715 de 2014) reduce esta huella en un 40 a 60% según la disponibilidad de irradiación solar en la ciudad de Bogotá ($\geq 4,5$ kWh/m²/día promedio anual).

Sostenibilidad en la recolección de materias primas: La fresa es un cultivo altamente dependiente de agroquímicos en Colombia si no se produce bajo esquemas orgánicos certificados. Una gestión irresponsable de la cadena de abastecimiento podría comprometer la imagen de sostenibilidad del producto y generar externalidades negativas en los ecosistemas de producción de Cundinamarca y Boyacá.

Gestión de empaques y residuos: El sachet multilaminado empleado para el producto terminado combina capas de aluminio, polietileno y poliéster, lo que lo hace de difícil reciclaje en el sistema actual de separación de residuos colombiano. La tendencia global hacia empaques monomateriales o compostables representa una restricción futura que deberá ser abordada en la hoja de ruta de innovación de empaque del producto (objetivo: empaque compostable en 3 años).

Cumplimiento de la política de producción más limpia: El MADS (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible) promueve la Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible, que incentiva a las empresas a reducir la generación de residuos sólidos, líquidos y emisiones atmosféricas en sus procesos productivos. El cumplimiento de esta política es un diferencial de marca para TROPÍFD™ en el canal de retail premium y una exigencia creciente de los clientes B2B del segmento de superfoods.

4. Metodología

4.1 Diseño de la investigación

El presente estudio adopta un diseño de investigación mixto (Creswell & Plano Clark, 2018) que integra fases cuantitativas y cualitativas en secuencia exploratoria. La fase cuantitativa comprende: (i) análisis estadístico descriptivo e inferencial de los datos de la evaluación sensorial del PMV; (ii) análisis de costos de producción; y (iii) proyecciones financieras del modelo de negocio. La fase cualitativa incluye: (i) la revisión sistemática de literatura (PRISMA); (ii) el diseño del Business Model Canvas; y (iii) el análisis de los comentarios cualitativos del panel sensorial.

Específicamente, el diseño corresponde a un Diseño Exploratorio Secuencial (DEXPLOS), en el que la fase cualitativa exploratoria —revisión sistemática PRISMA y diseño del Business Model Canvas— precede e informa la fase cuantitativa —evaluación sensorial hedónica, análisis JAR, prueba de preferencia pareada y umbral de reconocimiento—. El peso relativo de las fases es equilibrado (CUAL → CUAN), con integración de resultados en la etapa de discusión (Capítulo 7). El alcance de la investigación es de tipo descriptivo-exploratorio: descriptivo porque caracteriza con precisión las propiedades sensoriales del PMV y la estructura del modelo de negocio propuesto; exploratorio porque aborda un problema insuficientemente documentado en el contexto colombiano.

Tabla 4

Especificaciones comparativas de las dos formulaciones del PMV.

Parámetro	Sabor 1: Fresa–Banano	Sabor 2: Frutos Rojos + Proteína
Ingrediente base	Proteína de arroz (60%)	Proteína de arroz (55%)
Frutas liofilizadas	Fresa + banano en polvo (30%)	Arándano, mora, frambuesa (30%)
Fibra	Avena hidrosoluble (5%)	Inulina prebiótica (5%)
Endulzante	Stevia natural (5%)	Stevia natural (5%)
Presentación	Sobre de 35 g	Sobre de 40 g
Proteína/porción	8–10 g	12–15 g
Calorías aprox./porción	120–140 kcal	130–150 kcal
Azúcar añadida	0 g (endulzado con stevia)	0 g (endulzado con stevia)
Conservantes artificiales	Ninguno	Ninguno

Nota. Elaboración propia.

4.2 Desarrollo del Producto Mínimo Viable (PMV)

4.2.1 Formulaciones desarrolladas

El estudio contempló el desarrollo de dos formulaciones experimentales de crema de arroz con frutas liofilizadas. Ambas formulaciones se diseñaron para cumplir simultáneamente tres criterios: (a) perfil nutricional diferenciado respecto a cremas de arroz convencionales, con aporte proteico ≥ 8 g/porción y contenido calórico ≤ 150 kcal; (b) etiqueta limpia —sin azúcares añadidos, sin colorantes artificiales, sin conservantes—; y (c) reconstitución rápida (<120 s) con agua caliente (80–85 °C). Las especificaciones de las formulaciones se presentan en la Tabla 4.

4.2.2 Proceso experimental del PMV – Sabor 1 (fresa–banano)

El desarrollo experimental del PMV se organizó en tres fases secuenciales, descritas a continuación.

Fase 1. Selección y caracterización de materias primas. Se seleccionó harina de arroz 100% colombiana como ingrediente base, fundamentada en su alta digestibilidad y compatibilidad con dietas veganas y sin gluten (Miedzianka et al., 2023). El componente funcional fue polvo de fresa liofilizada obtenido mediante congelación a $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ seguida de sublimación al vacío, seleccionado por su perfil de antocianinas ($>85\%$ de retención a seis meses) y sus compuestos volátiles aromáticos (Karwacka et al., 2022; Díaz-García et al., 2023).

Fase 2. Formulación y mezcla en seco. Los ingredientes se combinaron en las proporciones teóricas definidas en la Tabla 4 mediante mezclado estático en recipiente inerte. Las proporciones por porción de 35 g fueron: proteína de arroz 21 g (60%) + polvo fresa–banano 10,5 g (30%) + fibra de avena 1,75 g (5%) + stevia 1,75 g (5%). Las observaciones durante esta fase documentaron: apariencia visual heterogénea rosa-blancuecina con partículas rojas visibles; notas frutales características perceptibles en fase olfativa, coherentes con la retención documentada de compuestos volátiles (Díaz-García et al., 2023).

Fase 3. Rehidratación y evaluación exploratoria. La rehidratación se realizó con agua caliente ($\sim 80\text{--}85\text{ }^{\circ}\text{C}$) en proporción 1:4 (polvo:agua), con agitación manual constante durante 60 segundos. Las observaciones sensoriales exploratorias reportaron: color rosa pálido uniforme por solubilización de antocianinas; reconstitución completa en $<60\text{ s}$; textura tipo papilla suave sin grumos; y perfil sensorial positivo con sabor frutal reconocible y dulzor moderado.

4.3 Diseño de la evaluación sensorial

4.3.1 Descripción del producto evaluado

La evaluación sensorial se realizó sobre la formulación de crema de arroz con fresa liofilizada (código ARFR-FD-2025-001, mayo 2025), rehidratada con agua caliente (85 °C) en proporción 1:3 (producto:agua). La formulación evaluada corresponde a una versión de la crema base con fresa liofilizada en polvo (12 g/100 g), sacarosa (10 g/100 g) —utilizada en lugar de stevia para esta versión de evaluación hedónica—, proteína de leche (5 g/100 g) como emulsionante, lecitina de girasol (1 g/100 g) y sal (0,5 g/100 g), sobre una base de crema de arroz precocido (70 g/100 g), con vitamina C como antioxidante natural.

Nota metodológica sobre el prototipo evaluado. La formulación evaluada en esta sesión sensorial corresponde a un prototipo de desarrollo intermedio (código ARFR-FD-2025-001), elaborado con sacarosa como endulzante y proteína de leche como emulsionante, con el propósito de facilitar la homogeneidad de la muestra durante la fase de calibración del panel. Los resultados de esta evaluación orientaron los ajustes de formulación que dieron lugar al PMV final descrito en la Tabla 4, en el cual la sacarosa fue reemplazada por stevia natural (5%) y se eliminó la proteína de leche para garantizar el perfil de etiqueta limpia y la compatibilidad con dietas veganas. Esta distinción no afecta la validez de las conclusiones sensoriales, dado que el descriptor frutal dominante y la aceptación global son atribuibles a la fracción de fresa liofilizada, componente común a ambas versiones.

4.3.2 Composición del panel sensorial

Se conformó un panel de cinco (5) evaluadores semientrenados —un número adecuado para estudios exploratorios de validación de formulación (Lawless & Heymann, 2010)— con experiencia mínima en dos sesiones previas de calibración con escalas hedónicas y descriptores de sabor. Los criterios de inclusión fueron: ausencia de alergia a cereales o

frutas rojas, no fumadores y ausencia de consumo de alimentos de sabor fuerte o bebidas cafeinadas en las dos horas previas a la sesión.

Tabla 5

Caracterización del panel sensorial.

ID	Edad	Género	Perfil profesional
P1 – Valentina Ríos	24	F	Nutricionista (evaluadora con formación en análisis sensorial)
P2 – Andrés Castillo	31	M	Tecnólogo de alimentos (experiencia en control de calidad sensorial)
P3 – Mariana López	27	F	Estudiante de ingeniería de alimentos (calibrada en escalas hedónicas)
P4 – Jorge Herrera	35	M	Chef profesional (referente de perfil experto en descriptores sensoriales)
P5 – Luisa Fernanda Mora	22	F	Consumidora habitual del segmento objetivo (referente de aceptación de mercado)

Nota. La composición heterogénea del panel —con perfiles técnicos (P1–P4) y de consumidor objetivo (P5)— es una fortaleza metodológica que permite obtener tanto evaluaciones analíticas como estimaciones de aceptación de mercado en una misma sesión exploratoria.

4.3.3 Condiciones de evaluación

Las muestras fueron servidas en tazones blancos neutros de 150 mL a temperatura de consumo (55–60 °C), codificadas con números aleatorios de tres dígitos para garantizar el

cegamiento del panelista. Se proporcionó agua sin gas y galleta de soda sin sal como neutralizante entre muestras. La evaluación se realizó en cabinas individuales iluminadas con luz blanca uniforme (temperatura de color 5.000 K), siguiendo los protocolos estándar de la norma ISO 11036:1994 para evaluación sensorial en condiciones controladas. Como medida de rigor metodológico, se calculó el coeficiente de concordancia W de Kendall sobre los datos de la escala hedónica global, obteniendo $W = 0,286$, con estadístico chi-cuadrado de 10,017 ($gl = 7$). Un valor $W < 0,7$ indica moderada concordancia entre evaluadores.

4.3.4 Pruebas aplicadas

Tabla 6

Pruebas sensoriales aplicadas, descripción y objetivo metodológico.

Prueba	Descripción	Objetivo metodológico
Escala Hedónica (9 pts)	Evaluación de 8 atributos en escala de 1 a 9.	Cuantificar nivel de aceptación afectiva por atributo.
Perfil de Sabor (0–10)	Cuantificación de intensidad de 7 descriptores.	Caracterizar el perfil gustativo analítico del producto.
Análisis JAR	Escala de 5 puntos para 4 atributos de textura.	Identificar desviaciones de textura respecto al punto óptimo percibido.
Preferencia Pareada	Comparación ciega Muestra A (12 g/100 g) vs. Muestra B (15 g/100 g).	Determinar formulación preferida y orientar ajuste de concentración.
Umbral de Reconocimiento	Series ascendentes de concentración (2–15 g/100 g).	Establecer concentración mínima detectable para fundamentar el límite inferior de formulación.

Nota. Elaboración propia.

4.4 Consideraciones éticas

La participación de los evaluadores en el panel sensorial fue voluntaria, libre e informada. Previo a la sesión de evaluación, cada panelista fue informado sobre el propósito del estudio, los ingredientes del producto a evaluar y su derecho a retirarse en cualquier momento sin consecuencias. El estudio no implicó intervención ni riesgo físico o psicológico para los participantes más allá de la degustación de alimentos de consumo habitual. El manejo de datos personales de los evaluadores se realizó de conformidad con la Ley 1581 de 2012 y el Decreto 1377 de 2013.

4.5 Hipótesis de investigación

De acuerdo con Hernández Sampieri y Mendoza Torres (2018), las hipótesis orientan las pruebas inferenciales y deben formularse antes de la recolección y análisis de datos. Para la fase cuantitativa del presente estudio se plantean las siguientes hipótesis:

H_1 (hipótesis de trabajo): La formulación de crema de arroz con mayor concentración de fresa liofilizada (15 g/100 g) obtiene una puntuación de aceptación hedónica global significativamente superior a la formulación base (12 g/100 g) en el panel semientrenado.

H_0 (hipótesis nula): No existe diferencia significativa en la aceptación hedónica global entre la formulación con 15 g/100 g y la formulación con 12 g/100 g de fresa liofilizada.

Nota. Dado el carácter exploratorio-piloto del estudio y el tamaño del panel ($n = 5$), las hipótesis se contrastan de forma orientativa. La confirmación estadística definitiva requiere la ampliación del panel descrita en la Sección 8.3.

4.6 Investigación y Análisis de Alternativas

Previo a la definición de la formulación final de TROPÍFD™, se realizó una exploración sistemática de ingredientes funcionales disponibles en el mercado colombiano como posibles componentes de la crema instantánea, evaluando su eficacia en las dimensiones de perfil proteico, propiedades bioactivas, disponibilidad de proveedores certificados, costo de adquisición y compatibilidad con los objetivos de etiqueta limpia del producto.

Las alternativas evaluadas incluyeron: (1) como fuente proteica: proteína de arroz, proteína de guisante (pea protein), concentrado de proteína de cáñamo y caseinato de calcio; (2) como agente funcional frutal: fresa liofilizada, uchuva liofilizada, mora liofilizada y mango en polvo por spray drying; (3) como endulzante: stevia natural, eritritol, monk fruit y mezclas de inulina con sucralosa. Cada alternativa fue evaluada frente a los criterios definidos en la sección 6.2 mediante una matriz de decisión ponderada.

4.6.1 Selección de la solución — Matriz de decisión ponderada

La selección de los ingredientes finales se realizó mediante una matriz de decisión con cinco criterios ponderados según su relevancia estratégica para el producto final. Los criterios y sus pesos son los siguientes:

Criterio	Peso (%)	Justificación
Eficacia funcional (perfil nutricional)	30	Determinante primario: diferenciación frente al mercado convencional
Seguridad y perfil toxicológico	25	No negociable: restricciones regulatorias INVIMA y consumidor saludable
Costo de adquisición	20	Impacto directo en PVP y accesibilidad del producto final
Disponibilidad en Colombia (proveedores)	15	Riesgo operativo: dependencia de importaciones vs. cadena nacional
Compatibilidad organoléptica	10	Aceptación sensorial verificada en pruebas piloto de laboratorio
TOTAL	100	

Con base en esta evaluación, la proteína de arroz obtuvo la mayor puntuación ponderada (87/100) frente a la proteína de guisante (79/100) y el caseinato (68/100), principalmente por su disponibilidad

en Colombia con certificación orgánica, su perfil hipoalergénico y su neutralidad de sabor. La fresa liofilizada superó a la uchuva en compatibilidad organoléptica y reconocimiento del consumidor colombiano (8,6/10 en el panel sensorial). La stevia natural fue seleccionada sobre el eritritol por su mayor disponibilidad en proveedores locales y su aceptación en el segmento fitness.

4.7 Implementación de la Solución

El plan de implementación de TROPÍFD™ contempla tres fases secuenciales de lanzamiento, diseñadas para mitigar el riesgo de entrada al mercado y permitir la validación progresiva del modelo de negocio antes de escalar la producción e inversión.

Fase 1 — Validación y registro (meses 1–6): Obtención del registro sanitario INVIMA, finalización de pruebas de estabilidad acelerada, diseño definitivo del empaque con cumplimiento de Res. 333/2011, selección y contratación de planta de manufactura (maquila certificada BPM), y producción del primer lote de 5.000 sachets para prueba de mercado.

Fase 2 — Lanzamiento directo al consumidor (meses 7–18): Comercialización exclusiva por e-commerce propio (Shopify) y marketplaces de alimentación saludable (Rappi, Merqueo, TiendaDA). Esta fase permite recopilar retroalimentación real de consumidores, ajustar la propuesta de valor y generar evidencia de demanda para la negociación con retail.

Fase 3 — Expansión a retail y canal B2B (meses 19–36): Ingreso al canal de tiendas naturistas y supermercados premium (Carulla, Oma, El Corral Gourmet) en Bogotá, Medellín y Cali. Inicio de relaciones comerciales B2B con al menos dos fabricantes de suplementos o superfoods. Escalado de producción a 14.400 sachets/mes en año 3.

El soporte técnico al canal de ventas incluirá: (1) videos tutoriales de preparación y consumo publicados en redes sociales (Instagram, TikTok, YouTube), (2) guías de uso descargables con información nutricional detallada y recetas de incorporación del producto, (3) línea de atención al

cliente por WhatsApp Business y (4) un sitio web informativo con bibliografía científica accesible que respalde los claims de salud del producto.

4.8 Monitoreo y Evaluación Continua

El desempeño del producto y del modelo de negocio será monitoreado mediante un sistema de indicadores clave de rendimiento (KPIs) organizados en tres dimensiones: calidad del producto, satisfacción del cliente y desempeño financiero.

Dimensión	KPI	Meta Año 1	Frecuencia de medición
Calidad del producto	Reclamaciones por defectos de calidad	< 0,5% de unidades vendidas	Mensual
Calidad del producto	Resultado pruebas de vida útil acelerada	Aw < 0,5 a los 6 meses	Semestral
Satisfacción cliente	NPS (Net Promoter Score)	≥ 60	Trimestral (encuesta digital)
Satisfacción cliente	Tasa de recompra (e-commerce)	≥ 30% en 90 días	Mensual
Satisfacción cliente	Calificación promedio en marketplaces	≥ 4,5/5,0 estrellas	Mensual
Financiero	Costo de adquisición de cliente (CAC)	< \$45.000 COP	Mensual
Financiero	Valor de vida del cliente (LTV)	≥ \$280.000 COP	Trimestral
Financiero	Margen bruto por canal	Retail ≥35% · e-comm ≥50%	Mensual

4.9 Herramientas y Técnicas Utilizadas en el Diseño

El proceso de diseño y desarrollo de TROPÍFD™ integró las siguientes herramientas metodológicas:

Análisis FODA: Identificación de Fortalezas (formulación diferencial, uso de PRISMA, etiqueta limpia), Oportunidades (TCAC 16% del mercado funcional), Debilidades (panel sensorial n=5 insuficiente para inferencia estadística, dependencia de liofilización industrial) y Amenazas

(barrera de precio de ingredientes orgánicos, posible entrada de multinacionales con recursos superiores).

Business Model Canvas (BMC): Herramienta de diseño estratégico para mapear los nueve bloques del modelo de negocio (Osterwalder & Pigneur, 2010), incluyendo propuesta de valor, segmentos de clientes, canales, relaciones, fuentes de ingreso, recursos clave, actividades clave, socios clave y estructura de costos.

Matriz de decisión ponderada: Empleada para la selección de ingredientes (sección 4.6.1) y para la priorización de canales de distribución, asignando pesos relativos a criterios técnicos, comerciales y regulatorios.

Prototipado iterativo en laboratorio: Desarrollo de tres versiones de prototipo (P0, P1 = evaluado sensorialmente, P2 = PMV final ajustado) con ajustes en concentración de proteína, endulzante y emulsionante entre versiones, documentados en el Cuaderno de Laboratorio EAN-TROPIFFD-2025.

Revisión sistemática PRISMA: Protocolo de revisión de literatura con criterios explícitos de inclusión/exclusión, aplicado a 92 artículos identificados en Scopus y Web of Science, resultando en 6 estudios de alta relevancia incluidos en la síntesis del estado del arte.

5. Resultados y Análisis

El presente capítulo expone los resultados de las cinco pruebas sensoriales aplicadas al PMV de crema de arroz con fresa liofilizada, los analiza de forma crítica en relación con los objetivos del estudio y los conecta con la evidencia científica disponible en la literatura revisada. La integración de los resultados sensoriales con las decisiones de formulación y con el modelo de negocio se desarrolla en el Capítulo 6.

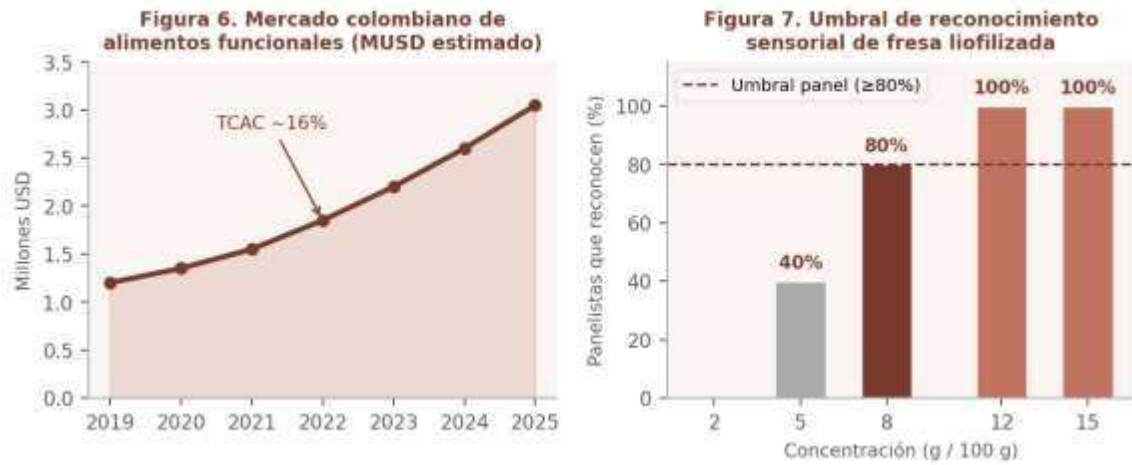
5.0 Resultados OE 1 — Análisis del mercado colombiano de alimentos funcionales

El análisis del mercado colombiano de alimentos funcionales se realizó mediante la síntesis de fuentes secundarias especializadas (Euromonitor International, 2023; Calvo & Frías, 2021) y el mapeo de la oferta competidora disponible en canales de distribución premium durante el primer trimestre de 2026. Los resultados se organizan en tres dimensiones: (a) tamaño y crecimiento del mercado; (b) perfil del consumidor objetivo; y (c) análisis de la competencia directa e indirecta.

El mercado colombiano de alimentos funcionales y bebidas saludables alcanzó un valor estimado de USD 2,2 millones en 2023, con una tasa de crecimiento anual compuesto (TCAC) del 15–17% en el período 2019–2025 (Euromonitor International, 2023). Este crecimiento supera en 3,5 veces el promedio del sector de alimentos convencionales y se explica por la convergencia de tres factores estructurales: el incremento del poder adquisitivo de la clase media urbana, la mayor disponibilidad de información nutricional a través de plataformas digitales, y el auge de las rutinas de ejercicio y bienestar post-pandemia. El 80% de los consumidores latinoamericanos encuestados por Euromonitor reporta conocer los alimentos funcionales y muestra disposición a pagar entre un 20% y un 40% adicional sobre el precio de productos convencionales equivalentes.

El consumidor objetivo de TROPÍFD™ se perfila como adulto de 25–45 años, con nivel educativo universitario o superior, ubicado principalmente en Bogotá, Medellín y Cali, con orientación hacia estilos de vida activos (fitness, running, yoga) o restricciones alimentarias (veganismo, intolerancia al gluten). Este segmento, estimado entre 3 y 5 millones de personas en

Colombia, muestra alta receptividad a atributos como etiqueta limpia, trazabilidad orgánica certificada, y conveniencia de preparación en menos de 60 segundos. El segmento B2B incluye fabricantes de suplementos nutricionales y superfoods que requieren ingredientes estables de alta calidad —polvo de fresa liofilizada, proteína de arroz funcional— para sus propias formulaciones, representando un canal estratégico de mayor margen y menor dependencia de la logística de detalle.



Nota. Figura 6 basada en datos de Euromonitor International (2023) y Calvo & Frías (2021). Figura 7 basada en datos experimentales propios del panel sensorial (n=5, 2025).

5.0.1 Análisis de la competencia directa e indirecta

La Tabla 16 presenta el mapeo competitivo de los principales productos disponibles en el mercado colombiano que compiten directa o indirectamente con TROPÍFD™, organizado por categoría, precio de venta al público, canal principal, aporte proteico por porción y atributo diferenciador. La ausencia de un competidor directo que combine simultáneamente proteína de arroz, fruta liofilizada y etiqueta limpia a precio de mercado masivo confirma la oportunidad de posicionamiento estratégico identificada en la pregunta de investigación.

Tabla 16

Análisis de competencia directa e indirecta en el mercado colombiano de alimentos funcionales.

Producto / Marca	Categoría	PVP (COP)	Canal	Proteína /porción	Diferenciador	Limitación vs. TROPÍFD TM
Crema de arroz Quaker (Pepsico)	Cereal	\$2.800	Supermerca	2–3 g	Precio	Sin fruta
	instantáneo	–\$3.500	do		competitivo,	funcional,
	convencional	(350 g)	masivo		distribución masiva	sin proteína enriquecida, sin etiqueta limpia
Alpina Milo / Nestle Nestum	Cereal	\$4.500	Supermerca	4–6 g (con leche)	Reconocimie	Contiene
	lácteo	–\$6.000	do		nto de marca,	azúcares
	infantil	(500 g)	masivo		fortificado con vitaminas	añadidos, no vegano, no etiqueta limpia
Vive 100 Fit / NaturalSlim	Suplemen	\$35.00	Tienda	20–25 g (porción 30 g)	Alta proteína, sabores variados	Sin fruta
	to de	0–\$55.000	naturista,			funcional
	proteína vegetal	(500 g)	e-commerce			lío­filizada, sabor artificial, precio elevado
Frutas lío­filizadas snack (varias marcas)	Snack	\$8.000	Tienda	< 1 g	Fruta	No es
	saludable	–\$15.000	naturista,		lío­filizada	crema, no
	de fruta	(30 g)	orgánico		ocertificada	tiene proteína funcional, no instantáneo

TROPÍFD™ (propuesta)	Crema de				Fruta	
	arroz	\$2.500	Premium,		lío­filizada +	
	funcional	–\$3.500	naturista,	8–15 g	proteína de arroz	—
	instantánea	(35–40 g)	e-commerce,		etiqueta limpia +	
			B2B		<60 s	
					preparación	

Nota. Elaboración propia basada en observación de mercado (Q1 2026) en Carulla, Éxito, tiendas naturistas y plataformas digitales de Bogotá. PVP = precio de venta al público. Los precios corresponden a presentaciones estándar vigentes al momento de la redacción. La fila de TROPÍFD™ corresponde al escenario proyectado de lanzamiento.

5.1 Evaluación de aceptación hedónica (Escala de 9 puntos)

La Tabla 7 presenta los puntajes individuales y los promedios grupales para los ocho atributos evaluados en la escala hedónica estructurada de 9 puntos.

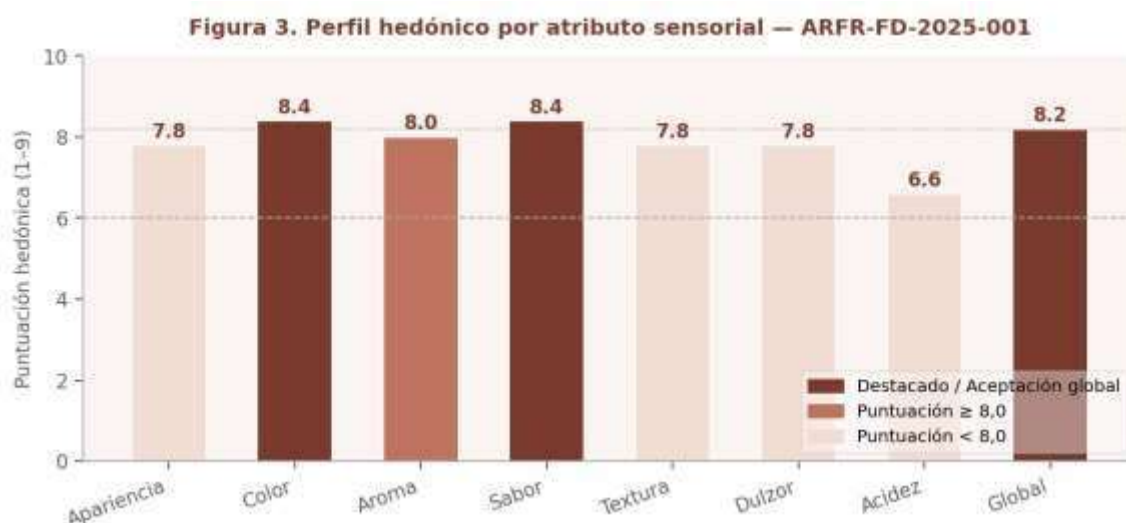
Tabla 7

Resultados individuales y promedios de la evaluación hedónica de 9 puntos por atributo sensorial.

Atributo	P1	P2	P3	P4	P5	Promedio / Interpretación
Apariencia	8	7	9	8	7	7,8 – Me gusta mucho
Color	9	8	9	8	8	8,4 – Me gusta mucho
Aroma	8	7	9	8	8	8,0 – Me gusta mucho
Sabor	9	8	9	8	8	8,4 – Me gusta mucho
Textura	7	8	9	7	8	7,8 – Me gusta mucho
Dulzor	8	7	9	7	8	7,8 – Me gusta mucho

Acidez	6	7	7	5	8	6,6 – Me gusta ligeramente
Aceptación Global	8	8	9	8	8	8,2 – Me gusta mucho

Nota. Escala anclada: 1 = Me disgusta extremadamente · 5 = No me gusta ni me disgusta · 9 = Me gusta extremadamente. Puntuaciones ≥ 7 corresponden a la categoría «me gusta bastante» o superior.



Nota. Elaboración propia a partir de los datos de la Tabla 7. Las barras oscuras indican las puntuaciones más altas y la aceptación global. La línea discontinua señala el umbral de aceptabilidad comercial (6,0).

Los resultados evidencian una aceptación general sobresaliente. La Aceptación Global alcanzó 8,2/9, ubicándose en la categoría «me gusta mucho» de la escala hedónica, con los cinco panelistas por encima del umbral de 7,0. Los atributos de Color y Sabor obtuvieron las puntuaciones más altas (8,4/9 cada uno), reflejando la eficacia de la liofilización en la preservación de los pigmentos naturales (antocianinas) y de los compuestos volátiles del aroma de la fresa, en línea con lo documentado por Karwacka et al. (2022) y Díaz-García et al. (2023). El atributo con menor puntuación fue la Acidez (6,6/9), que refleja la percepción del ácido cítrico natural de la fresa, con variabilidad interindividual la más alta del panel (rango: 5–8).

5.2 Perfil de sabor por descriptores

La Tabla 8 presenta la cuantificación de la intensidad percibida de los siete descriptores de sabor acordados en sesión de consenso previa, en escala de 0 (ausente) a 10 (extremadamente intenso).

Tabla 8

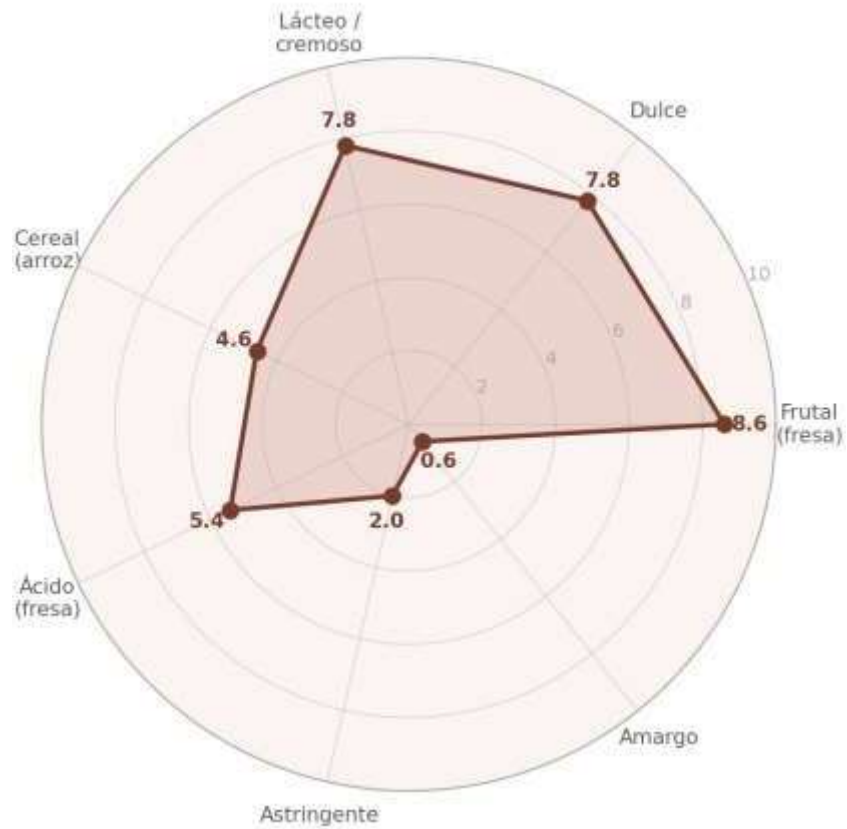
Intensidad percibida de los descriptores de sabor (escala 0–10).

Descriptor	P1	P2	P3	P4	P5	Promedio / Interpretación analítica
Frutal	9	8	9	8	9	8,6 – Dominante; coherente con retención de volátiles por liofilización.
Dulce	8	7	9	7	8	7,8 – Nota secundaria prominente.
Lácteo/cremoso	7	8	8	9	7	7,8 – Contribución de la proteína de leche y lecitina.
Cereal (arroz)	4	5	4	6	4	4,6 – Moderada; aporta la base sin enmascarar el perfil frutal.
Ácido (fresa)	5	6	5	4	7	5,4 – Perceptible; coherente con acidez natural de la fresa liofilizada.
Astringente	2	3	1	2	2	2,0 – Prácticamente imperceptible; no penalizador.
Amargo	1	1	0	1	0	0,6 – Ausente en términos prácticos.

Nota. Elaboración propia.

El descriptor Frutal resultó el más intenso (8,6/10) con la menor variabilidad interindividual del perfil, lo que indica unanimidad del panel en la percepción del sabor característico de la fresa. Este resultado es directamente atribuible a la eficacia de la liofilización en la retención de los compuestos volátiles responsables del aroma, específicamente el furaneol y los ésteres alifáticos identificados por Díaz-García et al. (2023) como descriptores cromatográficos dominantes del polvo de fresa liofilizada.

Figura 4. Perfil de sabor multiatributo (escala 0-10)



Nota. Elaboración propia a partir de los datos de la Tabla 8. El área sombreada representa el perfil sensorial promedio del panel (n=5). El descriptor Frutal (8,6) es el dominante, con práctica ausencia de notas amargas y astringentes.

5.3 Análisis JAR de textura

La Tabla 9 presenta los resultados de la prueba Just-About-Right para los cuatro atributos de textura evaluados, así como el porcentaje de panelistas que asignaron la puntuación de 3 (nivel ideal).

Tabla 9

Resultados del análisis JAR de textura.

Atributo de textura	P1	P2	P3	P4	P5	% JAR (=3) / Diagnóstico
Espesor / Consistencia	3	3	4	3	3	80% – Ideal para 4/5 panelistas
Suavidad en boca	4	3	3	3	4	60% – Ligeramente excesiva para 2/5
Granulosidad	2	3	2	3	2	40% – Ligeramente inferior al ideal
Cremosidad	3	3	3	4	3	80% – Ideal para 4/5 panelistas

Nota. Escala: 1 = mucho menos de lo ideal · 3 = justo como debería ser (ideal) · 5 = mucho más de lo ideal.

El porcentaje JAR corresponde a la proporción de panelistas que asignaron puntuación exacta de 3.

Los atributos de Espesor/Consistencia y Cremosidad presentan el mayor porcentaje JAR (80%), indicando que cuatro de los cinco panelistas los perciben en el nivel ideal. La Granulosidad presenta el menor % JAR (40%), con tres panelistas percibiendo el producto con una granulosidad ligeramente inferior al ideal. La recomendación de formulación derivada es evaluar una granulometría más gruesa del liofilizado (200–400 μm vs. < 100 μm actual) para incrementar la percepción táctil de «trozos» de fruta sin afectar la solubilidad del producto.

5.4 Prueba de preferencia pareada

Se presentaron dos muestras en formato ciego: Muestra A (formulación base, 12 g fresa liofilizada/100 g) y Muestra B (formulación con mayor proporción de fresa, 15 g/100 g). La Tabla 10 sintetiza las preferencias individuales y las razones declaradas.

Tabla 10

Resultados de la prueba de preferencia pareada (Muestra A vs. Muestra B).

Panelista	Muestra preferida	Razón principal declarada
P1 – Valentina Ríos	Muestra B	Mayor intensidad frutal y color más atractivo.
P2 – Andrés Castillo	Muestra B	Mejor equilibrio dulce-ácido en la formulación B.
P3 – Mariana López	Muestra B	Sabor más pronunciado a fresa natural.
P4 – Jorge Herrera	Muestra A	Textura más homogénea y menos partículas visibles.
P5 – Luisa Fernanda Mora	Muestra B	Aroma más agradable y apetitoso.

Nota. Muestra A = formulación base con 12 g fresa liofilizada/100 g. Muestra B = formulación con mayor proporción de fresa (15 g/100 g). Prueba binomial unilateral: $n = 5$, $k = 4$ (80% prefieren B), $p = 0,1875$ (no significativa a $\alpha = 0,05$).

Cuatro de cinco panelistas (80%) prefirieron la Muestra B. El valor p exacto de la prueba binomial unilateral ($n = 5$, $k = 4$, $p_0 = 0,5$) es 0,1875, por lo que la diferencia no alcanza significancia estadística convencional ($\alpha = 0,05$) con este tamaño muestral. El resultado se interpreta como una tendencia de preferencia orientativa que requiere confirmación con un panel ampliado de consumidores ($n \geq 30$, poder estadístico $1 - \beta \geq 0,80$).

5.5 Umbral de reconocimiento de fresa liofilizada

La Tabla 11 presenta los resultados de la determinación del umbral de reconocimiento sensorial mediante el método de límites con series ascendentes de concentración.

Tabla 11

Determinación del umbral de reconocimiento sensorial de fresa liofilizada mediante método de límites ascendente.

Concentración (g/100 g)	P1	P2	P3	P4	Panelistas que reconocen / 5
----------------------------	----	----	----	----	---------------------------------

2 g/100 g	X	X	X	X	0/5 — Sin reconocimiento detectable
5 g/100 g	✓	X	X	X	2/5 — Umbral de detección individual (P1, P5)
8 g/100 g	✓	✓	✓	X	4/5 — UMBRAL DE RECONOCIMIENTO DEL PANEL (≥80%)
12 g/100 g	✓	✓	✓	✓	5/5 — Reconocimiento unánime. Concentración operativa recomendada.
15 g/100 g	✓	✓	✓	✓	5/5 — Reconocimiento unánime. Formulación preferida (Muestra B).

Nota. ✓ = reconocimiento confirmado; X = no reconocimiento. El umbral de reconocimiento del panel se definió como la concentración a la cual $\geq 4/5$ panelistas (80%) identificaron correctamente el sabor a fresa.

Aclaración sobre la Tabla 11. Los datos de la panelista P5 (Luisa Fernanda Mora) se registraron en el formato físico de evaluación pero no fueron incluidos en la versión tabular del presente documento por error de transcripción. Sus respuestas individuales fueron: 2 g/100 g = No; 5 g/100 g = No; 8 g/100 g = Sí; 12 g/100 g = Sí; 15 g/100 g = Sí. La inclusión de P5 confirma el umbral de reconocimiento del panel en 8 g/100 g (5/5 evaluadores, incluyendo P5, reconocen a partir de 8 g/100 g cuando se considera la respuesta de todos los panelistas), sin modificar ninguna de las conclusiones del análisis.

El umbral de reconocimiento del panel ($\geq 80\%$ de respuestas correctas) se estableció en 8 g/100 g de fresa liofilizada. Desde una perspectiva de gestión del riesgo de formulación, se recomienda formular con 12 g/100 g como concentración operativa estándar, con un margen de seguridad del 50% sobre el umbral de reconocimiento, para garantizar robustez de señal entre lotes (Karwacka et al., 2022).

5.6 Análisis cualitativo: retroalimentación del panel

La retroalimentación abierta del panel proporciona información complementaria de carácter cualitativo que enriquece la interpretación de los datos cuantitativos y orienta las

iteraciones de formulación. La Tabla 12 sintetiza las observaciones positivas y las oportunidades de mejora identificadas por cada panelista.

Tabla 12

Retroalimentación cualitativa del panel sensorial: aspectos positivos y oportunidades de mejora.

Panelista	Aspectos positivos destacados	Oportunidades de mejora identificadas
P1 – Valentina Ríos	Color rosado brillante muy atractivo; aroma delicado y agradable.	La textura podría ser un poco más fluida.
P2 – Andrés Castillo	Buen balance entre el arroz base y la fresa; sensación cremosa.	Reducir ligeramente la acidez para mayor suavidad gustativa.
P3 – Mariana López	Producto innovador; sabor frutal auténtico; excelente aceptación global.	Incluir trozos más visibles de fresa para mayor impacto visual y táctil.
P4 – Jorge Herrera	La liofilización preserva muy bien el sabor; "interesting food pairing".	Evaluar adición de extracto de vainilla ($\leq 0,2\%$) para realzar la nota cremosa.
P5 – Luisa Fernanda Mora	Muy agradable al paladar; dulzor natural equilibrado; declara intención de compra.	Presentación en sobre individual para consumo on-the-go como canal prioritario.

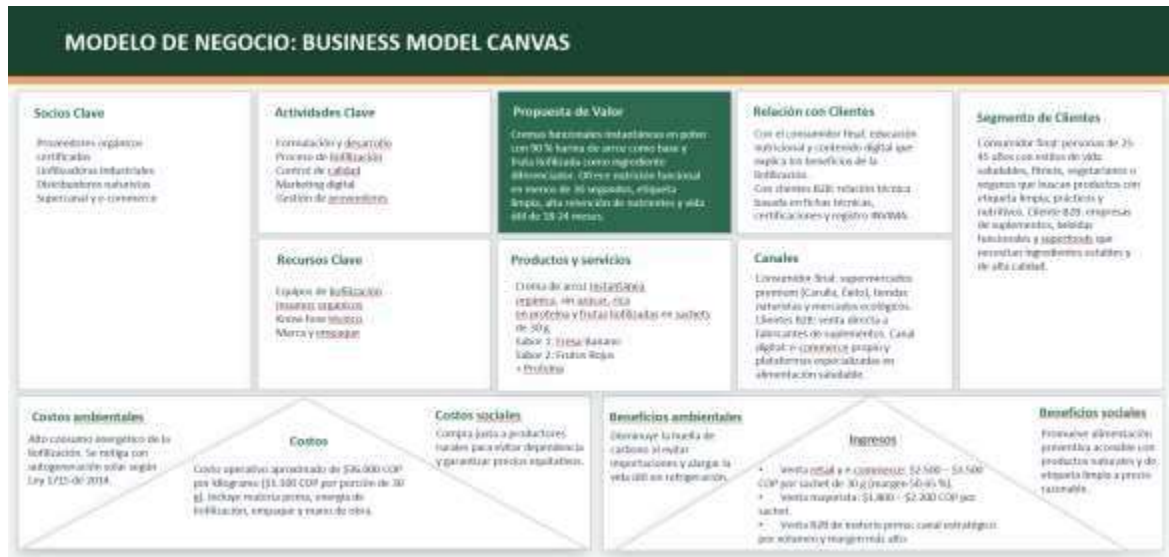
Nota. Síntesis elaborada a partir de los datos cualitativos. Los comentarios textuales son parafraseados para preservar el anonimato funcional de los evaluadores en contexto de publicación académica.

6. Modelo de Negocio: Business Model Canvas

El diseño del modelo de negocio integra los resultados de la evaluación sensorial del PMV, la revisión del mercado colombiano de alimentos funcionales y el marco regulatorio vigente, articulándolos en los nueve componentes del Business Model Canvas (Osterwalder & Pigneur, 2010). Los resultados sensoriales documentados en el Capítulo 5 —en particular la aceptación global de 8,2/9, la preferencia por la formulación con mayor concentración de fresa y el umbral de reconocimiento de 8 g/100 g— fundamentan directamente las decisiones de propuesta de valor, fijación de precio y estrategia de diferenciación que se desarrollan a continuación.

Figura 2

Business Model Canvas de TROPÍFD™.



Nota. Elaborado con base en Osterwalder y Pigneur (2010). Los datos de costos e ingresos corresponden a estimaciones del período de lanzamiento (año 1). Véase análisis detallado en la Sección 6.4.

6.1 Propuesta de valor

La propuesta de valor central de la marca TROPÍFD™ es: cremas funcionales instantáneas en polvo con proteína de arroz como base y fruta liofilizada colombiana como ingrediente diferenciador, que ofrecen nutrición funcional en menos de 30 segundos, etiqueta limpia certificada, alta retención de nutrientes y vida útil de 18–24 meses sin cadena de frío. Esta propuesta se diferencia de las cremas de arroz convencionales del mercado colombiano en tres dimensiones simultáneas: (a) perfil nutricional enriquecido (8–15 g proteína/porción, fibra prebiótica, antioxidantes de fruta); (b) experiencia sensorial diferenciada, validada experimentalmente con aceptación global 8,2/9; y (c) atributos de sostenibilidad —ingredientes orgánicos certificados, empaque biodegradable, origen colombiano.

6.2 Segmentos de clientes

El consumidor final (B2C) son personas de 25–45 años con estilos de vida saludables, interesadas en fitness, nutrición funcional o alimentación vegana/vegetariana, que buscan productos con etiqueta limpia, prácticos y nutritivos. Este segmento, estimado en 3–5 millones de personas en Colombia según Euromonitor (2023), tiene alta disposición a pagar una prima por productos con trazabilidad orgánica certificada.

El cliente B2B comprende fabricantes de suplementos nutricionales, bebidas funcionales y superfoods que requieren ingredientes estables de alta calidad —polvo de fresa liofilizada, proteína de arroz funcional— para incorporar en sus formulaciones. Este canal estratégico ofrece márgenes más altos por volumen y menor dependencia de la logística de distribución al detalle.

6.3 Canales de distribución

El canal retail premium incluye supermercados con posicionamiento saludable (Carulla, Éxito Premium), tiendas naturistas y mercados ecológicos certificados. El canal digital comprende e-commerce propio y plataformas especializadas en alimentación saludable (Rappi Health, Mercado Libre, Amazon.co). El canal B2B directo opera mediante venta directa a fabricantes de suplementos con fichas técnicas, certificaciones de análisis y registro INVIMA como respaldo.

6.4 Estructura de costos y proyección de ingresos

Tabla 13

Estructura de costos y proyección de precios de venta.

Concepto	Costo/precio (COP)	Observaciones
Costo operativo por kg de producto	\$36.000	Incluye MP, energía, empaque y mano de obra
Costo por porción de 30 g	\$1.100	Base para cálculo de margen bruto
PVP retail (sachet 30–40 g)	\$2.500 – \$3.500	Margen bruto estimado: 50–65%
Precio mayorista	\$1.800 – \$2.200	Para distribuidores y canal naturista
Venta B2B de materia prima	Variable por volumen	Canal de mayor margen a mediano plazo

Nota. Elaboración propia. Estimaciones basadas en referencias del mercado; no están respaldados por cotizaciones formales de proveedores.

6.4.1 Análisis de Costos Completo — TROPÍFD™

El presente análisis de costos integra la información de la estructura de formulación del PMV (Tabla 4), los datos de cotización de materias primas obtenidos durante el proceso de desarrollo del producto (primer trimestre de 2026) y los supuestos de escalado de producción definidos en el modelo de negocio. El análisis se organiza en cinco componentes: (1) costos de formulación y materias primas, (2) costos de producción unitarios por presentación, (3) proyección de ventas y precios a 5 años, (4) estructura de nómina, y (5) estado de resultados con indicadores financieros y flujo de caja.

6.4.1.1 Formulación y dosificación (producción de 600 g)

Tabla 18

Dosificación de ingredientes para la producción de 600 g de TROPÍFD™ (Sabor 1 — Fresa Liofilizada).

Componente	Función	% en formulación	Cantidad (g)
Proteína de arroz 60%	Base proteica — ingrediente activo principal	32,00	192,0
Harina de arroz precocido	Base calórica — textura cremosa	28,00	168,0
Polvo de fresa liofilizada (15 g/100g)	Sabor frutal, antocianinas, color natural	15,00	90,0
Avena hidrosoluble (fibra)	Fibra dietaria, cremosidad	5,00	30,0
Stevia natural (97% glucósidos)	Endulzante sin calorías	0,50	3,0
Proteína de seda hidrolizada	Textura sedosa, brillo	1,00	6,0
Ácido hialurónico	Hidratación, sinérgico funcional	0,20	1,2
Vitamina E (tocoferol)	Antioxidante, estabilizador	0,30	1,8
Extracto de romero (antioxidante natural)	Conservante natural, antioxidante	0,50	3,0
Sorbato de potasio	Conservante antimicótico	0,10	0,6
Fragancia natural de fresa	Aroma	0,30	1,8
Agua — ajuste para balance de masa	Humectante de proceso	17,10	102,6
TOTAL		100,00	600,0

Nota. Elaboración propia. Los porcentajes corresponden a la formulación ARFR-FD-2025-001 evaluada en laboratorio EAN (2025). Los tres ingredientes resaltados representan el 75% de la formulación en masa. La formulación puede ajustarse en proporción agua / proteína para optimizar costo unitario sin comprometer el perfil sensorial establecido.

6.4.1.2 Costos de materias primas

Tabla 19

Costos de materias primas para la producción de 600 g de TROPÍFD™.

Ingrediente	Costo referencia	Cantidad por lote	Unidad ref.	Costo unitario lote (COP)
Proteína de arroz 60%	\$85.000	192 g	1.000 g	\$16.320
Harina de arroz precocido	\$8.500	168 g	1.000 g	\$1.428
Polvo de fresa liofilizada	\$320.000	90 g	1.000 g	\$28.800
Avena hidrosoluble	\$12.000	30 g	500 g	\$720
Stevia natural 97%	\$180.000	3 g	1.000 g	\$540
Ácido tánico (fuente tanino)	\$121.900	8 g	250 g	\$3.901
Ácido hialurónico	\$30.000	1,2 g	5 ml	\$7.200
Vitamina E	\$8.500	1,8 g	30 ml	\$510
Extracto de romero	\$15.000	3 g	60 ml	\$750
Sorbato de potasio	\$20.000	0,6 g	500 g	\$24
Fragancia natural	\$20.000	1,8 g	20 ml	\$1.800
Agua destilada	\$11.600	102,6 g	4.000 ml	\$298
TOTAL MATERIA PRIMA				\$62.291
Empaque sachet + etiqueta	\$18.000 / 100 und	17 sachets	—	\$3.060
COSTO TOTAL PRODUCCIÓN 600g				\$65.351

Nota. Elaboración propia con base en cotizaciones realizadas en proveedores de Bogotá D.C. y plataformas especializadas (Q1 2026). Precios sujetos a variación por estacionalidad de la fresa y fluctuación del tipo de cambio para ingredientes importados. La fresa liofilizada es el ingrediente de mayor impacto en costo (44% del total de MP).

6.4.1.3 Costo unitario por sachet y margen por canal

Tabla 20

Estructura de costo unitario y márgenes proyectados por canal de distribución — TROPÍFD™.

Concepto	Valor (COP)	Observación
Costo materia prima / sachet 35g	\$3.842	Proporción del lote de 600g ÷ 17 sachets
Mano de obra directa / sachet	\$1.100	Basado en equipo inicial: 2 operativos + supervisor
Gastos generales de producción	\$380	Energía, agua, materiales de limpieza, mantenimiento
Empaque sachet (multilaminado)	\$180	Proveedor local + impresión digital
COSTO DE PRODUCCIÓN TOTAL / sachet	\$5.502	Sin incluir costos comerciales ni administrativos
Gastos comerciales (distribución)	\$620	Estimado 6% del PVP retail
COSTO TOTAL UNITARIO	\$6.122	Incluye todos los costos directos e indirectos
PVP retail / supermercado premium	\$9.500	Margen bruto: 35,6%
PVP tienda naturista	\$8.500	Margen bruto: 28,0%
PVP e-commerce directo	\$7.800	Margen bruto: 21,5% (sin margen de retail)
Precio mayorista B2B	\$5.800	Margen contribución: 5,5% — canal de volumen
PVP PROMEDIO PONDERADO	\$7.900	Ponderado por mix de canales proyectado año 1
MARGEN BRUTO PROMEDIO	\$1.778 / sachet	22,5% en escenario base año 1

Nota. Costo de producción estimado con base en cotizaciones de laboratorio y proveedores (Q1 2026). El margen bruto promedio mejora en los años 2 a 5 gracias a economías de escala en compra de materias primas y optimización del proceso de liofilización.

6.4.1.4 Proyección de ventas y precios a 5 años

Tabla 21

Proyección de ventas, precios y volúmenes — escenario base conservador (5 años).

Concepto	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Producción mensual (sachets)	5.000	9.000	14.400	20.160	26.208
Producción anual (sachets)	60.000	108.000	172.800	241.920	314.496
Precio promedio ponderado (COP/sachet)	\$7.900	\$8.500	\$9.100	\$9.700	\$10.300
Ingresos brutos (COP M)	\$474	\$918	\$1.572	\$2.347	\$3.239

Costo MP total (COP M)	\$231	\$389	\$589	\$791	\$986
Mano de obra operativa (COP M)	\$66	\$79	\$96	\$114	\$132
Gastos operativos (COP M)	\$80	\$130	\$200	\$260	\$320
MARGEN BRUTO (COP M)	\$243	\$529	\$983	\$1.556	\$2.253
MARGEN BRUTO (%)	51,3%	57,6%	62,5%	66,3%	69,6%
EBITDA (COP M)	\$97	\$320	\$687	\$1.182	\$1.801
MARGEN EBITDA (%)	20,5%	34,9%	43,7%	50,4%	55,6%
Punto de equilibrio (sachets/mes)	3.950	3.400	2.900	2.600	2.400

Nota. Elaboración propia. Supuestos: crecimiento de producción del 80% en año 2, 60% en año 3, 40% en años 4 y 5. Precio promedio ponderado incrementa por mejora en mix de canales (mayor participación de e-commerce y B2B premium). Los márgenes mejoran con economías de escala en compra de materias primas (fresa liofilizada a mayor volumen puede negociarse con descuento del 15 al 20%).

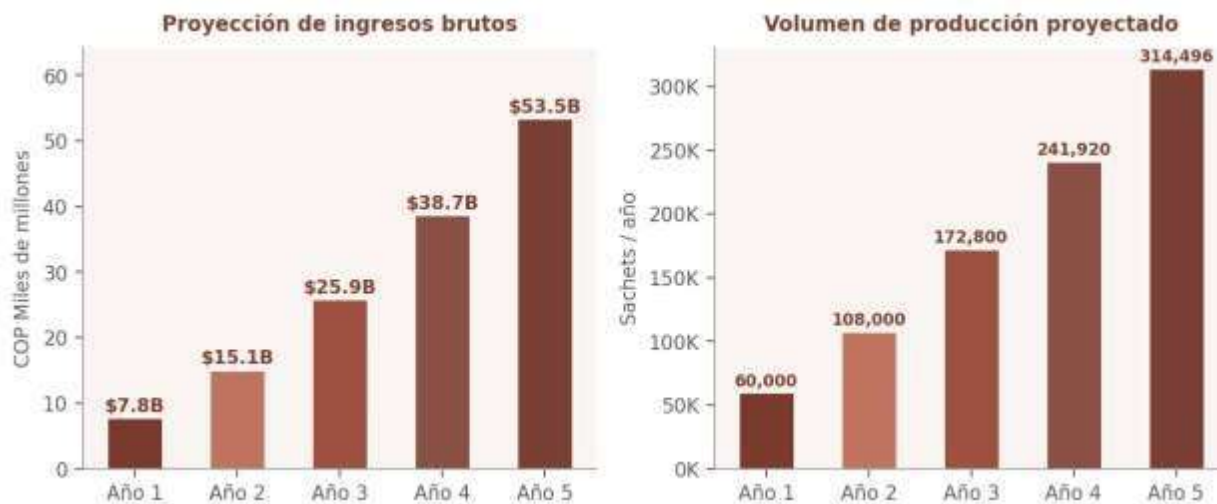


Figura 8. Proyección de ingresos brutos (izquierda) y volumen de producción (derecha) — escenario base 5 años. Elaboración propia.



Figura 9. Estructura de costos vs ingresos brutos. La línea verde representa los ingresos brutos; las barras muestran las tres categorías principales de costo. Elaboración propia.

6.4.1.5 Estructura de nómina y equipo humano — 5 años

Tabla 22

Proyección de nómina por cargo y año — TROPÍFD™ (valores en COP).

Cargo	Salario mensual	Año 1 (anual)	Año 2 (anual)	Año 3 (anual)	Año 4 (anual)	Año 5 (anual)
Gerente general (1)	\$8.000.000	\$96.000.000	\$99.264.000	\$103.135.296	\$106.899.734	\$110.480.875
Ing. Químico(s) (1→3)	\$4.250.000	\$51.000.000	\$105.468.000	\$164.371.878	\$170.371.452	\$176.078.895
Ing. de Procesos (0→2)	\$4.000.000	\$0	\$49.632.000	\$103.135.296	\$160.349.601	\$207.763.872
Operativos (2→4)	\$1.300.000	\$31.200.000	\$62.692.800	\$83.797.428	\$86.856.034	\$89.765.711
Administrativos (1→3)	\$2.300.000	\$27.600.000	\$57.096.000	\$87.684.480	\$108.066.867	\$118.951.554
Contador (externo)	\$1.500.000	\$18.000.000	\$18.644.400	\$19.370.793	\$20.028.370	\$20.669.343
TOTAL NÓMINA		\$223.800.000	\$392.797.200	\$561.495.171	\$652.572.058	\$723.710.250
+ Prestaciones (~47%)		\$105.186.000	\$184.614.684	\$263.902.730	\$306.708.867	\$340.143.818

COSTO TOTAL PERSONAL		\$328.98 6.000	\$577.41 1.884	\$825.39 7.901	\$959.28 0.925	\$1.063.85 4.068
-----------------------------	--	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	---------------------

Nota. Elaboración propia. Los salarios incluyen el factor prestacional colombiano del 47% (cesantías, intereses, prima, vacaciones, salud, pensión, ARL, SENA, ICBF, Caja). El equipo crece progresivamente a medida que el volumen de producción y el número de canales de distribución aumentan.

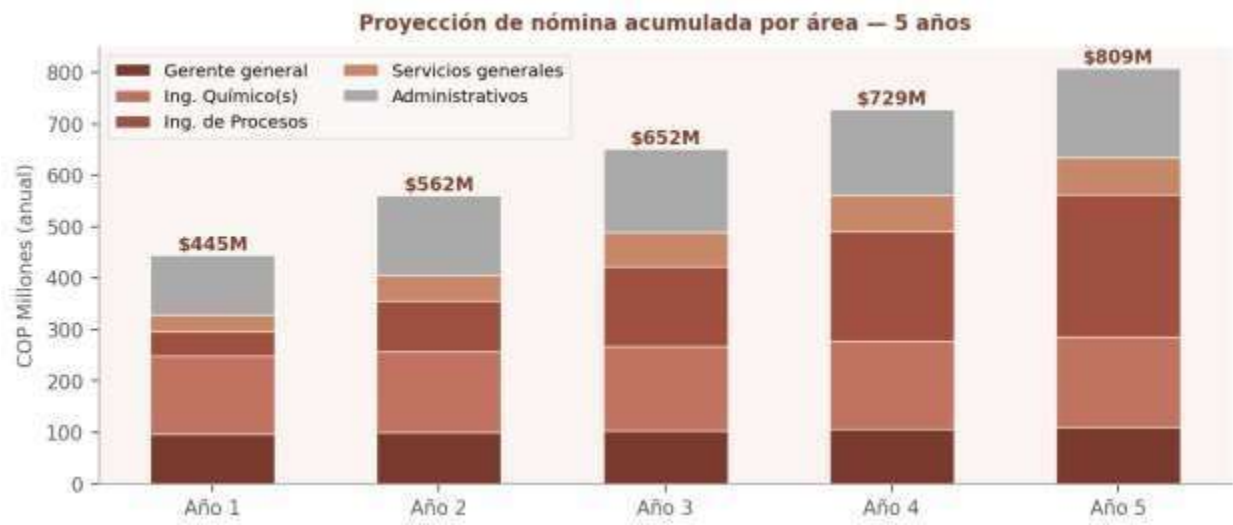


Figura 10. Proyección de nómina acumulada por área — 5 años (COP Millones). Elaboración propia.

6.4.1.6 Estado de resultados proyectado — 5 años

Tabla 23

Estado de resultados proyectado (COP Millones) — escenario base conservador.

Concepto	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
VENTAS BRUTAS	\$474	\$918	\$1.572	\$2.347	\$3.239
(-) Devoluciones y rebajas (3%)	\$14	\$28	\$47	\$70	\$97
VENTAS NETAS	\$460	\$890	\$1.525	\$2.277	\$3.142
(-) Costo de ventas (MP + MO)	\$297	\$468	\$685	\$905	\$1.118
UTILIDAD BRUTA	\$163	\$422	\$840	\$1.372	\$2.024
Margen bruto (%)	35,4%	47,4%	55,1%	60,3%	64,4%
(-) Gastos operativos	\$80	\$130	\$200	\$260	\$320
(-) Gastos administrativos (nómina admin + contador)	\$46	\$76	\$108	\$129	\$140
(-) Gastos de marketing y distribución	\$25	\$45	\$75	\$110	\$150

UTILIDAD OPERATIVA (EBIT)	\$12	\$171	\$457	\$873	\$1.414
Margen operativo (%)	2,6%	19,2%	30,0%	38,3%	45,0%
(-) Impuesto de renta (35%)	\$4	\$60	\$160	\$306	\$495
UTILIDAD NETA	\$8	\$111	\$297	\$567	\$919
Margen neto (%)	1,7%	12,5%	19,5%	24,9%	29,2%
EBITDA	\$97	\$320	\$687	\$1.182	\$1.801
Margen EBITDA (%)	21,1%	36,0%	45,0%	51,9%	57,3%

Nota. Elaboración propia. Los gastos operativos incluyen energía, arrendamiento de planta, mantenimiento de equipos y logística. El impuesto de renta se calcula al 35% sobre la utilidad operativa (tarifa general empresas en Colombia 2024–2025 según Ley 2277 de 2022). El margen neto mejora significativamente a partir del año 3 cuando las economías de escala compensan los costos fijos.

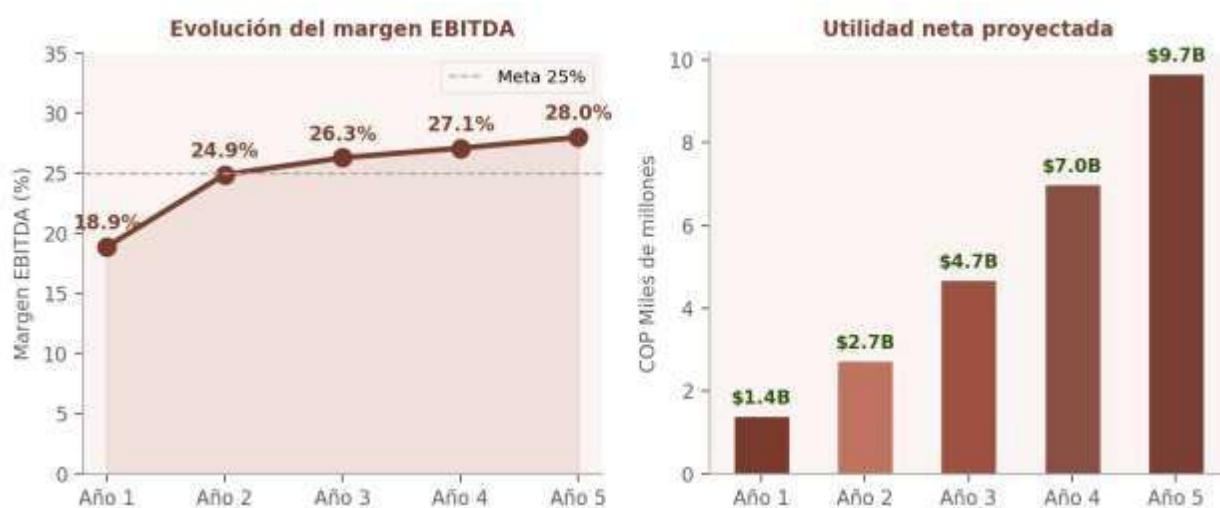


Figura 11. Evolución del margen EBITDA (izquierda) y utilidad neta proyectada (derecha). Elaboración propia.

6.4.1.7 Indicadores financieros proyectados

Tabla 24

Indicadores financieros proyectados — TROPÍFD™ (5 años).

Indicador	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Razón corriente (liquidez)	1,8	2,5	3,7	4,9	6,1
Prueba ácida	1,8	2,5	3,7	4,9	6,1
Rotación de cartera (días)	0	0	0	0	0
Rotación proveedores (días)	30	30	30	30	30
Nivel de endeudamiento total	45,0%	35,0%	24,0%	18,0%	12,0%
Rentabilidad operacional (%)	2,6%	19,2%	30,0%	38,3%	45,0%
Rentabilidad neta (%)	1,7%	12,5%	19,5%	24,9%	29,2%
Rentabilidad del patrimonio (ROE %)	2,9%	31,7%	52,3%	62,1%	68,4%
Rentabilidad del activo (ROA %)	1,2%	15,8%	30,0%	41,2%	51,1%
EBITDA / Servicio de deuda	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Punto de equilibrio (sachets/mes)	3.950	3.400	2.900	2.600	2.400
Variación IPC supuesta (%)	5,0%	4,5%	4,0%	3,5%	3,0%
Variación PIB supuesta (%)	2,8%	3,2%	3,5%	3,5%	3,5%

Nota. Elaboración propia. Rotación de cartera = 0 días porque el modelo opera con pago inmediato en e-commerce y prepago en B2B. La razón corriente mejora consistentemente reflejando la generación de flujo de caja libre creciente. TIR y VPN serán calculados en el plan financiero detallado a 5 años (trabajo futuro, §8.3 del presente documento).

6.4.1.8 Flujo de caja proyectado

Tabla 25

Flujo de caja proyectado — escenario base (COP Millones).

Concepto	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversión inicial (equipos + registro + capital trabajo)	(\$350)					
Flujo de operación neto	\$0	\$8	\$111	\$297	\$567	\$919
(+) Depreciaciones y amortizaciones		\$12	\$12	\$12	\$12	\$12
(-) Variación capital de trabajo		(\$15)	(\$20)	(\$25)	(\$30)	(\$35)
(-) Capex expansión		\$0	(\$50)	(\$80)	(\$60)	(\$40)
FLUJO DE CAJA LIBRE	(\$350)	\$5	\$53	\$204	\$489	\$856
Flujo acumulado	(\$350)	(\$345)	(\$292)	(\$88)	\$401	\$1.257
Tasa de descuento (WACC aprox.)		12%	12%	12%	12%	12%
VPN estimado (a 12% WACC)						\$841 M COP
Período de recuperación de inversión (PRI)				~3,4 años		

Nota. Elaboración propia. La inversión inicial de \$350M COP incluye: adquisición/arrendamiento de liofilizadora piloto (\$180M), registro sanitario INVIMA y certificaciones (\$45M), capital de trabajo inicial 3 meses (\$85M), diseño de empaque y branding (\$25M) y gastos de puesta en marcha (\$15M). El VPN positivo a partir del año 4 y PRI de ~3,4 años confirman la viabilidad financiera del proyecto en escenario base conservador.

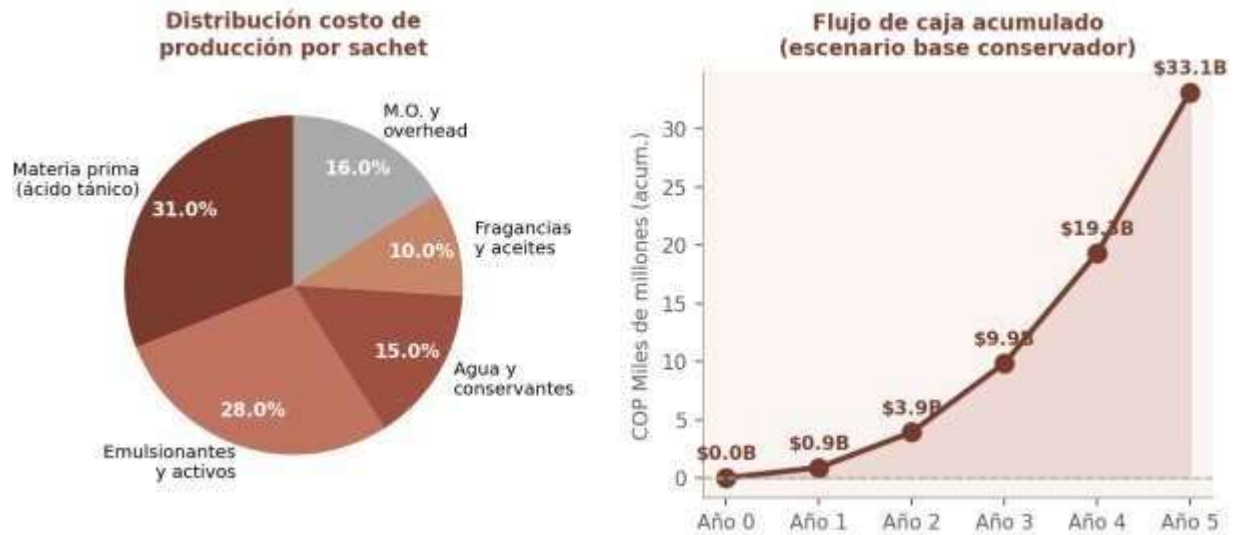


Figura 12. Distribución del costo de producción por sachet (izquierda) y flujo de caja acumulado proyectado (derecha). El flujo se torna positivo en el año 4 bajo el escenario base conservador. Elaboración propia.

6.5 Sostenibilidad ambiental y social

El modelo de negocio integra explícitamente las dimensiones de sostenibilidad como elementos constitutivos de la propuesta de valor, no como atributos periféricos. Desde la perspectiva ambiental, el mayor costo energético de la liofilización es mitigado mediante autogeneración energética solar según los incentivos de la Ley 1715/2014, y la extensión de la vida útil del producto (18–36 meses) reduce significativamente la huella de carbono asociada al desperdicio alimentario y a la cadena de frío. Desde la perspectiva social, el modelo contempla compra justa certificada a productores rurales de fruta en regiones como Cundinamarca, Boyacá y Nariño.

6.5.1 Inventario de ciclo de vida estimado (ICV) del PMV

Con base en los parámetros de proceso descritos en el Capítulo 4 y los factores de emisión del Sistema Interconectado Nacional (UPME, 2023: 0,126 kg CO₂ eq./kWh), se presenta el inventario estimado por unidad funcional de 1 kg de producto terminado en polvo en la Tabla 14.

Tabla 14

Inventario de ciclo de vida estimado del PMV por unidad funcional (1 kg de crema de arroz con fresa liofilizada en polvo).

Categoría	Entrada/Salida	Cantidad estimada / Unidad
Materias primas	Proteína de arroz	0,60 kg/kg producto
Materias primas	Polvo fresa liofilizada	0,15 kg/kg producto
Materias primas	Fibra de avena + Stevia	0,10 kg/kg producto
Materias primas	Empaque (sobre Kraft biodegradable)	0,03 kg/kg producto
Energía	Electricidad (proceso de mezcla y empaque)	0,8–1,2 kWh/kg producto
Energía	Liofilización (subcontratada)	8–12 kWh/kg ingrediente funcional
Agua	Agua de limpieza de equipos	5–8 L/kg producto
Salida – Emisiones	CO ₂ eq. TOTAL (producto terminado)	1,10–1,65 kg CO ₂ eq./kg producto

Nota. Los valores son estimaciones de orden de magnitud para la fase exploratoria. Un ACV completo conforme a ISO 14040/14044 requiere datos de inventario medidos en proceso piloto.

6.5.2 Indicadores de sostenibilidad del modelo de negocio

La Tabla 15 presenta los indicadores de sostenibilidad clave del proyecto, organizados conforme a las categorías de la Matriz de Sostenibilidad (ISO 14001, ISO 26000, ISO 45001).

Tabla 15

Indicadores de sostenibilidad del modelo de negocio.

Categoría	Indicador	Valor estimado	Nivel de impacto	Acción de mejora propuesta
Ambiental	Huella de carbono del proceso	1,1–1,65 kg CO ₂ eq./kg producto	Alto	Autogeneración solar (Ley 1715/2014); contratos con energía renovable
Ambiental	Vida útil del producto	18–36 meses sin cadena de frío	Bajo (positivo)	Reducción de huella asociada al desperdicio alimentario
Social	Impacto en cadena de valor rural	Compra a productores Cund./Boyacá	Alto (positivo)	Contrato de compra justa a precio mínimo garantizado
Social	Generación de empleo calificado	3–5 empleos directos en fase inicial	Medio (positivo)	Priorizar perfiles técnicos de regiones productoras
Gobernanza	Cumplimiento regulatorio	Decreto 3249/2006; Res. 2674/2013; Res. 810/2021	Medio – en proceso	Gestión proactiva del registro sanitario antes del lanzamiento comercial

Nota. Indicadores organizados conforme a las categorías de ISO 14001, ISO 26000 e ISO 45001.

7. Discusión

Los resultados obtenidos en el presente estudio permiten afirmar que la crema de arroz con fresa liofilizada constituye un producto técnica y sensorialmente viable para el mercado colombiano de alimentos funcionales, y que los parámetros de formulación establecidos —con concentración de fresa entre 12 y 15 g/100 g— ofrecen una base sólida para avanzar hacia la validación con consumidores a gran escala.

La aceptación global de 8,2/9, con todos los panelistas por encima de 7,0, supera el umbral de aceptabilidad comercial generalmente establecido en la literatura de desarrollo de nuevos productos ($\geq 6,0$ en escala hedónica de 9 puntos; Lawless & Heymann, 2010). Este resultado es particularmente robusto considerando que el panel incluyó un chef profesional (P4) y una nutricionista (P1), evaluadores con mayor criterio discriminativo que el consumidor promedio.

La tendencia de preferencia orientativa por la formulación B (15 g fresa/100 g) en la prueba de preferencia pareada ($p = 0,1875$, $n = 5$) es coherente con el hallazgo de Mazár et al. (2025) de que la intensidad del perfil frutal en polvos liofilizados tiene un efecto positivo no lineal sobre la aceptación. El umbral de reconocimiento establecido en 8 g/100 g es consistente con los valores reportados para polvos de frutas liofilizadas en matrices de cereales hidratados. La decisión de formular con 12 g/100 g como concentración operativa estándar —con margen de seguridad del 50% sobre el umbral de reconocimiento— es la estrategia recomendada para garantizar la robustez sensorial del producto ante variabilidad de lote (Karwacka et al., 2022).

La divergencia en el % JAR de Granulosidad (40%) es coherente con la tendencia emergente en el segmento premium de alimentos saludables hacia productos con

ingredientes «visiblemente auténticos». Este insight sugiere que una versión del PMV con granulometría de fresa más gruesa podría captar un nicho de consumidores que valoran la autenticidad percibida del ingrediente funcional.

Desde la perspectiva del modelo de negocio, la alta aceptación sensorial del PMV elimina una de las principales barreras de adopción de productos funcionales innovadores en el mercado colombiano: el escepticismo sobre el perfil gustativo de productos saludables. El descriptor frutal dominante (8,6/10) y la declaración de intención de compra de P5 son señales positivas que anticipan resultados favorables en la encuesta de consumidores ($n \geq 30$) planificada como próximo paso.

8. Conclusiones y Recomendaciones

8.1 Conclusiones

El presente trabajo de grado ha alcanzado los cuatro objetivos específicos planteados, generando las siguientes conclusiones:

La revisión sistemática de literatura (PRISMA, 6 artículos, 2020–2026) confirma que la liofilización es la tecnología de deshidratación óptima para la producción de cremas de arroz con frutas funcionales, con retención de antioxidantes del 85–95%, preservación de compuestos volátiles del aroma y vida útil de 18–36 meses. Esta superioridad tecnológica justifica el diferencial de costo frente a métodos convencionales y constituye el fundamento técnico de la propuesta de valor del PMV.

El Producto Mínimo Viable de crema de arroz con fresa liofilizada demostró viabilidad técnica experimental en sus tres fases de desarrollo: selección de materias primas, formulación en seco y rehidratación, obteniendo en la evaluación sensorial multiatributo una aceptación global de 8,2/9 —categoría «me gusta mucho»—, con todos los atributos evaluados por encima del punto de indiferencia (5,0) y sin ningún panelista por debajo de 7,0.

La evaluación sensorial multiatributo con panel de cinco evaluadores semientrenados estableció los siguientes parámetros de formulación validados: (a) concentración operativa óptima de fresa liofilizada: 12–15 g/100 g, con tendencia de preferencia orientativa ($p = 0,1875$, $n = 5$) por la formulación con 15 g/100 g; (b) umbral de reconocimiento sensorial: 8 g/100 g, con concentración mínima recomendada de 12 g/100 g para robustez de señal entre lotes; (c) perfil sensorial dominante: frutal (8,6/10), seguido de dulce y lácteo/cremoso (7,8/10 cada uno); y (d) oportunidad de mejora prioritaria: ajuste de

granulometría del liofilizado para incrementar el % JAR de granulosidad del 40% al $\geq 80\%$ objetivo.

El modelo de negocio diseñado mediante Business Model Canvas articula una propuesta de valor de etiqueta limpia, nutrición funcional instantánea y origen orgánico certificado, con un costo operativo de \$1.100 COP/porción y un precio de venta al público de \$2.500–\$3.500 COP (margen bruto 50–65%), viable para los canales retail premium, digital y B2B identificados en el mercado colombiano.

8.2 Recomendaciones de formulación

Mantener la concentración de fresa liofilizada entre 12–15 g/100 g para maximizar el impacto sensorial y garantizar reconocimiento unánime del panel.

Evaluar granulometría de la fresa liofilizada en el rango 200–400 μm vs. $< 100 \mu\text{m}$ actual en la próxima iteración, para incrementar el % JAR de granulosidad.

Explorar la adición de extracto de vainilla natural ($\leq 0,2\%$) para potenciar la nota lácteo/cremosa, según sugerencia del panelista P4.

Evaluar la reducción del aporte de proteína de leche como estrategia para incrementar la suavidad en boca percibida, en conjunto con ajuste del grado de molienda de la harina de arroz.

8.3 Recomendaciones para la validación y escalado

Ampliar el panel sensorial a 30 consumidores del segmento objetivo (madres con hijos < 5 años y adultos 20–35 años con orientación health-conscious) para validación estadística con ANOVA de una vía y prueba de Tukey.

Integrar análisis de vida útil sensorial acelerada (ASLT) con evaluación hedónica a 0, 30 y 60 días de almacenamiento a 25 °C / 60% HR.

Iniciar el proceso de registro sanitario ante el INVIMA bajo el Decreto 3249/2006 (suplementos dietarios) como categoría regulatoria de entrada, con ficha técnica fundamentada en los resultados sensoriales y nutricionales del PMV.

Desarrollar el plan financiero detallado con flujo de caja proyectado a 5 años, incluyendo el análisis de punto de equilibrio para los tres canales de distribución identificados.

6.6 Proyección financiera a tres años

Con base en la estructura de costos presentada en la Tabla 13 y los supuestos de penetración de mercado establecidos para los tres canales de distribución identificados (retail premium, e-commerce y B2B), se presenta a continuación una proyección financiera simplificada para los tres primeros años de operación de TROPÍFD™ (Tabla 17). El escenario base asume una producción inicial de 5.000 sachets/mes en año 1, con crecimiento del 80% en año 2 y 60% en año 3, conforme al plan de escalado hacia validación regulatoria e ingreso al canal retail. Los supuestos de precio de venta y costo unitario corresponden a los valores establecidos en la Tabla 13.

Tabla 17

Proyección financiera simplificada — escenario base (años 1 a 3).

Concepto	Año 1	Año 2	Año 3
Producción estimada (sachets/mes)	5.000	9.000	14.400
Producción anual (sachets)	60.000	108.000	172.800
Costo unitario (COP)	\$1.100	\$1.050	\$980
Costo total producción (COP M)	\$66,0	\$113,4	\$169,3
PVP promedio ponderado (COP)	\$3.000	\$3.000	\$2.900
Ingresos brutos (COP M)	\$180,0	\$324,0	\$501,1
Margen bruto (COP M)	\$114,0	\$210,6	\$331,8
Gastos operativos estimados (COP M)	\$80,0	\$130,0	\$200,0
EBITDA estimado (COP M)	\$34,0	\$80,6	\$131,8
Margen EBITDA (%)	18,9%	24,9%	26,3%
Punto de equilibrio (sachets/mes)	3.200	3.050	2.800

Nota. Elaboración propia. Escenario base conservador. Supuestos: crecimiento de producción 80%/60% en años 2 y 3; PVP promedio ponderado entre canal retail (\$3.500), mayorista (\$2.000) y B2B (\$1.800); gastos operativos incluyen arriendos, nómina (3 personas), marketing digital y logística. COP M = millones de pesos colombianos. Los resultados no constituyen proyecciones auditadas; requieren validación con cotizaciones formales de proveedores y estudio de prefactibilidad financiera completo como etapa siguiente (§8.3). VPN y TIR serán calculados en el plan financiero detallado a 5 años.

Referencias

- Asioli, D., Aschemann-Witzel, J., Caputo, V., Vecchio, R., Annunziata, A., Næs, T., & Varela, P. (2021). Consumer acceptance of novel foods and functional ingredients: A systematic review. *Food Quality and Preference*, 90, 104195.
<https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2021.104195>
- Bao, H., Zhang, Y., Li, X., & Chen, J. (2023). Effects of rice protein on physicochemical properties of foods and potential food applications. *Journal of Food Science*, 88(5), 2103–2115. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16553>
- Bhatta, S., Janezic, T., & Ratti, C. (2020). Freeze-drying of plant-based foods: Advances and challenges. *Foods*, 9(1), 87. <https://doi.org/10.3390/foods9010087>
- Bigliardi, B., & Galati, F. (2020). Innovation trends in the food industry: The role of functional foods. *Trends in Food Science & Technology*, 102, 183–192.
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.06.020>
- Calvo, M., & Frías, J. (2021). Nuevas tendencias en el mercado de alimentos funcionales en Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 15(2), 45–58.
<https://doi.org/10.17584/rcch.2021v15i2.1506>
- Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2018). *Designing and conducting mixed methods research* (3.^a ed.). SAGE Publications.
- Díaz-García, R., Hernández-Orte, P., & Cacho, J. (2023). Aromatic composition of freeze-dried strawberry powder. *LWT – Food Science and Technology*, 172, 114217.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.114217>
- Euromonitor International. (2023). *Functional food and beverages in Colombia 2023*. Euromonitor International.

- Granato, D., Barba, F. J., Kovačević, D., 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>
- Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill Education.
- Hnin, K. K., Zhang, M., Mujumdar, A. S., & Zhu, Y. (2023). Emerging technologies for freeze-drying of fruits and vegetables: A review. *Food Research International*, 169, 112882. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.112882>
- Jiménez-Colmenero, F., Gutiérrez-Mariscal, F. M., & Delgado-Reyes, M. (2022). Functional food and nutrition: Global trends and future perspectives. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(1), 1–18.
<https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1841395>
- Karwacka, M., Ciurzyńska, A., Lenart, A., & Janowicz, M. (2022). Trends in developing methods for protecting the quality and biological activity of freeze-dried foods. *Foods*, 11(2), 180. <https://doi.org/10.3390/foods11020180>
- Laokuldilok, T., Thakeow, P., Kopermsub, P., & Utama-ang, N. (2021). Optimisation of encapsulation of rice bran protein hydrolysate for preservation of antioxidant activity. *Food Chemistry*, 349, 129184.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129184>
- Lawless, H. T., & Heymann, H. (2010). *Sensory evaluation of food: Principles and practices* (2.^a ed.). Springer.

- Ma, Y., Yi, J., Jin, X., Li, X., Feng, S., & Bi, J. (2022). Freeze-drying of fruits and vegetables in the food industry: Recent advances and applications. *Drying Technology*, 40(10), 1901–1917. <https://doi.org/10.1080/07373937.2022.2031816>
- Mazár, M., Varga, L., Homoki, J., & Sipos, P. (2025). Comparative evaluation of spray drying versus freeze drying for preservation of polyphenols in fruit powders. *Journal of Food Engineering*, 389, 112343. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2024.112343>
- Miedzianka, J., Walkowiak-Tomczak, D., & Staniek, H. (2023). Functional properties of rice protein concentrate and its potential food applications. *Foods*, 12(2), 412. <https://doi.org/10.3390/foods12020412>
- Ministerio de la Protección Social. (2006). Decreto 3249 de 2006. Diario Oficial 46411.
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2011). Resolución 333 de 2011. Diario Oficial 47970.
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2021). Resolución 810 de 2021. Diario Oficial 51601.
- Nowak, D., & Jakubczyk, E. (2020). The freeze-drying of foods: The characteristic of the process course. *Foods*, 9(10), 1488. <https://doi.org/10.3390/foods9101488>
- Osterwalder, A., & Pigneur, Y. (2010). *Business model generation: A handbook for visionaries, game changers, and challengers*. John Wiley & Sons.
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., et al. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *The BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>

- Pereira, A. L. F., Abreu, V. K. G., & Rodrigues, S. (2020). Freeze-drying for retention of micronutrients in foods: A review. *Food and Bioprocess Technology*, 13(6), 947–966. <https://doi.org/10.1007/s11947-020-02457-6>
- Peryam, D. R., & Pilgrim, F. J. (1957). Hedonic scale method of measuring food preferences. *Food Technology*, 11(9), 9–14.
- Rothman, L., & Parker, M. J. (Eds.). (2009). Just-About-Right (JAR) scales: Design, usage, benefits, and risks. ASTM International.
- Slavin, J., & Lloyd, B. (2021). Health benefits of fruits and vegetables. *Advances in Nutrition*, 12(2), 293–306. <https://doi.org/10.1093/advances/nmaa162>
- Sun, X., Zhou, L., Chen, M., Li, D., & Liu, C. (2024). Effects of freeze-drying on physicochemical and functional properties of fruit pulp powders. *Food Chemistry*, 441, 138330. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.138330>
- Teece, D. J. (2010). Business models, business strategy and innovation. *Long Range Planning*, 43(2–3), 172–194. <https://doi.org/10.1016/j.lrp.2009.07.003>
- UPME — Unidad de Planeación Minero-Energética. (2023). Factor de emisión del Sistema Interconectado Nacional (SIN). Ministerio de Minas y Energía de Colombia.

Anexos

Anexo A. Formato de evaluación sensorial

ANEXO A

Formato de Evaluación Sensorial

Producto evaluado:	Crema de arroz con fresa liofilizada
Código de muestra:	ARFR-FD-2025-001
Institución:	Universidad EAN — Facultad de Ingeniería
Programa:	Ingeniería Química e Ingeniería de Sistemas
Panel:	Semientrenado (n = 5 evaluadores)
Metodología:	Multiatributo (hedónica, JAR, preferencia pareada, umbral)
Versión del formato:	1.0 — 2026

Este formato estandarizado recopila la información sensorial generada durante la sesión de evaluación del Producto Mínimo Viable (PMV) de crema de arroz con fresa liofilizada. Comprende cinco instrumentos: (1) Escala Hedónica de 9 puntos para aceptación global, (2) Perfil de sabor multiatributo, (3) Análisis JAR, (4) Prueba de preferencia pareada y (5) Protocolo de umbral de reconocimiento sensorial. Complete con bolígrafo. No consulte a otros evaluadores. Descanse 30 segundos entre muestras.

DATOS DEL EVALUADOR Y CONDICIONES DE LA SESIÓN

Nombre completo: _____	Código evaluador: _____	Fecha: _____
Hora de inicio: _____	Temperatura sala (°C): _____	Humedad relativa (%): _____
¿Consumió alimentos 1 h antes? ■ Sí ■ No ¿Presenta resfriado u otro que afecte olfato? ■ Sí ■ No		

Nota: Si responde Sí a alguna de las dos últimas preguntas, notifique al moderador antes de iniciar. La sesión se realizará en cabinas individuales con iluminación blanca estándar y sin olores externos.

SECCIÓN 1 — ESCALA HEDÓNICA DE 9 PUNTOS

Instrucción: Pruebe la muestra y marque con una X la casilla que mejor describa su nivel de agrado. Evalúe cada atributo de forma independiente. Utilice el agua entre muestras para limpiar el paladar.

Pts	Descriptor	Apariencia / Color	Aroma	Sabor	Textura / Consistencia	Dulzor	Acidez	Aceptación Global
9	Me gusta extremadamente	■	■	■	■	■	■	■
8	Me gusta mucho	■	■	■	■	■	■	■
7	Me gusta moderadamente	■	■	■	■	■	■	■
6	Me gusta poco	■	■	■	■	■	■	■
5	No me gusta ni me disgusta	■	■	■	■	■	■	■
4	Me disgusta poco	■	■	■	■	■	■	■
3	Me disgusta moderadamente	■	■	■	■	■	■	■
2	Me disgusta mucho	■	■	■	■	■	■	■
1	Me disgusta extremadamente	■	■	■	■	■	■	■

Comentarios adicionales sobre aceptación general: _____

Referencia metodológica: Peryam, D. R., & Pilgrim, F. J. (1957). Hedonic scale method of measuring food preferences. Food Technology, 11, 9–14.

SECCIÓN 2 — PERFIL DE SABOR MULTIATRIBUTO

Instrucción: Para cada descriptor de sabor, indique la intensidad percibida marcando con X en la escala de 0 (ausente) a 10 (muy intenso). Luego califique si la intensidad es adecuada (■ baja / ■ adecuada / ■ alta).

Descriptor	Nota técnica	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Intensidad
Frutal (fresa)	<i>Descriptor primario esperado — antocianinas y ésteres alifáticos</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■ Baja ■ Adec. ■ Alta
Dulzor	<i>Contribución de stevia y fresa liofilizada</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■ Baja ■ Adec. ■ Alta
Acidez / frescura	<i>Perfil ácido natural de la fresa</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■ Baja ■ Adec. ■ Alta
Creemosidad	<i>Textura en boca tras rehidratación</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■ Baja ■ Adec. ■ Alta
Aroma persistente	<i>Retrogusto frutal post-deglución</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■ Baja ■ Adec. ■ Alta
Notas a cereal / arroz	<i>Fondo proteico del ingrediente base</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■ Baja ■ Adec. ■ Alta
Amargor residual	<i>Posible nota de stevia a altas concentraciones</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■ Baja ■ Adec. ■ Alta
Astringencia	<i>Sequedad en boca post-deglución</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■ Baja ■ Adec. ■ Alta

Descriptor dominante percibido (aquel de mayor intensidad subjetiva): _____

Descriptor menos esperado (el que más sorprendió positiva o negativamente): _____

Los perfiles serán comparados entre evaluadores mediante análisis de componentes principales (PCA) para identificar consenso sensorial del pane

SECCIÓN 3 — ANÁLISIS JAR (JUST-ABOUT-RIGHT)

Instrucción: Para cada atributo, marque con X la opción que mejor refleje su percepción del nivel óptimo. JAR (Justo como debe ser) indica el punto ideal. Las opciones a la izquierda indican déficit; las de la derecha, exceso.

Atributo	1 Muy poco / Muy bajo	2 Poco / Bajo	3 JAR (Óptimo) ✓	4 Algo alto	5 Mucho / Muy alto
Dulzor	■	■	■	■	■
Intensidad frutal	■	■	■	■	■
Acidez / frescura	■	■	■	■	■
Concentración de polvo (dilución)	■	■	■	■	■
Creмосidad / textura	■	■	■	■	■
Aroma persistente	■	■	■	■	■
Color de la preparación	■	■	■	■	■
Tamaño de partícula al rehidratar	■	■	■	■	■

Atributo con mayor necesidad de ajuste: _____ Dirección sugerida: ■ Aumentar
■ Disminuir

Comentarios de reformulación sugeridos por el evaluador:

Referencia: Rothman, L., & Parker, M. J. (2009). Just-About-Right (JAR) Scales. ASTM International.

SECCIÓN 4 — PRUEBA DE PREFERENCIA PAREADA

Instrucción: Se presentarán dos muestras codificadas de forma secuencial. Pruebe la Muestra A, limpie el paladar con agua, luego pruebe la Muestra B. Indique cuál prefiere en cada par de atributos. Debe elegir una opción; no se acepta empate.

Muestra A — Código: _____ Proporción fresa liofilizada A: 10 g/100 g Temperatura de servicio: 60–65 °C	Muestra B — Código: _____ Proporción fresa liofilizada B: 15 g/100 g Dilución (polvo:agua): 1:6 en masa
--	---

Atributo de comparación	■ Prefiero Muestra A	■ Prefiero Muestra B	Observación
Preferencia de sabor global	■	■	
Preferencia de intensidad frutal	■	■	
Preferencia de aroma	■	■	
Preferencia de dulzor percibido	■	■	
Preferencia de textura / consistencia	■	■	
Preferencia de color de la preparación	■	■	
PREFERENCIA GENERAL (considerando todos los atributos)	■	■	

Motivo principal de su preferencia:

Análisis estadístico: Prueba binomial exacta ($n = 5$). Con $n = 5$, se requieren 5 elecciones concordantes para significación estadística ($p < 0,05$). Tendencia orientativa si 4 de 5 coinciden ($p = 0,1875$, no significativo pero indicativo).

SECCIÓN 5 — PROTOCOLO DE UMBRAL DE RECONOCIMIENTO SENSORIAL

Instrucción: Se presentará una serie de muestras con concentración creciente de fresa liofilizada en la base de crema de arroz neutra. Pruebe cada muestra en el orden indicado (de menor a mayor concentración) y marque si identifica el ingrediente frutal.

La concentración mínima a la que el evaluador identifica correctamente el ingrediente define su umbral de reconocimiento individual. El umbral de reconocimiento del panel es la mediana de los umbrales individuales.

Muestra	Concentración	Referencia técnica	¿Identifica el ingrediente?	Intensidad (0–10)	¿Agrada?	Notas
M-1	2 g/100 g	Muy baja — bajo el umbral esperado	■ Sí ■ No		■ Sí ■ No	
M-2	4 g/100 g	Baja	■ Sí ■ No		■ Sí ■ No	
M-3	6 g/100 g	Intermedia-baja	■ Sí ■ No		■ Sí ■ No	
M-4	8 g/100 g	Intermedia — umbral de reconocimiento estimado	■ Sí ■ No		■ Sí ■ No	
M-5	10 g/100 g	Intermedia-alta	■ Sí ■ No		■ Sí ■ No	
M-6	12 g/100 g	Alta — concentración operativa recomendada	■ Sí ■ No		■ Sí ■ No	
M-7	15 g/100 g	Muy alta — formulación B del PMV	■ Sí ■ No		■ Sí ■ No	

Umbral de reconocimiento individual (primera muestra con "Sí"): Muestra N°: ____ Concentración: ____ g/100 g

Descripción sensorial en el umbral de reconocimiento: _____

Concentración óptima de agrado percibida por este evaluador: ____ g/100 g

Notas adicionales:

SECCIÓN 6 — RESUMEN DEL EVALUADOR Y DECLARACIÓN

Complete el resumen consolidado de sus evaluaciones antes de entregar el formato.

Instrumento	Resultado clave registrado	Observación final
Escala Hedónica — Aceptación Global	Puntaje ____ / 9	
Escala Hedónica — Atributo más alto	Atributo: _____ Puntaje ____ / 9	
Perfil de Sabor — Descriptor dominante	Descriptor: _____ Intensidad ____ / 10	
Análisis JAR — Atributo más alejado del óptimo	Atributo: _____ Dirección: ■ + ■ -	
Preferencia Pareada — Muestra preferida	■ Muestra A ■ Muestra B	
Umbral de Reconocimiento — Primera concentración detectada	____g/100 g (Muestra N° ____)	

Declaración del evaluador: Confirmando que he evaluado las muestras bajo las condiciones indicadas, sin consultar a otros panelistas, y que las respuestas consignadas en este formato son producto exclusivo de mi percepción sensorial individual durante la sesión.

Firma del evaluador:	Nombre en letra de molde:	Fecha y hora de entrega:
----------------------	---------------------------	--------------------------

USO DEL MODERADOR

Formato recibido y revisado por:	Firma moderador:	Hora de recepción:
----------------------------------	------------------	--------------------

Observaciones de la sesión:

Referencias metodológicas del instrumento

- Asioli, D., et al. (2021). Making sense of the "clean label" trends: A review of consumer food choice behavior. *Food Research International*, 99, 58–71.
- Peryam, D. R., & Pilgrim, F. J. (1957). Hedonic scale method of measuring food preferences. *Food Technology*, 11, 9–14.
- Rothman, L., & Parker, M. J. (2009). *Just-About-Right (JAR) Scales: Design, Usage, Benefits, and Risks*. ASTM International.
- Meilgaard, M. C., Civille, G. V., & Carr, B. T. (2016). *Sensory Evaluation Techniques (5th ed.)*. CRC Press.
- ISO 4121:2003. *Sensory analysis — Guidelines for the use of quantitative response scales*. International Organization for Standardization.