

Evaluación de la inclusión de las cáscaras de papa nativa (*Solanum spp.*), hierbas aromáticas, frutas deshidratadas y pétalos de rosa para la elaboración de infusiones

Paula Natalia Martínez Simbaqueva

Andrea Gabriela Valenzuela

Asesor:

Yuneidys Mariet Oñate Perpiñán

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería

Programa Ingeniería de Alimentos

2026

Dedicatoria

Gabriela, dedico este proyecto primeramente a Dios, porque sin él, nada sería posible.

A mi hijo Gavrel, mi inspiración más pura, con el deseo de que vea en mis logros, un punto de partida y no una meta. Que cada uno de mis pasos le motive a llegar más lejos y a alcanzar lo inimaginable.

A mi padre Celso, que desde el cielo ilumina mis logros y a quien me hubiera encantado tener conmigo en este momento tan especial.

A mis dos madres, por su amor y apoyo incondicional; a mi hermano y a mi familia, por acompañarme con su cariño; y a mis amigos, por su comprensión, ánimo y por estar presentes en los momentos más difíciles y alegres de este proceso.

Este éxito es el reflejo del amor, la fe y el apoyo, por ende, es tanto mío como de ustedes.

Paula, dedico este proyecto primeramente a mis padres, hermanos y sobrino quienes con su amor y apoyo han sido mi motor para salir adelante cada día a lo largo de mi vida personal y académica. Con su sacrificio, dedicación y una segunda oportunidad han hecho posible la culminación de mi carrera.

A mi tío Rodrigo quien con su apoyo y confianza me motivó a seguir cumpliendo con mis deberes a lo largo de mi vida académica.

A mis amigos los cuales con su compañía, apoyo y motivación en este camino hicieron que mi proceso académico fuera más fácil y llevadero.

Agradecimientos

A Dios, por guiarnos, darnos fortaleza y permitirnos culminar esta etapa con sabiduría y paciencia.

A nuestros familiares, por su amor incondicional, comprensión y apoyo constante en cada momento de este proceso. Su confianza en nosotros fue la base que nos impulsó a seguir adelante.

A nuestros amigos, por acompañarnos con palabras de aliento, por su compañía en los momentos de cansancio y por celebrar cada avance con alegría genuina.

A nuestros docentes, por compartir su conocimiento, por su orientación y por inspirarnos a dar lo mejor de nosotros en cada paso del proyecto.

Y a todas las personas que, de una u otra manera, contribuyeron a la realización de este trabajo, les expresamos nuestra más sincera gratitud.

Resumen

El aprovechamiento de la cáscara de papa nativa como materia prima para la elaboración de bebidas funcionales se presenta como una alternativa sostenible para la revalorización de subproductos agroindustriales en el departamento de Cundinamarca. Debido a su contenido de compuestos bioactivos con actividad antioxidantes, tales como polifenoles, carotenoides, ácido ascórbico, la cáscara de papa nativa (*Solanum* spp.) constituye un recurso con alto potencial nutricional y funcional para el desarrollo de productos alimentarios innovadores.

En este contexto, la presente investigación se orientó a formular y evaluar una bebida funcional tipo infusión elaborada a partir de cáscara de papa nativa en combinación con material vegetal complementario, conformado por hierbas aromáticas, frutas deshidratadas y pétalos de rosa cultivados en la región. El estudio se desarrolló mediante un proceso experimental realizado en los laboratorios de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), que incluyó la formulación, estandarización del proceso de elaboración de la infusión, y la evaluación de sus propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales, con el fin de establecer parámetros confiables que garantizaran la calidad y estabilidad del producto.

Los resultados obtenidos evidenciaron que la bebida obtenida presentó parámetros fisicoquímicos y microbiológicos compatibles con un producto de calidad e inocuidad, así como características sensoriales favorables y un adecuado nivel de aceptabilidad por parte de los consumidores. Asimismo, el proceso de elaboración resultó técnicamente viable y el aprovechamiento de la cáscara de papa nativa contribuyó a la reducción de residuos agroindustriales y al fortalecimiento del uso responsable de materias primas de origen local.

En conclusión, los resultados del estudio demuestran el potencial de la cáscara de papa nativa para el desarrollo de una bebida tipo infusión con valor agregado, que representa una alternativa sostenible y funcional para la industria alimentaria, con beneficios ambientales, sociales y productivos para la región.

Palabras clave: cáscara de papa nativa, bebida funcional, propiedades fisicoquímicas, análisis microbiológico, infusión, evaluación sensorial, industria alimentaria, subproductos agroindustriales, sostenibilidad.

Abstract

The use of native potato peel as a raw material for the production of functional beverages is presented as a sustainable alternative for the valorization of agro-industrial by-products in the department of Cundinamarca. Due to its content of bioactive compounds with antioxidant activity, such as polyphenols, carotenoids, and ascorbic acid, native potato peel (*Solanum* spp.) constitutes a resource with high nutritional and functional potential for the development of innovative food products.

In this context, the present research was aimed at formulating and evaluating a functional infusion-type beverage made from native potato peel in combination with complementary plant material, consisting of aromatic herbs, dehydrated fruits, and rose petals cultivated in the region. The study was carried out through an experimental process in the laboratories of the National Open and Distance University (UNAD), which included the formulation and standardization of the infusion production process, as well as the evaluation of its physicochemical, microbiological, and sensory properties, in order to establish reliable parameters to ensure the quality and stability of the product.

The results obtained showed that the beverage presented physicochemical and microbiological parameters consistent with a product of quality and safety, as well as favorable sensory characteristics and an adequate level of consumer acceptance. Likewise, the production process proved to be technically feasible, and the use of native potato peel contributed to the reduction of agro-industrial waste and to the strengthening of the responsible use of locally sourced raw materials.

In conclusion, the results of the study demonstrate the potential of native potato peel for the development of an infusion-type beverage with added value, representing a sustainable and functional alternative for the food industry, with environmental, social, and productive benefits for the region.

Keywords: native potato peel, functional beverage, physicochemical properties, microbiological analysis, infusion, sensory evaluation, food industry, agro-industrial by-products, sustainability.

Tabla de contenido

Introducción	13
Planteamiento del Problema.....	15
Justificación.....	18
Objetivos	20
Objetivo General	20
Objetivos Específicos.....	20
Marco Conceptual	21
Bebidas Funcionales:.....	21
Compuestos Bioactivos:.....	21
Polifenoles:.....	22
Carotenoides:.....	22
Antocianinas:.....	22
Revalorización de Subproductos:.....	22
Propiedades Antioxidantes:	23
Marco Teórico	24
Antecedentes de la Papa Nativa	24
La Papa Nativa (<i>Solanum spp.</i>) y su Valor Agroalimentario en Colombia.....	24
Origen, Diversidad y Distribución en Colombia.....	25
Potencial Funcional de la Cáscara como Subproducto Agroindustrial	28
Aprovechamiento de Residuos Agroindustriales y Sostenibilidad Alimentaria.....	30
Innovación Agroindustrial y Beneficios Socioeconómicos.....	31
Infusiones Funcionales: Definición y Beneficios.....	32
Propiedades Funcionales, Antioxidantes y Fungicidas de la Cáscara de Papa Nativa.....	34
Evaluación Físicoquímica y Microbiológica de Bebidas Funcionales e Infusiones Naturales.....	35
Parámetros Físicoquímicos Relevantes (pH, Acidez, Color, °Brix).....	35
Criterios Microbiológicos para Bebidas Infusionadas.....	36
Economía Circular en la Agroindustria	37
Metodología	38
Materiales y Métodos	38
Materias Primas	38
Selección y Preparación de Materias Primas.....	39
Elaboración de la Infusión Estándar.....	41
Elaboración de Muestras Experimentales con Diferentes Formulaciones	41
Características Físicoquímicas	41
Procedimiento para la Toma de Muestras para Análisis Físicoquímicos y Microbiológicos.....	42
Evaluación Sensorial	43
Análisis del Color (CIELab) y Turbidez.....	44
Determinación de los Costos de Producción de las Infusiones	45

Costos Directos	45
Costos Indirectos	45
Identificación y Valoración de Insumos	46
Cálculo de Costos Operativos	46
Determinación del Costo Total y Análisis Económico	47
Análisis Estadístico	48
Resultados y Análisis de Resultados	49
Elaboración del Producto	49
Selección y Preparación de Materias Primas.....	49
Elaboración de las Infusiones.....	49
Análisis Fisicoquímicos de las Infusiones	50
Análisis de pH	52
Análisis de Acidez Titulable.....	53
Análisis de Sólidos Solubles (°Brix).....	54
Análisis de Color (Sistema CIELab).....	56
Análisis Microbiológicos de las Infusiones.....	59
Análisis Sensoriales.....	60
Análisis Financiero	63
Conclusiones	71
Recomendaciones.....	73
Referencias Bibliográficas	74

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Composición química de las cáscaras de papa</i>	29
Tabla 2 <i>Escala hedónica de aceptabilidad de las infusiones</i>	44
Tabla 3 <i>Formulación de las infusiones elaboradas</i>	51
Tabla 4 <i>Resultados fisicoquímicos de las infusiones</i>	52
Tabla 5 <i>Resultados del análisis colorimétrico de las infusiones</i>	58
Tabla 6 <i>Resultados microbiológicos de las infusiones</i>	61
Tabla 7 <i>Resultados de aceptabilidad de las infusiones</i>	63
Tabla 8 <i>Costos directos en la producción de las infusiones</i>	65
Tabla 9 <i>Costos indirectos en la producción de las infusiones</i>	66
Tabla 10 <i>Costo total de producción de las infusiones</i>	66
Tabla 11 <i>Costo unitario por bolsita de infusión</i>	66
Tabla 12 <i>Benchmarking de la infusión F1 frente a infusiones comerciales</i>	70

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Diagrama de flujo del proceso de selección y preparación de materias primas</i>	40
Figura 2 <i>Valores de pH por formulación</i>	53
Figura 3 <i>Valores de acidez titulable (%) por formulación</i>	55
Figura 4 <i>Valores de sólidos solubles (°Brix) por formulación</i>	56
Figura 5 <i>Color de las infusiones F0, F1 y F2</i>	58
Figura 6 <i>Resultados del análisis sensorial por formulación y atributo</i>	62
Figura 7 <i>Puntuación total acumulada de aceptabilidad por formulación</i>	64
Figura 8 <i>Análisis sensorial realizado por los panelistas</i>	64

Lista de Apéndice

Apéndice A.....	78
------------------------	-----------

Introducción

La creciente preocupación por la sostenibilidad ambiental, junto con la demanda de alimentos funcionales ha impulsado la revalorización de subproductos agroindustriales como estrategia para el desarrollo de productos alimentarios saludables e innovadores. En este contexto, la cáscara de papa nativa (*Solanum* spp.) se destaca como una fuente potencialmente rica en compuestos bioactivos, entre los que se incluyen polifenoles, flavonoides y antocianinas, los cuales han sido ampliamente reconocidos por sus propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y antimicrobianas (Benhammou et al., 2024; Hapsari et al., 2024). No obstante, a pesar de su valor nutricional y funcional, este subproducto es generalmente descartado durante los procesos de transformación, lo que genera impactos negativos tanto a nivel ambientales y económicos en la cadena agroalimentaria.

En Colombia, el cultivo de papa nativa posee una relevante histórica, cultural y social, especialmente en regiones andinas como Cundinamarca, donde la diversidad genética de las variedades cultivadas constituye un patrimonio alimentario de alto valor (Agrosavia, 2023). No obstante, el manejo inadecuado de los residuos agroindustriales generados durante su procesamiento ha limitado su aprovechamiento eficiente, reduciendo las oportunidades para la innovación y el desarrollo de nuevos productos en la industria alimentaria. En este escenario, la transformación de la cáscara de papa nativa en un ingrediente funcional para la elaboración de infusiones sostenibles se plantea como una alternativa de aprovechamiento responsable, alineada con los principios de la economía circular y el desarrollo sostenible.

Por otra parte, las infusiones funcionales se han consolidado como una tendencia emergente dentro del mercado de bebidas saludables, debido a la combinación de atributos sensoriales agradables y beneficios fisiológicos asociados al consumo de compuestos bioactivos presentes en plantas, frutas y flores. Estas bebidas, elaboradas a partir de hierbas aromáticas, frutas deshidratadas y pétalos de flores, contienen compuestos fenólicos que actúan como antioxidantes naturales y contribuyen al bienestar general del consumidor (Contreras et al., 2022). La incorporación de la cáscara de papa

nativa en este tipo de formulaciones no solo puede incrementar su valor nutricional y funcional, sino también aportar nuevas características sensoriales que diversifican la oferta de productos naturales disponibles en el mercado.

En este marco, el presente proyecto plantea la elaboración de una bebida funcional tipo infusión a partir de cáscara de papa nativa, combinada con hierbas aromáticas, frutas deshidratadas y pétalos de rosa, así como la evaluación de sus propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales. A través de esta investigación de carácter aplicado, se buscó promover la innovación en la agroindustria alimentaria, fomentando el aprovechamiento de residuos agroindustriales y el desarrollo de productos con valor agregado.

De esta manera, el estudio no solo contribuye al avance científico en el ámbito de los alimentos funcionales, sino que también responde a los objetivos de sostenibilidad y desarrollo rural del país, al fortalecer la articulación entre la academia, la industria y los productores locales. En conjunto, la iniciativa se orienta hacia la creación de un producto innovador, saludable y sostenible, que integre la tradición agrícola de la papa nativa con las tendencias actuales del consumo responsable y el bienestar humano.

Planteamiento del Problema

Diversos estudios científicos han demostrado que las papas nativas presentan mejores características nutricionales superiores en comparación con las variedades comerciales comúnmente utilizadas. En particular, las variedades de pulpa de color amarillo que se caracteriza por su elevado contenido de vitamina C; mientras que aquellas de tonalidades rosadas, rojas o moradas contienen compuestos bioactivos como antocianinas y flavonoides, los cuales han sido asociados con la prevención de enfermedades degenerativas y el fortalecimiento del sistema antioxidante. Asimismo, se ha reportado que, a mayor intensidad del color de la pulpa, mayor es el contenido de antioxidantes presentes en el tubérculo. Además de estas cualidades nutritivas, las papas nativas se distinguen por una amplia diversidad de formas, colores de cáscara y pulpa, sabores y texturas, que incluyen tonalidades blancas, amarillas y moradas, así como combinaciones cromáticas únicas que incrementan su valor alimentario y cultural (Yábar-Villanueva et al., 2023).

En Colombia, los agricultores cultivan y conservan variedades de papas nativas que se adaptan a los diversos microambientes de las zonas de clima frío lo que refleja la riqueza genética y la importancia del cultivo en el contexto agrícola nacional. Se reconocen principalmente tres especies cultivadas: *Solanum tuberosum* ssp. *andigena*, *Solanum phureja* y *Solanum chaucha*, estas dos últimas conocidas comúnmente como papas criollas o papas amarillas. Gracias a esta diversidad y a su elevado nivel de consumo, cercano a los 65 kg per cápita al año, Colombia es considerada un país de amplia tradición papera (Agronet, 2023). La elección del desarrollo de las infusiones se fundamenta en que estas constituyen una alternativa natural, práctica y accesible para la promoción del bienestar, al integrar tradición, atributos sensoriales agradables y propiedades funcionales derivadas de hierbas, frutas y pétalos florales. Su consumo se ha incrementado en respuesta a una creciente preferencia por productos saludables, elaborados con ingredientes de origen natural, libres de aditivos artificiales y adaptables a distintos estilos de vida y hábitos de consumo. En este sentido, el desarrollo de

infusiones representa una oportunidad para articular innovación alimentaria con el uso responsable de recursos naturales, ofreciendo productos que aportan beneficios tanto sensoriales como funcionales al consumidor.

En el caso específico de las infusiones elaboradas a partir de cáscara de papa nativa (*Solanum spp.*), se contempló la inclusión de material vegetal complementario como hierbas aromáticas, frutas deshidratadas y pétalos de rosa, con el propósito de formular una infusión que integrara beneficios complementarios entre sus ingredientes. Esta combinación busca potenciar la presencia de compuestos bioactivos, mejorar las propiedades sensoriales del producto y ampliar su aceptación por parte del consumidor.

Diversos estudios respaldan el uso de infusiones ricas en compuestos funcionales, como el té verde e infusiones de hierbas y flores (manzanilla, cúrcuma, jengibre), las cuales han demostrado actividades antioxidantes, antiinflamatorias y moduladoras de diferentes procesos fisiológicos. En este contexto, la incorporación de la cáscara de papa nativa en formulaciones de infusiones se plantea como una alternativa innovadora para el aprovechamiento de un subproducto agroindustrial con alto potencial funcional y valor agregado. El aprovechamiento de residuos agroindustriales, como las cáscaras de frutas, y vegetales, ha cobrado creciente relevancia en la investigación y el desarrollo de alimentos funcionales, debido a su alto contenido de compuestos bioactivos y su potencial para la generación de productos con valor agregado. Estudios recientes han demostrado que la inclusión de subproductos como la cáscara de uva y cascarilla de cacao en la formulación de infusiones incrementa de manera significativa el aporte de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante, en comparación con las formulaciones control elaboradas sin estos ingredientes (Jurado-Erao et al., 2023). De igual manera, se ha evidenciado que las formulaciones enriquecidas con materiales vegetales de origen natural presentan un mayor grado de aceptación sensorial por parte de los consumidores, lo que resalta su viabilidad desde el punto de vista del mercado (Galus & Podolska, 2025).

En este contexto, surge la necesidad de explorar el uso de la cáscara de papa nativa (*Solanum spp.*) como fuente alternativa de antioxidantes para la elaboración de bebidas funcionales, así como su posible aplicación en la agroindustria alimentaria. El aprovechamiento de este subproducto permitiría no solo reducir la generación de residuos, sino también potenciar sus beneficios para la salud al identificar sus propiedades fisicoquímicas y su aporte nutricional. Asimismo, la incorporación de la cáscara de papa nativa en nuevas formulaciones representa una oportunidad para impulsar la innovación alimentaria, diversificar la oferta de productos funcionales y generar beneficios tangibles tanto para el consumidor como para los actores de la cadena productiva.

A partir de lo anterior, se plantea la necesidad de evaluar cómo las diferentes combinaciones de ingredientes y condiciones de formulación influyen en la calidad sensorial del producto final, dado que la aceptación del consumidor es un factor determinante para la viabilidad de este tipo de bebidas funcionales. En este marco, surge la siguiente pregunta de investigación:

¿Qué combinación de parámetros de formulación optimiza el perfil sensorial de una infusión funcional elaborada con cáscara de papa nativa y hierbas seleccionadas?

Justificación

El sector agroindustrial genera una considerable cantidad de residuos orgánicos, entre ellos se destacan las cáscaras de papa, que comúnmente son desechadas a pesar de su elevado potencial funcional y nutricional. Diversos autores han evidenciado que estos subproductos contienen compuestos bioactivos de alto interés para la industria alimentaria, especialmente antioxidantes naturales cuyas propiedades están asociadas con la prevención del daño celular y el fortalecimiento del sistema inmunológico (Lv et al., 2023; Saratale et al., 2025). En este sentido, su aprovechamiento representa una alternativa viable para promover la sostenibilidad del sector agroindustrial, al mismo tiempo que permite la generación de productos alimentarios con valor agregado a partir de materias primas locales.

En concordancia con lo anterior, la presente investigación se desarrolló con el propósito de explorar el uso de la cáscara de papa nativa (*Solanum spp.*) cultivada en Cundinamarca como ingrediente funcional para la formulación de bebidas tipo infusión. Esta propuesta busca contribuir al desarrollo de productos innovadores, saludables y sostenibles, alineados con las tendencias actuales del consumo responsable. A través del diseño, formulación y evaluación sensorial de estas infusiones, se pretende aprovechar de manera eficiente los compuestos bioactivos presentes en este subproducto, tradicionalmente subutilizado, promoviendo su revalorización y fortaleciendo las oportunidades de innovación dentro de la industria alimentaria regional.

Los aportes de la presente investigación se enmarcan en los ámbitos científico, social y ambiental, productivo y económico.

Desde el ámbito científico, el estudio permitió generar nuevos conocimientos sobre el potencial funcional de la cáscara de papa nativa (*Solanum spp.*), mediante la obtención de información relevante en torno a sus propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales cuando es incorporada en la formulación de bebidas tipo infusión. Estos resultados constituyen un

insumo importante para futuras investigaciones y aplicaciones en el desarrollo de alimentos y bebidas saludables, contribuyendo al fortalecimiento del campo de los alimentos funcionales y a la valorización de subproductos agroindustriales.

En la dimensión social, el proyecto aportó al fomento del consumo de productos elaborados a partir de ingredientes de origen local, promoviendo el reconocimiento de las papas nativas como un recurso alimentario con valor nutricional, cultural y económico. Asimismo, esta iniciativa favorece el fortalecimiento de la relación entre la academia, los productores y la industria, incentivando prácticas productivas sostenibles y el desarrollo de hábitos de consumo más conscientes y responsables por parte de los consumidores.

Desde la perspectiva ambiental, la investigación propone una alternativa sostenible para la reducción de residuos agroindustriales, al promover el aprovechamiento de la cáscara de papa nativa, un subproducto que tradicionalmente es descartado. De esta manera, se contribuye a la disminución del impacto ambiental asociado a la disposición inadecuada de residuos orgánicos y se fortalece la implementación de estrategias alineadas con los principios de la economía circular y la sostenibilidad. Finalmente, en el ámbito productivo y económico, los resultados del estudio evidencian el potencial de desarrollo de un producto con valor agregado, que puede ser incorporado en la agroindustria alimentaria como una opción innovadora y viable. Esto abre oportunidades para la diversificación de la oferta de bebidas funcionales, la generación de nuevos ingresos para pequeños productores y el impulso de emprendimientos basados en el aprovechamiento eficiente de recursos locales.

Objetivos

Objetivo General

Evaluar las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de una bebida tipo infusión a partir de cáscara de papa nativa (*Solanum spp.*), hierbas aromáticas, frutas deshidratadas y pétalos de rosa, con el fin de aprovechar residuos agroindustriales y generar un producto con valor agregado.

Objetivos Específicos

Establecer formulaciones para la inclusión de cáscaras de papas nativas mediante mezclas con material vegetal (hierbas aromáticas, frutas deshidratadas y pétalos de rosa) para la elaboración de una bebida tipo infusión.

Determinar las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de la infusión, con el fin de evaluar la calidad e inocuidad del producto.

Evaluar las características sensoriales de las infusiones mediante análisis descriptivo y prueba de aceptabilidad aplicadas a un panel de consumidores no entrenados, con el propósito de establecer el grado de aceptación del producto.

Determinar los costos de producción de la bebida tipo infusión elaborada a partir de cáscara de papa nativa y material vegetal, con el fin de evaluar su viabilidad económica.

Marco Conceptual

En este apartado se presentan los principales conceptos teóricos que sustentan la presente investigación y que permiten comprender los fundamentos científicos y tecnológicos relacionados con la formulación de bebidas funcionales a partir de cáscara de papa nativa (*Solanum spp.*). La definición y contextualización de estos conceptos resulta fundamental para el adecuado análisis del potencial de este subproducto como ingrediente funcional dentro de la industria alimentaria.

Entre los términos clave abordados se encuentran: bebidas funcionales, los compuestos bioactivos, polifenoles, carotenoides, antocianinas, revalorización de subproductos agroindustriales y propiedades antioxidantes. Cada uno de estos conceptos proporciona el marco conceptual para interpretar las características nutricionales, funcionales y sensoriales asociadas al uso de cáscaras de papa nativa en la elaboración de infusiones, así como su contribución al desarrollo de productos innovadores, sostenibles y con valor agregado.

Bebidas Funcionales:

Son aquellas que proporcionan efectos beneficiosos en una o más funciones del cuerpo humano, más allá de sus valores nutricionales básicos, al incorporar nutrientes deseables y compuestos bioactivos como antioxidantes, vitaminas y fibra dietética. Están diseñadas para mejorar la condición física o reducir el riesgo de progresión de enfermedades (Galus & Podolska, 2025).

Compuestos Bioactivos:

Sustancias de origen natural presentes en los alimentos que, al ser consumidas en cantidades adecuadas, ejercen efectos fisiológicos beneficiosos más allá de la nutrición básica.

Incluyen polifenoles, flavonoides, carotenoides, fibra dietética y otros metabolitos secundarios de plantas con potencial terapéutico y preventivo (Lv et al., 2023).

Polifenoles:

Metabolitos secundarios de origen vegetal caracterizados por la presencia de uno o varios anillos aromáticos sustituidos con grupos hidroxilo. Son los antioxidantes más abundantes en la dieta humana y se encuentran en frutas, verduras y tubérculos como la papa nativa, donde contribuyen a la inhibición de radicales libres y a la modulación de procesos inflamatorios (Terniche et al., 2024).

Carotenoides:

Pigmentos liposolubles de tonalidades amarillas, anaranjadas y rojas sintetizados por plantas y microorganismos. En la cáscara de papa nativa, los carotenoides participan en la coloración del tubérculo y poseen actividad antioxidante, siendo el betacaroteno uno de los más representativos por su papel como precursor de la vitamina A (Benhammou et al., 2024).

Antocianinas:

Compuestos flavonoides hidrosolubles responsables de las coloraciones rojo, morado y azul en tejidos vegetales. En variedades de papa nativa de pulpa y cáscara pigmentada, las antocianinas constituyen los principales compuestos bioactivos y se asocian con propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y cardioprotectoras (Yábar-Villanueva et al., 2023).

Revalorización de Subproductos:

Proceso mediante el cual los residuos generados durante la producción agroindustrial son transformados en materias primas o ingredientes con valor agregado, contribuyendo a los principios de la economía circular y a la reducción del impacto ambiental asociado a su disposición final (Marulanda-Toro et al., 2025; Jurado-Erazo et al., 2023).

Propiedades Antioxidantes:

Capacidad de determinadas sustancias para neutralizar radicales libres, inhibir la peroxidación lipídica y reducir el estrés oxidativo celular. En el contexto de los alimentos funcionales, esta propiedad es fundamental para evaluar el potencial bioactivo de ingredientes como la cáscara de papa nativa, cuya capacidad antioxidante ha sido documentada en estudios recientes (Saratale et al., 2025; Benhammou et al., 2024).

Marco Teórico

Antecedentes de la Papa Nativa

La papa nativa (*Solanum spp.*) es un tubérculo de gran importancia en la alimentación y la cultura de diversas comunidades andinas. Se han identificado múltiples variedades con altos contenidos de compuestos bioactivos, entre ellos antioxidantes y fenoles (Yábar-Villanueva et al., 2023; Cerón-Lasso, 2024). Las investigaciones han demostrado que la cáscara de estas papas posee una concentración significativa de polifenoles y flavonoides, lo que la convierte en una fuente de antioxidantes naturales (Benhammou et al., 2024).

Según Lv et al. (2023), las denominadas "papas nativas" son originarias de los Andes y existen más de 4.000 variedades con diversidad de colores, formas, texturas y sabores. Estas papas contienen altos niveles de carbohidratos, vitamina C, vitamina A y minerales como hierro, potasio y zinc, y frecuentemente se utilizan en preparaciones tradicionales, en medicina natural y como alimento funcional.

A nivel mundial, la papa es el tercer cultivo alimentario más importante después del maíz y el trigo, con una producción que supera los 359 millones de toneladas anuales (FAO, 2023). Su relevancia radica en su versatilidad nutricional, su bajo costo y su capacidad para adaptarse a diversas condiciones climáticas. En los últimos años, ha aumentado el interés científico por estudiar los compuestos bioactivos presentes en la cáscara de la papa, especialmente polifenoles y antioxidantes, debido a su potencial uso en la industria alimentaria y farmacéutica (Singh & Kaur, 2022).

La Papa Nativa (*Solanum spp.*) y su Valor Agroalimentario en Colombia

La papa nativa constituye uno de los cultivos más representativos de la agricultura andina y un elemento esencial en la cultura alimentaria de Colombia. Se cultivan diversas especies como *Solanum tuberosum ssp. andigena*, *Solanum phureja* y *Solanum chaucha*, las cuales presentan una notable adaptación a los microclimas fríos de la región (AGROSAVIA, 2023). Estas variedades

no solo se destacan por su diversidad genética, sino también por su alto valor nutricional, al contener proteínas, carbohidratos, vitaminas (A, C y complejo B) y minerales esenciales como el fósforo, hierro y potasio (Lv et al., 2023).

Estudios científicos han demostrado que las papas nativas poseen mejores características nutricionales que las variedades comerciales, ya que presentan concentraciones más altas de vitamina C, flavonoides, antocianinas y otros compuestos antioxidantes que contribuyen a la prevención de enfermedades degenerativas (Yábar-Villanueva et al., 2023). Este potencial convierte a las papas nativas en un recurso estratégico para el desarrollo de productos funcionales y sostenibles en la agroindustria colombiana.

Origen, Diversidad y Distribución en Colombia

En Colombia, la papa es uno de los cultivos de mayor importancia económica y social, con aproximadamente 130.000 hectáreas sembradas y una producción anual superior a 2,7 millones de toneladas (Agronet, 2023). Este cultivo representa un componente estratégico dentro del sistema agroalimentario nacional, no solo por su volumen de producción, sino también por su contribución al empleo rural y a la seguridad alimentaria del país. La cadena productiva de la papa involucra pequeños y medianos productores, comercializadores y transformadores, consolidándose como una de las actividades agrícolas más representativas de la región andina.

La producción nacional se concentra principalmente en departamentos como Cundinamarca, Boyacá, Nariño y Antioquia, donde las condiciones agroecológicas favorecen el desarrollo del cultivo. En este contexto, Colombia es reconocida como un país con amplia tradición papera y con una notable diversidad genética, especialmente en variedades nativas adaptadas a diferentes microclimas de altura (AGROSAVIA, 2023). Estas variedades constituyen un patrimonio agrícola y cultural de gran relevancia, ya que conservan características nutricionales y funcionales diferenciadas frente a las papas comerciales.

Desde el punto de vista nutricional y funcional, estudios recientes han destacado que las papas nativas presentan concentraciones importantes de compuestos bioactivos como

antocianinas, flavonoides y vitamina C, los cuales les confieren propiedades antioxidantes significativas (Yábar-Villanueva et al., 2023). A pesar de este potencial, su cultivo y comercialización siguen siendo minoritarios en comparación con las variedades mejoradas destinadas al mercado masivo. En este sentido, se ha incrementado el interés por revalorizar estos materiales mediante su incorporación en productos funcionales y procesos agroindustriales que permitan generar valor agregado (Molina & Suárez, 2021).

En consecuencia, el aprovechamiento integral de la papa, incluyendo subproductos como la cáscara, representa una oportunidad para fortalecer la sostenibilidad del sector. La transformación de estos residuos en ingredientes funcionales no solo contribuye a reducir el impacto ambiental asociado a su disposición, sino que también permite diversificar la oferta de productos innovadores dentro de la agroindustria colombiana, alineándose con estrategias de economía circular y desarrollo rural sostenible. (Rodríguez-García & Martínez-Castro, 2021, p. 158). Cundinamarca es una de las principales zonas productoras de papa del país, especialmente en municipios como Subachoque, Facatativá, Tenjo y Zipaquirá. La región destaca por su producción de variedades nativas y criollas, las cuales poseen elevados niveles de compuestos antioxidantes debido a las condiciones agroclimáticas propias del altiplano (Jiménez et al., 2022). Estas papas nativas se caracterizan por su diversidad de colores, formas y perfiles nutricionales, y representan un patrimonio agroalimentario ligado a prácticas tradicionales de cultivo y al conocimiento ancestral de las comunidades campesinas.

En el altiplano cundiboyacense, que comprende zonas aledañas como Ventaquemada (Boyacá), se han llevado a cabo esfuerzos importantes para la recuperación de variedades ancestrales de papa, muchas de las cuales se creían extintas. Por ejemplo, el emprendimiento

Tesoros Nativos S.A.S., liderado por productores locales, ha identificado y recuperado al menos 40 variedades de papa nativa, incluyendo genotipos como alcarrosa, pacha negra, amapola, mora y sangre de toro, entre otros, que destacan por sus colores, sabores y valor nutricional (Gobernación de Boyacá, 2023). Estas variedades representan una evidencia concreta de la

diversidad genética que existe en el contexto agroecológico regional y que ha sido cultivada tradicionalmente por agricultores campesinos (FAO, 2023).

La incorporación de estas papas nativas en sistemas productivos locales y su comercialización emergente no solo fortalece la economía rural, sino que también aporta a la valoración de la biodiversidad agrícola. Algunas de estas variedades, como la pacha negra y la alcarrosa, se reconocen por su contenido de compuestos bioactivos como antocianinas y flavonoides, lo que podría ofrecer beneficios funcionales adicionales para el consumidor final (FAO, 2023).

Además, iniciativas como el Biomuseo de la Papa Nativa en Ventaquemada promueven la conservación de estos materiales genéticos y su difusión cultural, contribuyendo al rescate de saberes campesinos y a la visibilización de la riqueza agrícola de la región. Este contexto de diversidad nativa y rescate de materiales tradicionales abre oportunidades no solo para el cultivo y consumo de papas con características diferenciales, sino también para la transformación de subproductos como la cáscara en ingredientes funcionales. Aprovechar esta diversidad genética en productos innovadores como infusiones funcionales puede contribuir a la sostenibilidad de las cadenas agroalimentarias locales y promover una mayor articulación entre investigación, producción agrícola y desarrollo de nuevos alimentos con valor agregado.

En conjunto, la determinación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en bebidas funcionales tipo infusión permite verificar la calidad, estabilidad e inocuidad del producto, aspectos fundamentales para su aceptación y posible aplicación en la industria alimentaria. La medición de pH, acidez titulable, sólidos solubles y color proporciona información sobre las características sensoriales, la estabilidad química y la interacción entre los ingredientes vegetales utilizados, mientras que el análisis microbiológico garantiza que el producto cumpla con los requisitos sanitarios establecidos por la normatividad vigente. En el caso de las infusiones elaboradas a partir de cáscara de papa nativa, hierbas aromáticas, frutas deshidratadas y pétalos de rosa, estos análisis resultan indispensables para validar la viabilidad del producto desarrollado,

asegurando que su formulación no solo aporte beneficios funcionales, sino que también cumpla con los criterios de calidad e inocuidad requeridos para su consumo y posible aprovechamiento agroindustrial.

Potencial Funcional de la Cáscara como Subproducto Agroindustrial

Las cáscaras de papa presentan niveles importantes de almidón, fibra dietética, proteínas y compuestos bioactivos. Esto sugiere su potencial para ser integradas en la alimentación mediante el desarrollo de alimentos funcionales, (Rodríguez-García & Martínez-Castro, 2021.en la siguiente tabla podemos observamos la composición química de las cáscaras de papa:

Tabla 1*Composición química de las cáscaras de papa.*

Cáscaras de papas	Carbohidratos	Proteína	fibra	Grasa	Ceniza	Unidad
Patata Roja (<i>Solanum tuberosum</i> L.)	72 *	15,99 *	15,97 *	0,81 *	6.69 *	%
Patata Dorada (<i>Solanum tuberosum</i> L.)	70 *	14.17 *	21,72 *	1.17 *	9.12 *	%
Russet orgánico (<i>Solanum tuberosum</i> L.)	76 *	11,98 *	21.4 *	1.12 *	7.32 *	%
Russet no orgánico (<i>Solanum tuberosum</i> L.)	71 *	17.19 *	22.39 *	1.1 *	7.34 *	%
Señora Rosetta (<i>Solanum tuberosum</i> L.)	72,53 ± 0,08	11,17 ± 0,03		2,09 ± 0,01	7,24 ± 0,02	g/100 g de peso seco
Señora Claire (<i>Solanum tuberosum</i> L.)	77,38 ± 0,65	12,44 ± 0,09		1,27 ± 0,38	4,83 ± 0,13	g/100 g de peso seco
Punta (<i>Solanum tuberosum</i> L.)	88,0 ± 4,4	2,10 ± 0,11		0,73 ± 0,04	0,91 ± 0,01	% peso seco
Agria (<i>Solanum tuberosum</i> L.)	86,97 ± 0,43	6,47 ± 0,23		0 *	5,46 ± 0,17	% peso seco
UV (<i>Solanum tuberosum</i> L.)	68,7 *	8 *		2.6 *	6.34 *	% peso seco
UV (<i>Solanum tuberosum</i> L.)	73,79 ± 3,02	4,42 ± 0,45	4,81 ± 0,07	1,63 ± 0,54	3,65 ± 0,41	%

Cáscaras de papas	Carbohidratos	Proteína	Fibra	Grasa	Ceniza	Unidad
UV (<i>Solanum tuberosum</i> L.)	43,20 *	10,73 *	número	2,45 *	7,45 *	%
Boniato de pulpa morada (<i>Ipomoea batatas</i> L.)	79,10 ± 0,03	2,33 ± 0,04	15,8 ± 0,50	0,51 ± 0,04	2,06 ± 0,01	g/100 g de peso seco
Batata (<i>Ipomoea batatas</i> L.)	72,60 ± 1,58	4,64 ± 0,51	3,79 ± 0,67	2,02 ± 0,22	4,56 ± 1,15	%

Nota. Adaptado de Vescovo et al. (2025).

Aprovechamiento de Residuos Agroindustriales y Sostenibilidad Alimentaria

El aprovechamiento de residuos agroindustriales se ha convertido en un eje fundamental dentro de los modelos de producción sostenible, debido a la creciente preocupación por el impacto ambiental asociado a la generación, manejo y disposición inadecuada de subproductos. En el sector agroalimentario, una parte significativa de los residuos corresponde a cáscaras, pulpas, tallos y semillas que, a pesar de poseer compuestos bioactivos valiosos, suelen ser desechados sin tratamiento (Méndez & Valverde, 2021). Este desaprovechamiento contribuye al aumento de la carga orgánica en vertederos y al incremento de los costos asociados a la gestión de residuos.

En este contexto, la cáscara de papa ha sido reconocida como un subproducto con alto potencial de aprovechamiento debido a su contenido de polifenoles, flavonoides, carotenoides y fibra dietética. Diversas investigaciones han demostrado que estos compuestos pueden ser utilizados en la elaboración de ingredientes funcionales, extractos antioxidantes, biopigmentos y formulaciones alimentarias mejoradas (Torres-Valenzuela & Serna-Jiménez, 2023; Díaz-Salazar et al., 2022). Además, la recuperación de este tipo de residuos se alinea con los principios de la

economía circular, promoviendo la generación de valor agregado y la innovación en el aprovechamiento de materias primas secundarias (Natividad Bardales et al., 2023). A nivel industrial, se han desarrollado estrategias para integrar estos subproductos en cadenas de valor, tales como su uso en bebidas funcionales, productos de panificación, suplementos alimenticios y bioproductos. El aprovechamiento de residuos como la cáscara de papa no solo reduce la huella ambiental de los procesos productivos, sino que también estimula la competitividad del sector agroalimentario al incorporar alternativas tecnológicas más limpias (Soto-Romero et al., 2022).

De esta manera, la revalorización de residuos agroindustriales emerge como una solución viable para mejorar la sostenibilidad, eficiencia y resiliencia del sistema alimentario.

La valorización de subproductos como la cáscara de papa se presenta, además, como una alternativa viable dentro del modelo de economía circular, al permitir el desarrollo de nuevos productos con valor agregado. Investigaciones recientes han demostrado que la reutilización de estos residuos puede contribuir significativamente a la reducción del impacto ambiental y al fortalecimiento de la sostenibilidad en la industria alimentaria (Natividad Bardales et al., 2023). En particular, Vescovo et al. (2025) destacan la importancia de integrar la cáscara de papa como ingrediente funcional por su contenido de fibra dietética, compuestos fenólicos y almidón resistente, que favorecen la salud intestinal y aportan propiedades antioxidantes.

Innovación Agroindustrial y Beneficios Socioeconómicos

La transformación de subproductos agroindustriales en ingredientes funcionales no solo contribuye a la sostenibilidad ambiental, sino que también impulsa la innovación tecnológica y el desarrollo rural. Proyectos como el presente promueven la articulación entre productores agrícolas y el sector académico, fomentando prácticas agroindustriales responsables y generando nuevas oportunidades de emprendimiento local (Bustamante Melo et al., 2021). La implementación de procesos innovadores en la agroindustria, enfocados en la valorización de residuos agrícolas, permite dinamizar las economías locales y fortalecer la sostenibilidad de los sistemas productivos. Al transformar subproductos en materias primas útiles, se generan

alternativas productivas que reducen la dependencia de modelos extractivos tradicionales y fomentan una mayor autonomía económica en comunidades rurales. Este tipo de innovación favorece la cooperación entre actores del territorio, estimula la adopción de tecnologías apropiadas y promueve modelos de negocio inclusivos que integran criterios sociales, económicos y ambientales, contribuyendo de manera directa al desarrollo regional y al uso eficiente de los recursos agroalimentarios (Bustamante Melo et al., 2021).

Infusiones Funcionales: Definición y Beneficios

Las infusiones funcionales se definen como bebidas elaboradas a partir de hierbas, frutas, flores, raíces u otros materiales vegetales que aportan compuestos bioactivos con beneficios para la salud. A diferencia de las infusiones tradicionales, las bebidas funcionales están formuladas con ingredientes seleccionados específicamente por su contenido de antioxidantes, vitaminas, metabolitos secundarios y otros compuestos que pueden contribuir al bienestar general del consumidor (Contreras et al., 2022).

El consumo de este tipo de bebidas ha incrementado en los últimos años debido a la tendencia global hacia estilos de vida saludables y a la preferencia por alimentos naturales que incorporen propiedades funcionales. Esto ha impulsado el desarrollo de nuevos productos que combinan ingredientes no convencionales, como cáscaras de frutas, pétalos de flores, mezclas herbales y subproductos agroindustriales que, tradicionalmente, eran considerados residuos (Hernández & Paredes, 2021). Las infusiones funcionales destacan especialmente por su capacidad para actuar como fuentes de antioxidantes capaces de neutralizar radicales libres, disminuir la inflamación y reducir el estrés oxidativo, factores asociados al envejecimiento y enfermedades crónicas (Vargas et al., 2023).

Además, las formulaciones de infusiones han demostrado ser un vehículo eficiente para aprovechar compuestos bioactivos térmicamente estables presentes en plantas y subproductos. Investigaciones recientes han mostrado que las infusiones elaboradas con cáscaras de papa, manzana o frutas tropicales mantienen niveles significativos de polifenoles y flavonoides después

de la extracción en agua caliente (Zambrano et al., 2023). Esto abre oportunidades para el desarrollo de bebidas innovadoras que integren ingredientes locales y sostenibles con efectos positivos sobre la salud.

Asimismo, las infusiones funcionales han penetrado en nichos de mercado emergentes, especialmente entre consumidores interesados en alimentos naturales, veganos o libres de aditivos. Este crecimiento ha impulsado investigaciones dirigidas a optimizar composiciones, mejorar perfiles sensoriales y validar efectos terapéuticos mediante estudios fisicoquímicos y clínicos (Morales-López et al., 2024).

Contreras et al. (2022) resaltan que las infusiones elaboradas con material vegetal poseen alto contenido de compuestos fenólicos y una notable capacidad antioxidante *in vitro*, lo que las convierte en alternativas saludables para el consumo diario. En este sentido, la incorporación de cáscara de papa nativa como fuente de antioxidantes podría mejorar el perfil funcional y sensorial de las infusiones, ofreciendo una bebida innovadora, sostenible y de alto valor agregado. La combinación de cáscara de papa con hierbas aromáticas, frutas deshidratadas y pétalos de rosa responde a la demanda creciente de los consumidores por productos naturales, sin aditivos sintéticos y con propiedades saludables.

Aplicación de Compuestos Bioactivos con Actividad Antioxidantes en la Agroindustria

La aplicación de compuestos bioactivos con actividad antioxidantes en la agroindustria ha cobrado relevancia debido a su capacidad para mejorar la vida útil de los alimentos, reducir la oxidación lipídica y proteger nutrientes sensibles al deterioro. Estos compuestos, tanto naturales como sintéticos, se utilizan en la conservación de alimentos frescos, procesados y mínimamente procesados, contribuyendo a mantener su estabilidad fisicoquímica y sensorial (Terniche et al., 2024). Sin embargo, en los últimos años ha aumentado el interés por antioxidantes naturales derivados de frutas, tubérculos y vegetales, debido a su menor impacto toxicológico y mayor aceptación por parte del consumidor (Ramos & Cortés, 2021).

En este contexto, los antioxidantes extraídos de cáscaras y subproductos vegetales, como

la cáscara de papa, han mostrado gran potencial para reemplazar aditivos sintéticos como BHA y BHT. Estos extractos han sido evaluados en productos cárnicos, lácteos, panificados y bebidas, demostrando su capacidad para retrasar el pardeamiento, la peroxidación lipídica y la pérdida de compuestos bioactivos (Vásquez & Forero, 2022). Investigaciones recientes reportan su uso en alimentos congelados, precocidos e incluso en productos típicos como los llapingachos de papa nativa, donde se observó un aumento en la estabilidad térmica y reducción del deterioro oxidativo (Bustamante et al., 2021).

Asimismo, el uso de extractos antioxidantes provenientes de subproductos agroindustriales se alinea con los principios de economía circular, al promover la revalorización de residuos orgánicos y reducir el impacto ambiental de la industria alimentaria. Estos compuestos ofrecen oportunidades para el desarrollo de recubrimientos comestibles, películas biodegradables, bioconservadores naturales y formulaciones funcionales destinadas tanto a la industria alimentaria como a la cosmética y farmacéutica (Natividad Bardales et al., 2023). En conjunto, la integración de antioxidantes naturales se proyecta como una estrategia clave para impulsar la innovación agroindustrial sostenible.

Propiedades Funcionales, Antioxidantes y Fungicidas de la Cáscara de Papa Nativa

Diversas investigaciones han identificado que la cáscara de papa nativa posee una concentración considerable de polifenoles, flavonoides y antocianinas, los cuales presentan una potente actividad antioxidante (Benhammou et al., 2024). Estos compuestos bioactivos neutralizan los radicales libres y contribuyen a prevenir enfermedades crónicas no transmisibles, como las cardiovasculares y neurodegenerativas (Saratale et al., 2025).

Asimismo, los antioxidantes naturales de la cáscara de papa han demostrado poseer actividades antimicrobianas y fungicidas de alto interés para la conservación de alimentos y la protección vegetal. Estudios recientes han demostrado que extractos de cáscara de papa inhiben el crecimiento de hongos fitopatógenos como *Fusarium* spp., *Botrytis cinerea* y *Alternaria solani*, asociados tanto a pérdidas postcosecha como a enfermedades en campo (Arias et al., 2023). La

capacidad fungicida de estos compuestos se atribuye a mecanismos como la alteración de la membrana celular fúngica, la inhibición de enzimas esenciales y la generación de estrés oxidativo controlado que limita la proliferación microbiana (Hapsari et al., 2024; Salinas et al., 2021).

Además, investigaciones sugieren que los antioxidantes de la cáscara de papa pueden actuar como agentes sinérgicos cuando se combinan con aceites esenciales y extractos herbales, potenciando su efecto inhibitorio contra microorganismos alterantes de alimentos (Morales-López et al., 2024). El aprovechamiento de estas propiedades abre la posibilidad de desarrollar recubrimientos naturales antifúngicos, soluciones desinfectantes y biofungicidas con menor impacto ambiental (Torres & Jiménez, 2022). Estos hallazgos evidencian el alto potencial de este subproducto para ser incorporado en formulaciones alimentarias innovadoras, especialmente en bebidas funcionales.

La extracción de antioxidantes a partir de la cáscara de papa nativa (*Solanum spp.*) no solo permite el desarrollo de bebidas funcionales enriquecidas con compuestos bioactivos, sino que también favorece la reducción de desperdicios agroindustriales y la generación de valor agregado (Benhammou et al., 2024; Saratale et al., 2025). La combinación de cáscara de papa con hierbas aromáticas, frutas deshidratadas y pétalos de rosa puede potenciar el perfil sensorial y funcional de las infusiones, fomentando la innovación y competitividad en el sector agroalimentario local (Contreras et al., 2022).

Evaluación Físicoquímica y Microbiológica de Bebidas Funcionales e Infusiones Naturales

Parámetros Físicoquímicos Relevantes (pH, Acidez, Color, °Brix)

La evaluación físicoquímica de bebidas funcionales tipo infusión comprende la determinación de parámetros clave que permiten caracterizar su calidad, estabilidad y aptitud para el consumo. El pH es uno de los indicadores más relevantes, ya que determina el grado de acidez o alcalinidad de la bebida e influye directamente en la estabilidad de los compuestos bioactivos, el perfil sensorial y la seguridad microbiológica del producto (Galus & Podolska, 2025). En

infusiones naturales, los valores de pH suelen oscilar entre 4 y 7, dependiendo de los ingredientes empleados y las condiciones de extracción.

La acidez titulable es otro parámetro fundamental, ya que refleja la concentración total de ácidos orgánicos presentes en la bebida, aportados principalmente por frutas deshidratadas, hierbas y subproductos como la cáscara de papa nativa. Este indicador complementa la medición de pH y permite evaluar la capacidad tamponante de la infusión, así como su contribución al equilibrio sensorial del producto (Contreras et al., 2022).

Los sólidos solubles, expresados en grados Brix ($^{\circ}$ Brix), indican la concentración de azúcares y otras sustancias disueltas en la bebida. En infusiones sin adición de edulcorantes, los valores de $^{\circ}$ Brix suelen ser bajos, lo que confirma el carácter funcional y bajo en calorías del producto (Zambrano et al., 2023). Por su parte, el análisis de color mediante el sistema CIELab permite cuantificar objetivamente la apariencia visual de la infusión a través de los parámetros L^* , a^* y b^* , que representan respectivamente la luminosidad, la coordenada rojizo-verdosa y la coordenada amarillento-azulada. Este análisis es especialmente relevante en bebidas elaboradas con ingredientes pigmentados como la cáscara de papa nativa, ya que los cambios de color pueden reflejar variaciones en la concentración de antocianinas y carotenoides (Galus & Podolska, 2025).

Criterios Microbiológicos para Bebidas Infusionadas

La inocuidad microbiológica constituye un requisito fundamental para la comercialización y el consumo de bebidas funcionales tipo infusión. En Colombia, la normatividad vigente para este tipo de productos está establecida en la Resolución 1407 de 2022 del Ministerio de Salud y Protección Social, que fija los criterios microbiológicos aplicables a bebidas no alcohólicas listas para el consumo.

Los parámetros microbiológicos que deben evaluarse incluyen el recuento de microorganismos mesófilos aerobios, coliformes totales, *Escherichia coli*, mohos, levaduras, *Salmonella* spp. y *Staphylococcus aureus*. La presencia o el recuento elevado de estos

microorganismos puede indicar deficiencias en los procesos de elaboración, manipulación o almacenamiento del producto, comprometiendo su seguridad para el consumidor (Galus & Podolska, 2025).

En el caso de las infusiones elaboradas con ingredientes de origen vegetal, la aplicación de temperaturas de extracción superiores a 85 °C contribuye significativamente a la reducción de la carga microbiana, dado el efecto inhibitorio del calor sobre microorganismos patógenos y alterantes. Asimismo, la acidez natural de la infusión actúa como barrera adicional frente al desarrollo microbiano, favoreciendo la estabilidad y vida útil del producto (Contreras et al., 2022).

Economía Circular en la Agroindustria

La investigación sobre infusiones elaboradas con cáscara de papa nativa fortalece la economía circular, promueve el uso eficiente de recursos y diversifica la oferta de productos saludables en el mercado colombiano. La transformación de residuos agroindustriales en ingredientes funcionales de alto valor agregado representa una estrategia alineada con los principios de producción sostenible, al reducir la generación de desechos orgánicos y maximizar el aprovechamiento de las materias primas disponibles en la región (Natividad Bardales et al., 2023). De esta manera, se contribuye al desarrollo de una agroindustria más sostenible, inclusiva e innovadora, alineada con los objetivos de sostenibilidad y seguridad alimentaria del país.

Metodología

El presente estudio se desarrolló bajo un enfoque de investigación aplicada, con un diseño de tipo experimental, orientado al desarrollo y evaluación de una bebida tipo infusión elaborado a partir de residuos agroindustriales, específicamente cáscara de papa nativa (*Solanum spp.*), en combinación con material vegetal complementario que incluyó hierbas aromáticas, frutas deshidratadas y pétalos de rosa.

Los análisis experimentales se realizaron en los laboratorios de la sede José Celestino Mutis de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), bajo condiciones controladas, con el fin de asegurar la reproducibilidad y confiabilidad de los resultados. La experimentación se llevó a cabo mediante un diseño completamente al azar, en el que se formularon distintas combinaciones, variando las proporciones de cáscara de papa nativa y material vegetal complementario, con el propósito de identificar la formulación óptima desde el punto de vista fisicoquímico y sensorial.

Una vez elaboradas las infusiones, se tomaron muestras para la realización de análisis fisicoquímicos y microbiológicos, así como para evaluación sensorial del producto. Esta última se efectuó mediante pruebas de aceptabilidad aplicadas a un panel de 30 jueces no entrenados, con el fin de determinar la percepción del consumidor en cuanto a atributos como aroma, sabor, color y aceptación general de las formulaciones desarrolladas.

Materiales y Métodos

Materias Primas

Las papas nativas utilizadas en el desarrollo del estudio fueron suministradas por la comercializadora Tesoros Nativos S.A.S., ubicada en el municipio de Ventaquemada, Boyacá. A partir de estas materias primas se obtuvieron las cáscaras correspondientes a las variedades Quincha, Sangre de Toro y Alcarrosa. Estas cáscaras constituyeron el principal subproducto agroindustrial empleado en la formulación de las bebidas tipo infusión.

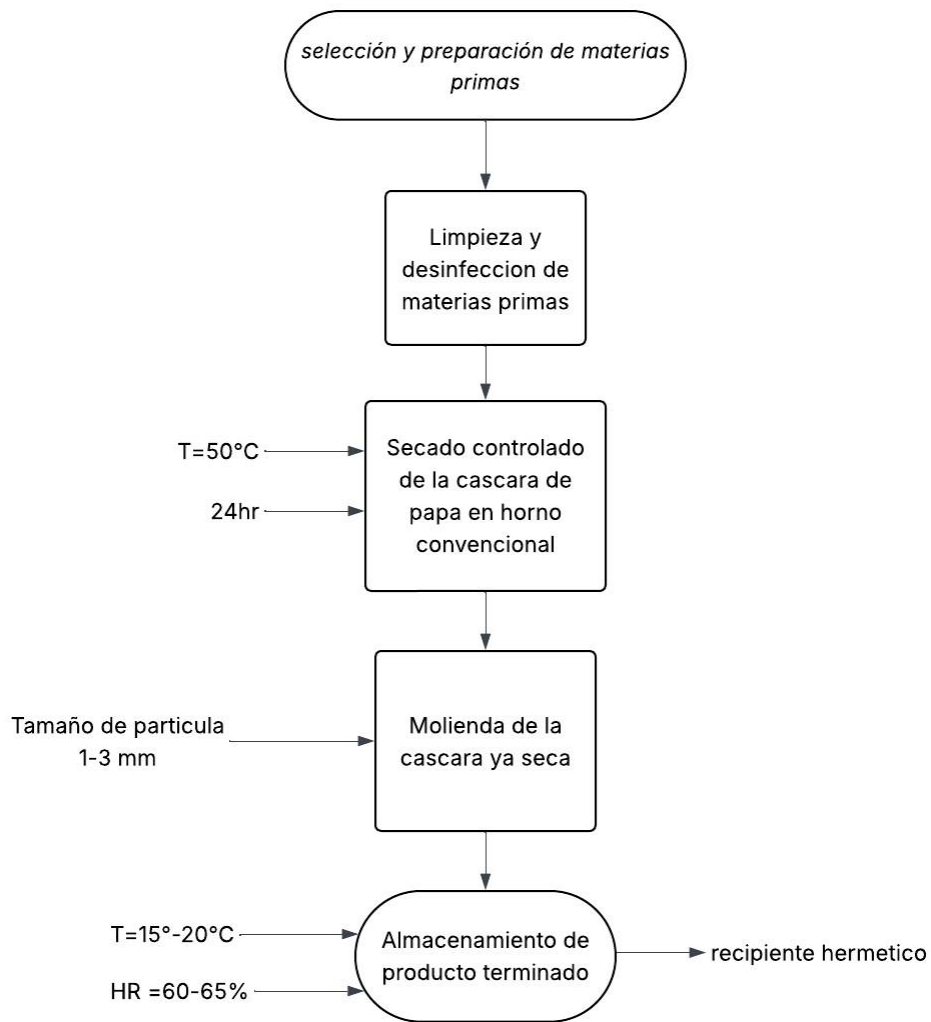
Selección y Preparación de Materias Primas

El proceso de selección y preparación de las materias primas se llevó a cabo mediante una serie de etapas secuenciales orientadas a garantizar la calidad e inocuidad y estandarización de los ingredientes utilizados en la formulación de las infusiones. Dicho proceso incluyó la inspección inicial de las papas nativas, la separación de materiales no aptos, el lavado y la obtención de las cáscaras, así como su acondicionamiento previo para su posterior incorporación en las formulaciones experimentales.

Estas etapas permitieron asegurar que las materias primas cumplieran con los requisitos necesarios para su uso en el desarrollo del producto, minimizando posibles riesgos microbiológicos y preservando las características fisicoquímicas de interés. En la Figura 1 se presenta el diagrama de flujo correspondiente al proceso de selección y preparación de las materias primas empleadas en el estudio.

Figura 1

Diagrama de flujo del proceso de selección y preparación de materias primas.



Nota. Elaboración propia.

Elaboración de la Infusión Estándar

Para la elaboración de la infusión estándar se preparó una mezcla seca con un peso total de 2,5 g, conformada por hierba aromática cidrón (0,6 g), hierba aromática luisa (0,3 g), hierba aromática menta (0,1 g), frutos secos (1 g) y pétalos de rosa (0,5 g). Esta formulación fue considerada como la fórmula control (F0), utilizada como referencia para la comparación con las formulaciones experimentales que incorporaron cáscara de papa nativa.

La preparación de la infusión se realizó mediante la adición de la mezcla seca en 200 mL de agua calentada a una temperatura entre 90 a 95 °C. Posteriormente, se mantuvo un tiempo de extracción de 3 minutos, con el fin de favorecer la liberación de los compuestos bioactivos. Finalizado este proceso, la infusión fue filtrada y enfriada hasta alcanzar la temperatura ambiente, quedando lista para su posterior análisis.

Elaboración de Muestras Experimentales con Diferentes Formulaciones

Para la elaboración de las muestras experimentales se desarrollaron tres formulaciones adicionales, en las cuales se incorporó cáscara de papa nativa en diferentes proporciones, manteniendo la combinación de material vegetal complementario constituido por hierbas aromáticas, frutas deshidratadas y pétalos de rosas. Las formulaciones se prepararon siguiendo el mismo protocolo establecido para la infusión estándar, con el objetivo de garantizar la uniformidad del proceso y la comparabilidad de los resultados.

Las variaciones en las proporciones de cáscara de papa nativa y material vegetal permitieron evaluar su influencia sobre las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del producto final.

Características Fisicoquímicas

Para la determinación de las características fisicoquímicas de las infusiones elaboradas, se evaluaron los parámetros de pH, sólidos solubles totales y acidez titulable, siguiendo metodologías estandarizadas. La medición del pH se realizó conforme a la Norma Técnica

Colombiana NTC 440, mediante el uso de un potenciómetro debidamente calibrado. El contenido de sólidos solubles, expresado en grados Brix (°Brix), se determinó de acuerdo con el método descrito en la NTC 462, mediante el uso de un refractómetro. Asimismo, la acidez titulable se estableció conforme a la NTC 451, lo que permitió evaluar el comportamiento ácido de las infusiones y su influencia potencial sobre la estabilidad y aceptabilidad del producto.

Características Microbiológicas

La evaluación microbiológica de las infusiones se realizó en cumplimiento de lo establecido por la Resolución 1407 de 2022, aplicable a bebidas no alcohólicas como las infusiones. Para ello, se determinaron los siguientes parámetros microbiológicos: recuento de microorganismos mesófilos aerobios, recuento de mohos y levaduras, coliformes totales, *Escherichia coli*, *Salmonella* spp. y *Staphylococcus aureus*.

Estos análisis permitieron verificar las condiciones de inocuidad del producto y establecer su cumplimiento con los criterios microbiológicos exigidos por la normativa vigente, garantizando así la calidad sanitaria de las infusiones desarrolladas.

Procedimiento para la Toma de Muestras para Análisis Físicoquímicos y Microbiológicos

Las bolsas de tisana correspondientes a cada formulación se sometieron a un proceso de infusión empleando matraces Erlenmeyer con una capacidad de 200 mL. Para ello, se adiciona agua potable calentada a una temperatura comprendida entre 90 y 95 °C, manteniendo un tiempo de extracción de 3 minutos, con el fin de favorecer la liberación de los compuestos de interés. Una vez finalizado el tiempo de infusión, las bolsas fueron retiradas de los matraces y la bebida obtenida se dejó enfriar hasta alcanzar la temperatura ambiente de manera controlada. Posteriormente, las muestras fueron envasadas en frascos estériles, para su posterior análisis físicoquímico y microbiológico, garantizando condiciones adecuadas de conservación e inocuidad hasta el momento de su evaluación.

Evaluación Sensorial

La evaluación sensorial de las infusiones se llevó a cabo mediante la aplicación de una prueba hedónica de nueve puntos (ver tabla 2), según la metodología descrita por (Meilgaard et al., 2015). Esta prueba permitió medir el grado de agrado o desagrado de los participantes frente a los productos evaluados.

Los jueces evaluaron diferentes atributos sensoriales, entre los que se incluyeron: aroma (intensidad, notas herbales, terrosas y dulces), sabor (amargor, dulzor, acidez y astringencia), aceptación general (cuerpo y textura), apariencia (color y turbidez) y consistencia (viscosidad). Los resultados obtenidos permitieron analizar la percepción del consumidor y establecer la aceptabilidad sensorial de las distintas formulaciones desarrolladas.

Tabla 2

Escala hedónica de aceptabilidad de las infusiones

Escala	Descripción
9	Me gusta extremadamente
8	Me gusta mucho
7	Me gusta moderadamente
6	Me gusta ligeramente
5	Ni me gusta ni me disgusta
4	Me disgusta ligeramente
3	Me disgusta moderadamente
2	Me disgusta mucho
1	Me disgusta extremadamente

Nota. Adaptado de *Sensory Evaluation Techniques* (5.^a ed.), por Meilgaard et al. (2015), CRC Press.

Panel de Catadores: El análisis del color de las infusiones se realizó empleando el sistema de medición CIELab, el cual permite una caracterización objetiva del color percibido. Para cada formulación se efectuaron diez (10) mediciones, tomadas en diferentes zonas de cada muestra, con el fin de garantizar la representatividad de los resultados. Las mediciones se realizaron utilizando un colorímetro marca Konica Minolta CR-400.

El color se expresó a partir de los parámetros L^* , a^* y b^* , donde L^* representa

La evaluación sensorial de las infusiones fue realizada por un panel conformado por un mínimo de 30 jueces no entrenados, seleccionados con el propósito de determinar la aceptabilidad de los atributos sensoriales de las infusiones formuladas a partir de los tres tratamientos desarrollados en el estudio. La utilización de jueces no entrenados permitió evaluar la percepción del producto desde el punto de vista del consumidor potencial.

Cada uno de los tratamientos fue empacado en bolsas filtrantes con un peso de 2,5 g destinadas a la preparación individual de las infusiones. Para la evaluación sensorial, las muestras se prepararon utilizando un volumen de 360 mL de agua calentada a una temperatura de máximo 95 °C, asegurando condiciones uniformes de preparación para todas las formulaciones evaluadas. Las muestras fueron codificadas y presentadas a los jueces siguiendo un orden aleatorio, con el fin de minimizar posibles sesgos durante la evaluación.

Análisis del Color (CIELab) y Turbidez

Para el análisis de color se efectuaron siete (7) mediciones en cada una de las formulaciones, tomadas en distintas zonas de cada muestra, empleando el sistema de color CIELab. El color se expresa en función de los parámetros L^* , a^* y b^* , donde, a^* indica la coordenada rojizo-verdosa y b^* la coordenada amarillento-azulada. Los valores obtenidos se promediaron para cada muestra y, adicionalmente, se calcularon los parámetros de intensidad de

croma (C^*) y ángulo de tono (H°), mediante las expresiones $C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$ y $H^\circ = \tan^{-1}(b^*/a^*)$, respectivamente, con el fin de complementar la caracterización cromática de las infusiones (Galus & Podolska, 2025)

Determinación de los Costos de Producción de las Infusiones

Para determinar los costos de producción de la bebida tipo infusión elaborada a partir de cáscara de papa nativa (*Solanum spp.*) y material vegetal, se realizó un análisis detallado de todos los insumos, materiales y recursos involucrados en el proceso productivo. Este análisis incluyó la identificación y cuantificación tanto de los costos directos como de los costos indirectos, con el fin de estimar el costo total de producción y evaluar la viabilidad económica del producto.

Costos Directos

Los costos directos correspondieron a aquellos asociados de manera inmediata con la elaboración de las infusiones. En este grupo se incluyeron las materias primas e insumos principales, tales como cáscara de papa nativa, hierbas aromáticas (menta, cidrón, hierba luisa), frutas deshidratadas (mora, fresa, manzana, arándanos, goji), pétalos de rosa y bolsas filtrantes utilizadas para la preparación de las infusiones.

Asimismo, se consideraron los recursos necesarios para el desarrollo del proceso productivo, entre los cuales se incluyeron el uso de equipos como horno de secado, balanza analítica, licuadora, molino y mano de obra, requerida para las distintas etapas de elaboración del producto.

Costos Indirectos

Los costos indirectos incluyeron aquellos rubros que, aunque no están directamente incorporados en el producto final, son indispensables para su elaboración. En este grupo se contemplaron los gastos asociados al consumo de energía eléctrica, agua y transporte de insumos y materiales. Con base en la información obtenida, se calculó el costo total de producción por lote y el costo unitario por bolsita de infusión. Estos cálculos permitieron evaluar la viabilidad económica del producto y establecer una estimación de precio de venta competitiva, capaz de

cubrir los costos incurridos y generar un margen de rentabilidad adecuado para su posible implementación en la agroindustria alimentaria.

Identificación y Valoración de Insumos

Para la identificación de insumos requeridos en la producción de la bebida tipo infusión, se elaboró un listado detallado de todos los ingredientes, materiales y elementos necesarios a lo largo del proceso productivo. Entre los insumos considerados se incluyeron: cáscara de papa nativa deshidratada, hierbas aromáticas (menta, cidrón, hierba luisa), frutas deshidratadas (mora, fresa, manzana, arándanos, goji), pétalos de rosa, bolsas filtrantes, etiquetas y empaques secundarios. La valoración económica de los insumos se realizó a partir de cotizaciones directas con proveedores locales y distribuidores especializados, teniendo en cuenta precios unitarios actualizados y condiciones de compra expresadas por kilogramo, unidad o lote. Adicionalmente, se incorporaron los costos asociados al transporte y almacenamiento cuando estos resultaron aplicables, con el fin de obtener una estimación más precisa de los costos reales del proceso productivo.

Los valores obtenidos fueron registrados y sistematizados en una hoja de cálculo, lo que permitió calcular el costo por lote y el costo unitario por bolsita de infusión. Este procedimiento garantizó el uso de materias primas de calidad, mantuvo la trazabilidad del origen de los insumos y proporcionó información confiable para el análisis de la viabilidad económica del producto.

Cálculo de Costos Operativos

El cálculo de los costos operativos se realizó mediante la identificación y cuantificación de todos los gastos asociados al proceso de producción, excluyendo el costo directo de las materias primas. Este análisis permitió estimar de manera integral los recursos necesarios para la operación del proceso productivo y su impacto en el costo final del producto.

Dentro de los costos operativos se contemplaron los gastos de energía eléctrica derivados del uso del horno de secado, molino y los diferentes equipos de medición empleados durante el

proceso. Asimismo, se incluyó el consumo de agua utilizado en las etapas de limpieza, desinfección y acondicionamiento de las materias primas. La mano de obra fue calculada en función de las horas requeridas para cada etapa del proceso, aplicando la tarifa correspondiente.

Adicionalmente, se consideraron los costos asociados al transporte de materias primas, los servicios de laboratorio necesarios para la realización de los análisis microbiológicos de acuerdo con lo establecido en la Resolución 1407 de 2022, así como otros costos indirectos relevantes, entre ellos el mantenimiento de equipos, la depreciación prorrateada de los mismos y el uso de materiales auxiliares.

Todos estos valores fueron registrados y organizados en una tabla de costos, lo que permitió calcular el costo operativo total por lote y el costo operativo unitario por unidad producida. Este análisis constituyó un insumo fundamental para la evaluación de la viabilidad económica del producto y para la estimación de un precio de venta acorde con las condiciones del mercado.

Determinación del Costo Total y Análisis Económico

La determinación del costo total de producción se realizó mediante la suma de los costos directos (materias primas, empaques y materiales auxiliares) y los costos operativos (consumo de energía, agua, mano de obra, transporte, análisis de laboratorio, depreciación de equipos y otros costos indirectos) asociados a la elaboración de las infusiones.

. Una vez establecido el costo total por lote de producción, este valor se dividió entre el número de unidades obtenidas, con el fin de calcular el costo unitario por bolsita de infusión. A partir de dicho costo unitario, se estimó un precio de venta sugerido, aplicando un margen de ganancia que permitiera cubrir los gastos administrativos, los posibles imprevistos y la rentabilidad esperada del producto.

El análisis económico incluyó la determinación del punto de equilibrio, expresado tanto en número de unidades como en valor monetario, lo que permitió analizar la viabilidad económica del proyecto y su posible escalabilidad.

Análisis Estadístico

Para la evaluación de los resultados obtenidos en las pruebas sensoriales y en los análisis fisicoquímicos y microbiológicos, se aplicaron herramientas estadísticas adecuadas al tipo de datos y a los objetivos del estudio. Los datos provenientes de la evaluación sensorial, de carácter ordinal y obtenidos mediante escalas hedónicas, fueron analizados mediante la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, con el fin de verificar la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre las formulaciones evaluadas.

Por otra parte, los resultados correspondientes a las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas se analizaron mediante estadística descriptiva, empleando medidas de tendencia central (media) y de dispersión (desviación estándar) para caracterizar el comportamiento de cada parámetro estudiado. Adicionalmente, cuando fue pertinente y se cumplieron los supuestos estadísticos, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significancia del 5% ($p \leq 0,05$), con el propósito de determinar posibles diferencias significativas entre formulaciones desarrolladas.

Resultados y Análisis de Resultados

Elaboración del Producto

Selección y Preparación de Materias Primas

Para la selección y preparación de las materias primas se llevó a cabo un procedimiento secuencial, orientado a garantizar la calidad, inocuidad y homogeneidad de los ingredientes utilizados en la elaboración de las infusiones. Este proceso comprendió las siguientes etapas: selección y clasificación de la materia prima (eliminando aquellos materiales que no cumplieran con los criterios de calidad establecidos); limpieza y desinfección de las materias primas (con el fin de reducir la carga microbiana superficial); secado o deshidratación controlada de la cáscara de papa nativa a una temperatura de 50 °C en horno convencional durante 24 horas; y posterior triturado o molienda hasta obtener partículas homogéneas con un tamaño aproximado de 1 a 3 mm adecuadas para infusión. Finalmente, las materias primas procesadas fueron almacenadas en recipientes herméticos, bajo condiciones controladas de temperatura y humedad, con el propósito de preservar sus características fisicoquímicas y funcionales hasta el momento de su utilización en las formulaciones experimentales.

Elaboración de las Infusiones

Para la elaboración de las infusiones se emplearon las materias primas previamente acondicionadas, siguiendo las formulaciones establecidas para cada tratamiento. En la Tabla 3 se presentan las proporciones correspondientes a cada uno de los ingredientes utilizados en las tres formulaciones desarrolladas, las cuales fueron definidas considerando criterios de funcionalidad, aceptabilidad sensorial y equilibrio entre los componentes vegetales.

Tabla 3*Formulación de las infusiones elaboradas*

Ingrediente	F0	F1	F2
	(g)	(g)	(g)
Hierba 1: cidrón	0,6	0,6	0,6
Hierba 2: limonaria	0,3	0,3	0,3
Hierba 3: menta	0,1	0,1	0,1
Frutos secos: mora, fresa, manzana	1	1	1g
Pétalos de rosa	0,5	0,3	0,2
Cáscara de papa	0	0,2	0,3
Total	2,5	2,5	2,5

Nota. Elaboración propia (2025).

Las infusiones fueron preparadas siguiendo el protocolo estandarizado descrito en la metodología, con el fin de asegurar la reproducibilidad del proceso y la comparabilidad de los resultados obtenidos en los análisis fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales.

Análisis Fisicoquímicos de las Infusiones

Durante el desarrollo experimental del proyecto se formularon tres muestras de infusiones identificadas como F0 (control), F1 y F2, en las cuales se variaron las proporciones de cáscara de papa nativa (*Solanum* spp.) y material vegetal (hierbas aromáticas, frutas deshidratadas y pétalos de rosa). La formulación F0 correspondió a la muestra control, mientras que las formulaciones F1 y F2 incluyeron la incorporación progresiva de cáscara de papa nativa, con el fin de evaluar su efecto sobre las características fisicoquímicas del producto final.

Las infusiones obtenidas fueron sometidas a análisis fisicoquímicos, que incluyeron la determinación del pH, los sólidos solubles totales (°Brix) y la acidez titulable, siguiendo las metodologías descritas en la normativa técnica correspondiente. En la Tabla 4 se presentan los resultados obtenidos para cada una de las formulaciones evaluadas, los cuales permitieron

comparar el comportamiento de los parámetros fisicoquímicos en función de las variaciones en la composición de las infusiones y analizar su influencia sobre la calidad y estabilidad del producto.

Tabla 4

Resultados fisicoquímicos de las infusiones

Formulación	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 3	MediDE
pH F0	4,25	4,30	4,35	4,30 ±0,05
pH F1	4,56	4,60	4,66	4,60±0,04
pH F2	6,57	6,60	6,63	6,60±0,03
%Acidez F0	0,09	0,10	0,11	0,10±0,01
% Acidez F1	0,13	0,15	0,17	0,15±0,02
%Acidez F2	0,19	0,20	0,21	0,20±0,01
° Brix F0	0,28	0,30	0,32	0,30±0,02
° Brix F1	0,19	0,20	0,21	0,20±0,01
° Brix F2	0,18	0,20	0,22	0,20±0,02

Nota. Elaboración propia (2025). Los valores obtenidos en las formulaciones F0, F1 y F2 se mantuvieron dentro de los rangos aceptables para bebidas tipo infusión, de acuerdo con la normatividad técnica NTC 440, NTC 451 y NTC 462. Elaboración propia (2025). Los análisis fisicoquímicos se realizaron por triplicado (n=3) y los resultados se expresan como media ± desviación estándar.

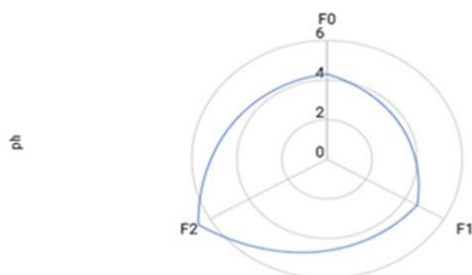
Análisis de pH

Los valores de pH obtenidos para las tres formulaciones mostraron un incremento progresivo a medida que aumentó la proporción de cáscara de papa nativa (*Solanum spp.*) incorporada en las infusiones, registrándose valores de 4,3 para la formulación control (F0), 4,6 para F1 y 6,6 para F2. La formulación control (F0), elaborada sin adición de cáscara de papa, presentó el valor de pH más bajo, lo cual es consistente con la acidez natural aportada por las hierbas aromáticas y los frutos deshidratados incluidos en la mezcla.

En la Figura 3, se observa un incremento progresivo de los valores de pH de las tres formulaciones evaluadas, registrándose el valor más bajo en la formulación F0 (4,3), seguido de F1 (4,6) y F2 (6,6). Este comportamiento evidencia la influencia de la incorporación de cáscara de papa nativa, cuyos minerales y compuestos fenólicos ejercen un efecto tamponante que contribuye al aumento del pH en función de la concentración utilizada (Benhammou et al., 2024). A pesar de las diferencias observadas entre las formulaciones, los valores de pH obtenidos se encuentran dentro de los rangos aceptables establecidos para bebidas tipo infusión, de acuerdo con los parámetros definidos en la Norma Técnica Colombiana NTC 440.

Figura 2

Valores de pH por formulación



Nota. La figura 2 representa los valores de pH correspondientes a las formulaciones F0 (4,3), F1 (4,6) y F2 (6,6). Se evidencia un incremento progresivo proporcional del pH asociado al aumento en la concentración de cáscara de papa nativa incorporada en cada formulación.

Elaboración propia (2025).

El aumento observado en F1 y F2 puede atribuirse a la incorporación de la cáscara de papa nativa, la cual contiene compuestos fenólicos y minerales que pueden ejercer un efecto amortiguador, incrementando el valor del pH en función de la concentración adicionada. Este comportamiento es coherente con lo reportado para subproductos vegetales ricos en componentes minerales y compuestos bioactivos.

Aunque la formulación F2 presentó un valor pH considerablemente más alto (6,6), los valores registrados en las tres formulaciones se encuentran dentro de los rangos aceptables para bebidas tipo infusión establecidos en la NTC 440, lo que indica que la incorporación de cáscara de papa nativa no compromete la estabilidad ni la calidad del producto desde el punto de vista de este parámetro fisicoquímico.

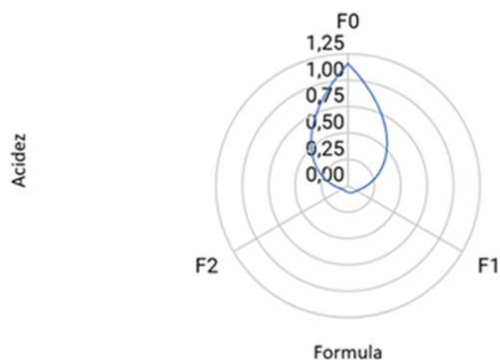
Análisis de Acidez Titulable

La acidez titulable de las infusiones presentó incremento progresivo en función de la adición de cáscara de papa con valores de 0,10 % para la formulación control (F0), 0,15 % para F1 y 0,20 % para F2. Este comportamiento progresivo sugiere que la incorporación de cáscara de papa nativa contribuye al contenido de ácidos orgánicos presentes en la formulación, entre los que se destacan ácido ascórbico y otros compuestos fenólicos documentados en variedades de papa nativa (Saratale et al., 2025).

En la Figura 3 se evidencia que la acidez titulable presentó un comportamiento ascendente a medida que aumentó la proporción de cáscara de papa nativa en la formulación. Los valores registrados para las formulaciones F0 (0,10 %), F1 (0,15 %) y F2 (0,20 %) reflejan un incremento gradual, coherente con el aporte de ácidos orgánicos presentes en la cáscara de papa, entre los que se incluyen el ácido ascórbico y otros compuestos fenólicos. Estos componentes contribuyen al equilibrio sensorial de la bebida, aportando acidez sin generar notas excesivamente intensas, y favorecen la estabilidad del producto. Asimismo, los valores obtenidos se mantienen dentro de los rangos establecidos por la Norma Técnica Colombiana NTC 451 para este tipo de bebidas (Saratale et al., 2025).

Figura 3

Valores de acidez titulable (%) por formulación



Nota. La figura 3 ilustra los valores de acidez titulable (%) correspondientes a las formulaciones F0 (0,10 %), F1 (0,15 %) y F2 (0,20 %), evidenciando un aumento gradual asociado al incremento en la concentración de cáscara de papa nativa incorporada en las infusiones. Elaboración propia (2025). El aumento de la acidez titulable puede estar asociado a la liberación de estos compuestos durante el proceso de infusión, lo que influye tanto en el perfil funcional como en las características sensoriales de la bebida. Los valores obtenidos se encuentran dentro de los rangos reportados para bebidas funcionales de origen vegetal, donde una acidez moderada favorece el equilibrio sensorial del producto, contribuye a la percepción de frescura y actúa como un factor antimicrobiano natural que favorece la estabilidad del producto durante su consumo.

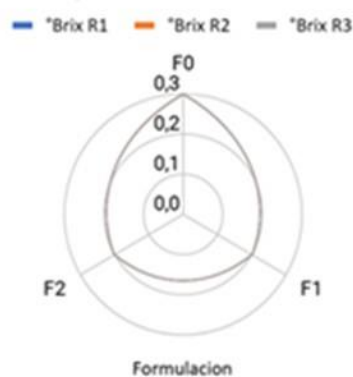
Análisis de Sólidos Solubles (°Brix)

El contenido de sólidos solubles totales, expresado en grados Brix (°Brix), fue similar en las tres formulaciones evaluadas, registrándose valores de 0,3 para F0 y de 0,2 para las formulaciones F1 y F2. La leve disminución observada al incorporar cáscara de papa nativa indica que este ingrediente no aporta cantidades significativas de azúcares solubles a la formulación.

La Figura 4 muestra que el contenido de sólidos solubles se mantuvo bajo y relativamente estables en las tres formulaciones con valores de 0,3 °Brix para F0 y de 0,2 °Brix para las formulaciones F1 y F2. La leve disminución de F0 hacia las demás formulaciones indica que este ingrediente no aporta cantidades significativas de azúcares solubles a la bebida. Este comportamiento permite conservar el carácter bajo en calorías las infusiones y confirma la idoneidad como ingrediente funcional, en bebidas destinadas a consumidores que buscan productos naturales y sin adición de edulcorantes. Los valores obtenidos son consistentes con los parámetros establecidos en la Norma Técnica Colombiana NTC 462 para este tipo de productos y concuerdan con lo reportado para infusiones funcionales de origen vegetal (Contreras et al., 2022).

Figura 4

Valores de sólidos solubles (°Brix) por formulación



Nota. La figura 4 presenta los valores de sólidos solubles (°Brix) correspondientes a las formulaciones F0 (0,3), F1 (0,2) y F2 (0,2), evidenciando el bajo contenido de azúcares naturales del producto y la ausencia de edulcorantes añadidos. Elaboración propia (2025).

Este comportamiento confirma el carácter bajo en calorías de la cáscara de papa nativa y refuerza su potencial como ingrediente funcional en bebidas dirigidas a consumidores que buscan alternativas naturales y sin edulcorantes añadidos. Los valores de °Brix obtenidos son característicos de infusiones naturales elaboradas exclusivamente con material vegetal y se encuentran en concordancia con el perfil funcional y saludable del producto desarrollado, sin comprometer sus atributos sensoriales ni su calidad fisicoquímica.

Análisis de Color (Sistema CIELab)

Los resultados del análisis colorimétrico de las infusiones, obtenidos mediante el sistema CIELab, se presentan en la Tabla 5. Para cada formulación se evaluaron los parámetros de luminosidad (L^*), coordenada rojizo-verdosa (a^*), coordenada amarillento-azulada (b^*), intensidad de croma (C^*) y ángulo de tono (H°), los cuales permiten una caracterización objetiva y cuantitativa del color del producto.

Las diferencias registradas entre las formulaciones evidencian variaciones asociadas a la incorporación progresiva de cáscara de papa nativa en la mezcla. En particular, se observó una tendencia a la disminución de la intensidad cromática, reflejada en los valores de C^* , a medida que aumentó la concentración de este ingrediente. Este comportamiento se relaciona con la presencia de pigmentos naturales y compuestos fenólicos presentes en la cáscara de papa nativa, los cuales influyen directamente en la coloración del extracto obtenido durante el proceso de infusión.

En la Figura 5 se aprecia visualmente las diferencias de color entre las tres formulaciones elaboradas, donde evidencia una disminución progresiva en la intensidad del color conforme se incrementa la proporción de cáscara de papa nativa. Este resultado concuerda con los valores instrumentales obtenidos y confirma la influencia de la formulación sobre la apariencia del producto, atributo sensorial clave en la aceptación del consumidor de bebidas tipo infusión.

Figura 5

Color de las infusiones F0, F1 y F2



Nota. La figura presenta la diferencia visual en la coloración de las formulaciones F0, F1 y F2. Se observa una disminución progresiva de la intensidad cromática a medida que aumenta la concentración de cáscara de papa nativa incorporada en la formulación. Elaboración propia (2025).

En la Tabla 5, se presentan los resultados obtenidos en los análisis colorimétricos de las infusiones en sus distintas formulaciones.

Tabla 5

Resultados del análisis colorimétrico de las infusiones.

Variedad de papa	l	a	b
F0	10,857±0,842 a	5,161±0.419ac	3,583±0,239 a
F1	11,733±1,515 a	4,546±0,266b	7,190±0,472bd
F2	13,023±0,492 b	4,034±0,284ac	5,031±0,399c

La Tabla 5 presenta los valores medios \pm desviación estándar de los parámetros colorimétricos L^* , a^* y b^* de las infusiones elaboradas a partir de distintas formulaciones (F0, F1 y F2), determinadas mediante el sistema CIELab, el cual permite describir de manera objetiva las características de color percibidas visualmente. Elaboración propia (2025).

El parámetro L^* , asociado a la luminosidad o claridad de la muestra (valores cercanos a 0 indican tonos oscuros y valores cercanos a 100 tonos claros), mostró diferencias estadísticamente significativas entre las formulaciones ($p < 0,05$). La formulación F2 presentó el valor más alto de L^* ($13,023 \pm 0,492^b$), lo que indica una infusión significativamente más clara en comparación con F0 y F1, cuyos valores no mostraron diferencias significativas entre sí. Este incremento progresivo de la luminosidad sugiere que el aumento en la concentración de cáscara de papa nativa influye en la extracción y dispersión de compuestos solubles,

posiblemente reduciendo la intensidad de pigmentos oscuros o favoreciendo una mayor dilución de los cromóforos presentes en la bebida final.

Los valores del parámetro a^* fueron positivos en todas las formulaciones, lo que indica una ligera tendencia hacia tonalidades rojizas en las infusiones evaluadas. La formulación F0 presentó el mayor valor de a^* ($5,161 \pm 0,419$), seguida de F1 y F2, observándose diferencias estadísticas parciales entre las muestras.

La disminución del valor de a^* a medida que se incrementa la concentración de cáscara podría estar relacionada con cambios en la proporción relativa de compuestos fenólicos y otros pigmentos naturales, los cuales pueden modificar la intensidad del componente rojo en la matriz líquida. Este comportamiento sugiere que la formulación influye directamente en el equilibrio cromático del producto final. En cuanto al parámetro b^* , que describe la tendencia hacia tonalidades amarillas (valores positivos) o azuladas (valores negativos), todas las formulaciones presentaron valores positivos, lo que evidencia una predominancia de tonos amarillos en las infusiones. La formulación F1 mostró el valor más elevado de b^* ($7,190 \pm 0,472$), diferenciándose significativamente de F0 y F2 ($p < 0,05$).

El aumento observado en F1 sugiere una mayor extracción de pigmentos amarillos, como flavonoides u otros compuestos bioactivos presentes en la cáscara de papa, mientras que en F2 el valor de b^* disminuyó, posiblemente debido a interacciones entre compuestos fenólicos o a un efecto de dilución asociado a la mayor concentración de material vegetal.

En conclusión, los análisis fisicoquímicos y la determinación del color de las infusiones evidencian que la incorporación de cáscara de papa nativa influye positivamente en las características del producto sin comprometer su calidad. Los valores de pH obtenidos para las infusiones oscilaron entre 4,3 en la formulación control (F0) y 6,6 en la formulación con mayor incorporación de cáscara de papa nativa (F2), lo que indica un comportamiento que varía de levemente ácido cercano a la neutralidad. Este rango resulta favorable para la estabilidad del producto y la conservación de sus atributos sensoriales. Por su parte, la acidez titulable se

mantuvo entre 0,10 % y 0,20 %, evidenciando una interacción equilibrada entre los ácidos orgánicos aportados por las frutas deshidratadas y los componentes fenólicos presentes en la cáscara de papa nativa, contribuyendo al balance sensorial de la bebida sin generar una percepción excesiva de acidez. En cuanto al contenido de sólidos solubles, los valores oscilaron entre 0,2 y 0,3 °Brix, lo que corresponde a una composición característica de infusiones naturales sin adición de azúcares. En conjunto, los resultados fisicoquímicos demuestran que la incorporación de la cáscara de papa nativa no afecta negativamente la calidad ni la estabilidad del producto, por el contrario, aporta compuestos bioactivos que enriquecen su perfil funcional, respaldando su potencial como bebida tipo infusión con valor agregado.

Análisis Microbiológicos de las Infusiones

Los resultados obtenidos en los análisis microbiológicos evidenciaron la ausencia de *Escherichia coli*, *Salmonella* spp. y *Staphylococcus aureus* en todas las formulaciones evaluadas. Asimismo, los recuentos de microorganismos mesófilos aerobios, coliformes totales, mohos y levaduras se mantuvieron por debajo de los límites de detección (<10 UFC/mL). Estos resultados confirman que las infusiones elaboradas cumplen con los criterios de inocuidad y calidad microbiológica establecidos por la normatividad alimentaria en Colombia, para bebidas no alcohólicas. En consecuencia, el producto se considera microbiológicamente seguro para el consumo humano, lo que respalda la eficacia de las condiciones de procesamiento, manipulación y almacenamiento empleadas durante su elaboración. En la Tabla 6 se presentan los resultados correspondientes a los análisis microbiológicos realizados a las infusiones desarrolladas en el estudio.

Tabla 6*Resultados microbiológicos de las infusiones*

Parámetro	F0	F1	F2
Coliformes totales (UFC/mL)	<10	<10	<10
<i>Escherichia coli</i> (A/P)	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Mesófilos aerobios (UFC/mL)	<10	<10	<10
Mohos (UFC/mL)	<10	<10	<10
Levaduras (UFC/mL)	<10	<10	<10
<i>Salmonella</i> spp. (A/P)	Ausencia	Ausencia	Ausencia
<i>Staphylococcus aureus</i> (A/P)	Ausencia	Ausencia	Ausencia

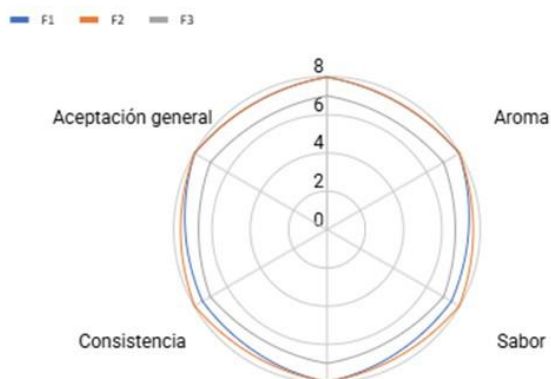
Nota. Los análisis se realizaron conforme a los parámetros establecidos en la Resolución 1407 de 2022 para bebidas no alcohólicas. A/P: ausencia/presencia; UFC/mL: unidades formadoras de colonias por mililitros. Elaboración propia (2025).

Análisis Sensoriales

La evaluación sensorial se realizó mediante una prueba hedónica de nueve puntos, de acuerdo con la metodología propuesta por Meilgaard et al. (2015), utilizando un panel de 30 jueces no entrenados. Esta prueba permitió medir el grado de aceptabilidad de los consumidores frente a las diferentes formulaciones desarrolladas. En la Figura 6 se presentan los puntajes promedio obtenidos para cada una de las formulaciones (F0, F1 y F2) en los atributos evaluados: aroma, sabor, apariencia, consistencia y aceptación general.

Figura 6

Resultados del análisis sensorial por formulación y atributo



Nota. La figura 6 presenta los puntajes promedio obtenidos por cada formulación (F0, F1 y F2) en los atributos sensoriales evaluados: aroma, sabor, apariencia, consistencia y aceptación general, evaluados mediante una prueba hedónica de nueve puntos aplicada a 30 jueces no entrenados. Elaboración propia (2025).

Los resultados obtenidos observados en la figura 6, evidencian diferencias en la percepción sensorial entre las formulaciones evaluadas. La formulación F1 presentó los puntajes más altos en la mayoría de los atributos sensoriales, destacándose especialmente en aroma y apariencia. Este comportamiento puede atribuirse al equilibrio adecuado entre los compuestos aportados por las hierbas aromáticas y la concentración moderada de cáscara de papa nativa, lo cual permitió, enriquecer el perfil organoléptico sin generar percepciones desfavorables en los panelistas.

Por su parte, la formulación F0, correspondiente al control sin adición de cáscara de papa nativa, presentó un perfil sensorial menos complejo, caracterizado principalmente por una coloración más tenue y una menor intensidad aromática. En cuanto a la formulación F2, que incorporó la mayor proporción de cáscara de papa nativa, esta, fue evaluada de manera satisfactoria en términos generales; sin embargo, algunos panelistas manifestaron la percepción

de una leve astringencia, posiblemente asociada a la mayor concentración de compuestos fenólicos presentes en la cáscara.

En conjunto, los resultados sensoriales indican que la incorporación de cáscara de papa nativa en proporciones moderadas favorece la aceptabilidad del producto, contribuyendo positivamente a sus atributos sensoriales y respaldando su potencial como bebida funcional tipo infusión. En la Tabla 7 se presentan los resultados de aceptabilidad total obtenidos a partir del análisis sensorial.

Tabla 7

Resultados de aceptabilidad de las infusiones

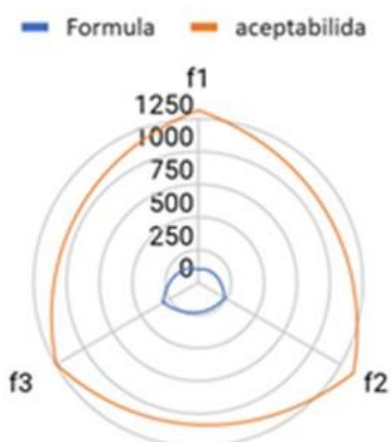
Formulación	Rotulado	Puntuación total	Aceptabilidad
F0	102	1308	Media
F1	237	1366	Mayor aceptabilidad
F2	315	1243	Menor aceptabilidad

Nota. Los valores corresponden a la suma total de puntuaciones asignadas por los 30 panelistas en todos los atributos evaluados. Elaboración propia (2025).

En la Figura 7 confirma que la formulación F1 obtuvo la mayor puntuación total acumulada de aceptabilidad con un valor de 1366 puntos, seguida por la formulación control F0 con 1308 puntos y la formulación F2 con 1243 puntos. Este resultado indica que la incorporación moderada de cáscara de papa nativa (0,2 g) genera un equilibrio sensorial óptimo que mejora el perfil organoléptico de la infusión sin generar rechazo por parte del consumidor.

Figura 7

Puntuación total acumulada de aceptabilidad por formulación



Nota. La figura 7 presenta la puntuación total acumulada de aceptabilidad correspondiente a cada formulación: F0 (1308), F1 (1366) y F2 (1243), obtenida mediante la prueba hedónica de nueve puntos aplicada a 30 jueces no entrenados. La formulación F1 presentó el mayor nivel de aceptabilidad general. Elaboración propia (2025).

Figura 8

Análisis sensorial realizado por los panelistas



Nota: El análisis sensorial fue realizado por 30 jueces no entrenados, quienes evaluaron las tres formulaciones de infusión degustando 2 mL de cada una. Elaboración propia (2025).

Análisis Financiero

El análisis financiero del proyecto se realizó con el fin de evaluar la viabilidad económica de la producción de las infusiones elaboradas a partir de cáscara de papa nativa y material vegetal complementario. Este análisis permitió estimar los costos asociados al proceso

productivo y establecer una base objetiva para la determinación del costo unitario y del precio de venta del producto. En este contexto, se identificaron y cuantificaron los distintos rubros que intervienen en la elaboración de las infusiones, iniciando con el análisis de los costos directos, los cuales corresponden a los insumos y materiales directamente involucrados en el proceso de producción. En la Tabla 8 se presentan los costos directos asociados a la producción de las infusiones.

Tabla 8

Costos directos en la producción de las infusiones

Concepto	Costo estimado (COP)
Cáscara de papa lb (rescate + limpieza)	\$20.000
Hierbas aromáticas (compra local)	\$20.000
Agua	\$15.000
Frutas deshidratadas	\$18.000
Bolsas de infusión	\$16.000
Filtros	\$3.000
Vasos de 1,5 oz (60 unidades)	\$5. 000
Total	\$97. 000

Nota. Costos atribuidos directamente a la producción de un lote de 60 unidades de infusión.

Elaboración propia (2025).

En la Tabla 9 se detallan los costos indirectos requeridos para la producción de las infusiones.

Tabla 9*Costos indirectos en la producción de las infusiones*

Concepto	Costo estimado (COP)
Energía eléctrica	\$50.000
Agua potable	\$16.500
Gas	\$20.000
Mano de obra	\$80.000
Total	\$166.500

Nota. Costos no atribuidos directamente a la producción de las infusiones. Elaboración propia (2025). En la Tabla 10 se presenta el costo total de producción del lote de infusiones, resultado de la sumatoria de costos directos e indirectos.

Tabla 10*Costo total de producción de las infusiones*

Concepto	Valor (COP)
Costos directos	\$97.000
Costos indirectos	\$166. 500
Costo total	\$263. 500

Nota. Suma de todos los costos directos e indirectos incurridos en la producción de un lote de infusiones. Elaboración propia (2025).

En la Tabla 11 se indica el costo unitario por bolsita de infusión, calculado a partir del costo total dividido entre el número de unidades producidas.

Tabla 11*Costo unitario por bolsita de infusión*

Concepto	Cálculo	Valor (COP)
Costo unitario por bebida	\$263 500 / 60 unidades	\$4 392

Nota. Costo total de producción por unidad de infusión para un lote de 60 unidades. Elaboración propia (2025).

El análisis de los resultados obtenidos en las diferentes etapas del proyecto permitió evidenciar la viabilidad técnica, sensorial y económica de la elaboración de infusiones a base de cáscara de papa nativa (*Solanum spp.*), combinadas con hierbas aromáticas, frutas deshidratadas y pétalos de rosa. Las formulaciones desarrolladas demostraron que es posible aprovechar de manera eficiente un subproducto agroindustrial de alta disponibilidad en Cundinamarca, transformándolo en un alimento funcional con propiedades potencialmente benéficas para la salud y con una aceptación favorable por parte de los consumidores.

Desde el punto de vista fisicoquímicos, los resultados indicaron que las tres formulaciones mantuvieron parámetros estables y dentro de los rangos establecidos para bebidas tipo infusión, conforme a las normas técnicas colombianas NTC 440, 451 y 462. La acidez titulable se mantuvo en un intervalo entre 0,10 % y 0,20 %, lo que evidencia una interacción equilibrada entre los ácidos orgánicos aportados por las frutas deshidratadas y los compuestos fenólicos presentes en la cáscara de papa nativa, contribuyendo a un perfil sensorial fresco y natural, sin generar notas excesivamente ácidas. Por su parte, el contenido de sólidos solubles, los valores oscilaron entre 0,2 y 0,3 ° Brix, valores característicos de infusiones naturales sin adición de edulcorantes, lo que confirma el bajo contenido calórico del producto y su idoneidad para consumidores que buscan bebidas saludables, naturales y funcionales.

Los análisis microbiológicos realizados evidenciaron resultados satisfactorios en las tres formulaciones evaluadas, lo que garantiza la inocuidad del producto desarrollado. No se detectó presencia de *Escherichia coli*, *Salmonella spp.* ni *Staphylococcus aureus*, mientras que los recuentos de coliformes, mohos y levaduras se mantuvieron por debajo de los límites máximos permitidos según lo establecidos por la Resolución 1407 de 2022 para bebidas no alcohólicas. Estos resultados confirman que los procesos de secado, manipulación y envasado se realizaron bajo condiciones higiénicas adecuadas y controladas. Asimismo, la ligera acidez natural de las

infusiones pudo haber contribuido a inhibir el desarrollo de microorganismos patógenos y alterantes. En consecuencia, las infusiones formuladas cumplen con los estándares de calidad microbiológica requeridos para productos destinados al consumo humano, lo que valida la factibilidad de su producción a escala artesanal o semiindustrial.

La evaluación sensorial permitió identificar que la formulación F1, con incorporación moderada de cáscara de papa nativa (0,2 g), obtuvo la mayor aceptabilidad global con un total de 1366 puntos acumulados. Esta formulación se destacó por presentar un aroma herbal equilibrado, una coloración ámbar atractiva y un sabor armonioso con notas florales y frutales suaves, atributos que resultaron altamente valorados por los panelistas. Por el contrario, la formulación F2 obtuvo la menor puntuación acumulada (1243 puntos), lo cual puede atribuirse a la percepción de una mayor astringencia percibida por algunos jueces, asociada a la concentración más elevada de compuestos fenólicos provenientes de la cáscara de papa nativa. La formulación F0 se situó en una posición intermedia con 1308 puntos, evidenciando un perfil sensorial menos complejo y una coloración más tenue. En conjunto, los resultados del análisis sensorial la incorporación moderada de cáscara de papa nativa contribuye positivamente al perfil organoléptico de las infusiones, al aportar color, aroma y sabor distintivos que favorecen la aceptación del consumidor. Estos resultados respaldan la formulación F1 como la alternativa sensorialmente más equilibrada y con mayor potencial para su desarrollo y posicionamiento como bebida funcional tipo infusión.

El análisis colorimétrico mediante el sistema CIELab reveló que las formulaciones con cáscara de papa nativa (F1 y F2) presentaron una tendencia hacia una mayor luminosidad, con valores de L^* al alza en comparación con la muestra control (F0). Este incremento sugiere una pérdida de densidad cromática a medida que se integra el subproducto. En cuanto a las coordenadas cromáticas, se observó una disminución en los valores de a^* , lo que indica una reducción de los tonos rojizos en las infusiones finales. Por otro lado, los valores de b^* mostraron un comportamiento irregular, alcanzando su punto máximo en la formulación F1

(\$7,190\$) antes de descender en F2.

Este comportamiento sugiere que factores como el pH (el cual aumentó significativamente de 4,3 a 6,6) podrían estar influyendo en la estabilidad y expresión de los pigmentos naturales, provocando la "disminución progresiva de la intensidad cromática" mencionada en la descripción cualitativa del estudio. El análisis económico evidenció que el costo de producción unitario de la bebida tipo infusión, estimado en \$4.392 COP, resulta competitivo en comparación con infusiones naturales disponibles en el mercado como se evidencia en la Tabla 12. Este comportamiento se atribuye principalmente al uso de la cáscara de papa nativa, como materia prima, la cual, al constituir un subproducto agroindustrial de bajo costo, permite reducir de manera significativa los gastos asociados a insumos sin comprometer la calidad, funcionalidad ni aceptabilidad del producto final. En consecuencia, la producción de infusiones elaboradas a base de cáscara de papa nativa se perfila como una alternativa económicamente viable y ambientalmente sostenible, alineada con los principios de la economía circular y el aprovechamiento eficiente de los recursos. Asimismo, el producto desarrollado se posiciona como una bebida natural, saludable y sostenible, con potencial de inserción en nichos de mercado orientados al consumo de alimentos funcionales y productos libres de aditivos artificiales. De este modo, la propuesta contribuye al fortalecimiento de la sostenibilidad del sector agroindustrial, fomenta la innovación en el desarrollo de alimentos con identidad local y promueve el valor agregado a subproductos de origen regional.

Tabla 12*Benchmarking de la infusión F1 frente a infusiones comerciales*

Características	F1 (infusión desarrollada)	Infusiones la teresita	Hindu
Tipo de producto	Infusión funcional	Infusiones y tes funcionales	Aromáticas e infusiones comerciales
Ingredientes diferentes	Cáscara de papa nativa	Mezcla herbales y frutales	Hierbas aromáticas tradicionales
Ingredientes complementarios	Hierbas aromáticas, frutas deshidratadas y pétalos de rosa	Frutas , flores y plantas medicinales	Manzanilla , cedrón . canela, hierbabuena y toronjil
	Si	No reportado	No reportado
Aprovechamiento de subproductos agroindustriales Enfoque sostenible			Producción convencional
Propiedades funcionales	Economía circular y reducción de residuos Antioxidantes y valor agregado nutricional	Bolsas compostables y biodegradables Bienestar , descanso , concentración y equilibrio	Relajación y bienestar digestivo
Presentación	Bolsita filtrante	Bolsitas individuales	Caja x 20 bolsas
Costo aproximado unitario	\$4.392COP	\$10.500 COP por presentación comercial x20	precio comercial variable
Valor agregado	Revalorización de residuos.	Ingredientes 100% naturales	Marca tradicional de infusiones

Nota: la formulación F1 presenta ventajas competitivas relacionadas con el aprovechamiento de subproductos agroindustriales y el enfoque de economía circular, diferenciándose de las infusiones comerciales convencionales disponibles en el mercado colombiano. La teresita se

destaca por el uso de ingredientes naturales y empaque biodegradables, mientras que hindú mantiene una oferta tradicional de aromáticas herbales. Fuente: Elaboración propia a partir de información comercial reportada por la Teresita(s.f.) y Hindu (s.f.).

Conclusiones

Se desarrollaron tres formulaciones que evidencian el potencial de la cáscara de papa nativa (*Solanum spp.*) como ingrediente funcional en infusiones, combinada con hierbas, frutos y pétalos de rosa para mejorar su perfil sensorial y valor nutricional. Los resultados obtenidos demuestran que este subproducto agroindustrial puede ser aprovechado de manera eficiente para mejorar el perfil sensorial y el valor nutricional de bebidas tipo infusión. Este enfoque representa una alternativa sostenible que contribuye a la innovación en la industria alimentaria, promueve los principios de la economía circular y favorece la diversificación de productos agroindustriales en Colombia, especialmente a partir de materias primas de origen local.

Los análisis microbiológicos realizados a las tres formulaciones (F0, F1 y F2) arrojaron resultados satisfactorios, evidenciando la ausencia de *Escherichia coli*, *Salmonella spp.* ni *Staphylococcus aureus*. Asimismo, los recuentos de coliformes, mesófilos, mohos y levaduras se mantuvieron por debajo de los límites de detección (<10 UFC/mL). Estos resultados confirman que las tres infusiones cumplen con los criterios de inocuidad y calidad microbiológica establecidos en la Resolución 1407 de 2022 para bebidas listas para consumo. En conjunto, los parámetros microbiológicos como fisicoquímicos respaldan la seguridad del producto y validan la factibilidad de su elaboración bajo condiciones controladas, tanto a escala artesanal como semiindustrial.

La incorporación de cáscara de papa nativa en la formulación de infusiones, en combinación con hierbas aromáticas, pétalos de rosa y frutos rojos, demostró ser una alternativa viable y atractiva desde el punto de vista técnico y sensorial. De las tres formulaciones evaluadas por 30 jueces, la formulación F1 alcanzó la mayor aceptabilidad total con 1366 puntos acumulados, destacándose por su equilibrio sensorial y aporte funcional. Este resultado evidencia el potencial de esta formulación para el desarrollo de bebidas funcionales sostenibles a partir del aprovechamiento de subproductos agrícolas.

La integración de los resultados obtenidos en los análisis fisicoquímicos, microbiológicos, sensoriales y económicos demuestra que la inclusión de cáscara de papa nativa (*Solanum spp.*) en la elaboración de infusiones funcionales constituyen una alternativa técnica viable, segura y con alta aceptación por parte del consumidor. En este contexto, la investigación valida el uso de este subproducto agroindustrial como ingrediente funcional con valor agregado y respalda su potencial de aplicación en la agroindustria alimentaria.

El análisis de costos permitió establecer un costo unitario de producción de \$4.392 COP por bolsita de infusión, valor que, al compararse con productos similares disponibles en el mercado siguiendo los datos de la tabla 2, evidencia la viabilidad económica del producto. Este resultado, sumado al aprovechamiento de la cáscara de papa nativa como subproducto agroindustrial de bajo costo, resalta el potencial de comercialización de la infusión dentro de un modelo de economía circular, orientado a la generación de valor agregado, la reducción de residuos y el desarrollo de alternativas sostenibles para la agroindustria alimentaria.

Recomendaciones

Con base en los resultados obtenidos en la presente investigación, se formulan las siguientes recomendaciones orientadas al fortalecimiento científico, técnico y productivo del desarrollo de infusiones elaboradas a partir de cáscara de papa nativa (*Solanum spp.*).

Se recomienda profundizar en la caracterización de los compuestos bioactivos presentes en la cáscara de papa nativa mediante la cuantificación de polifenoles totales y capacidad antioxidante, empleando metodologías estandarizadas, con el fin de aprovechar plenamente el potencial funcional del producto.

Se sugiere realizar estudios de vida útil que incluyan evaluaciones fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales en diferentes condiciones de almacenamiento (temperatura ambiente y refrigeración), con el propósito de determinar la estabilidad del producto y establecer los parámetros técnicos necesarios para su comercialización.

Resulta pertinente ampliar el tamaño muestral en la evaluación sensorial, incorporando consumidores con distintos perfiles sociodemográficos, con el propósito de obtener información más representativa del mercado y fortalecer el análisis estadístico de los resultados.

Se recomienda optimizar las formulaciones evaluando diferentes concentraciones de cáscara de papa nativa y variaciones en la proporción de materiales vegetales, con el fin de alcanzar un equilibrio organoléptico que maximice la aceptabilidad sin comprometer el aporte funcional.

Asimismo, se sugiere desarrollar estudios de escalamiento piloto que permitan analizar la viabilidad técnica y económica en condiciones de emprendimiento, incluyendo análisis de costos más detallados y el diseño de estrategias de comercialización sostenibles.

Finalmente, se propone fortalecer la articulación con productores locales de papa nativa y material vegetal, promoviendo modelos de economía circular que contribuyan al aprovechamiento sostenible de residuos agroindustriales y al desarrollo económico de la región.

Referencias Bibliográficas

- Arias, E. L. Z., Ortíz, J. H. I., Gutarra, K. J. M., Rodríguez, F. J. Á., Gilian, R. K. P., Vilca, G. H. R., Pozo, D. A. B., & Valdez, E. L. N. (2023). Genetic and phenotypic diversity of native potatoes (*Solanum* spp.) from the Central Andes of Peru. *Acta Agronómica*, 72(1).
- Bedoya-Cataño, J. F., Ramón-Palacio, C., Gil-Garzón, M. A., & Ramírez-Sánchez, C. (2022). Extracción de antioxidantes de los arándanos (*Vaccinium corymbosum*): efecto de solventes verdes sobre polifenoles totales, capacidad antioxidante y comportamiento electroquímico. *TecnoLógicas*, 25(53), e2277.
- Benhammou, N., Melzig, M. F., & Atik Bekkara, F. (2024). Valorization of potato peels (*Solanum tuberosum*) using aqueous and organic extracts: Antioxidant and antimicrobial potential. *Antioxidants*, 13(11), 1304.
- Bustamante Melo, J., Fernanda Jarrin, V., Benavides Patiño, J. E., & Paredes Rosero, D. A. (2021). Estandarización de la formulación y congelación de llapingachos de papa nativa *Solanum phureja*. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 8(2), 36–44.
- Contreras López, E., Muñoz Jáuregui, A. M., Fernández Jerí, Y., & Anaya-Meléndez, F. (2022). Actividad antioxidante, compuestos fenólicos y evaluación sensorial de formulaciones para infusión a base de cáscara de sanky y canela. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 88(1), 13–25.
- Díaz-Salazar, G. A., Ruiz-Cabrera, M. A., Gallegos-Infante, J. A., González-Laredo, R. F., Rocha-Guzmán, N. E., & Rosales-Castro, M. (2022). Bioactive compounds from potato peel (*Solanum tuberosum* L.): A review of extraction, identification and quantification methods. *Journal of Food Composition and Analysis*, 107, 104359.
- Galus, S., & Podolska, E. (2025). Influence of herbal additives on the physicochemical, microbiological and sensory quality of functional beverages. *Foods*, 14(10), 1741.

- Hapsari, K. N., Cahyaningrum, N., Istiana, L., & Ekawati, I. (2024). Pharmacological activity of chemical compounds of potato peel waste (*Solanum tuberosum* L.). *BioMedical Journal of Indonesia*, *10*(1), 45–58.
- Hernández-Nava, R., Soto-Simental, S., Reyes-San Juan, O., Ayala-Martínez, M., & Jiménez-Ruiz, E. I. (2021). Bebidas funcionales: conceptos, características, usos y mercado. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*, *9*(17), 1–9.
- Lv, Y., Shen, X., Zhang, M., & Wang, W. (2023). Functional food based on potato (*Solanum tuberosum* L.): Nutritional components, health benefits and applications. *Foods*, *12*(12), 2302.
- Meilgaard, M. C., Civille, G. V., & Carr, B. T. (2015). *Sensory evaluation techniques* (5.a ed.). CRC Press.
- Méndez-Zamora, G., García-Macías, J. A., Durán-Meléndez, L. A., & Santellano-Estrada, E. (2021). Subproductos vegetales como fuente de antioxidantes naturales en la industria alimentaria. *Biotecnia*, *23*(1), 3–12.
- Morales-López, R., Velázquez-Estrada, R. M., González-Estrada, R. R., Tiznado-Hernández, M. E., & Robles-Sánchez, R. M. (2024). Sinergismo entre polifenoles y aceites esenciales en la inhibición de microorganismos alterantes en bebidas funcionales. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *15*(1), 45–58.
- Natividad Bardales, Á. D., Villanueva-Tiburcio, J. E., Chamorro Gómez, R. E., Cueto Rosales, C. R., Capcha Godoy, P. R., Paucar Tito, J. L., & Mendoza Aguilar, A. (2023). Efecto del tratamiento térmico y de digestibilidad *in vitro* en compuestos bioactivos de cuatro tipos de papas nativas (*Solanum tuberosum* ssp. *andigena*). *Revista Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, *24*(3), 143–161.
- Ramos-Escudero, F., & Muñoz, A. M. (2021). Frutas, tubérculos y vegetales como fuentes de antioxidantes naturales en la industria de alimentos: una revisión. *Nutrición Hospitalaria*, *38*(4), 834–845.

- Rojas-Padilla, C., & Vásquez-Villalobos, V. (2021). Ácido fítico en papa nativa *Solanum tuberosum* L. determinado por ^{31}P RMN. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 19(2), 18–26.
- Salinas-Flores, L., Chito-Trujillo, D. M., Guerrero-Guio, L., & Restrepo-Serna, D. L. (2021). Actividad antimicrobiana y fungicida de extractos fenólicos de subproductos vegetales sobre microorganismos patógenos en alimentos. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 19(1), 55–67.
- Saratale, R. G., Saratale, G. D., & Kim, D. S. (2025). Valorization of potato peel waste into bioactive compounds: Antioxidant and cytotoxic properties. *Molecules*, 30(3), 512.
- Soto-Romero, G. A., Morales-Martínez, T. K., Rios-González, L. J., Contreras-Esquivel, J. C., & Carrillo-Reyes, J. (2022). Estrategias tecnológicas para la integración de subproductos agroindustriales en cadenas de valor alimentarias. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 21(3), 1–15.
- Terniche, R., El-Hocine, L., & Amrani, A. (2024). Converting potato peel waste into bioactive extracts: Effect of pretreatment on pesticide reduction and phenolic content retention. *Food & Function*, 15(6), 3102–3115.
- Tombe, M., & Leider, A. (2024). El poder de las papas nativas para "curar" el hambre y el espíritu. *Periódico UNAL*.
- Torres-Bernal, L. F., & Jiménez-Martínez, C. (2022). Extractos de cáscara de papa como agentes conservantes en bebidas y formulaciones funcionales: revisión de actividad antioxidante y antimicrobiana. *Revista Chilena de Nutrición*, 49(4), 487–498.
- Torres-Valenzuela, L. S., & Serna-Jiménez, J. A. (2023). Perspectivas de valorización de residuos de frutas a partir de sus características físicas y químicas. *Revista Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 24(1), 1–16.
- Vargas-García, P. A., Castro-López, C., González-Herrera, S. M., Rocha-Guzmán, N. E., & Martínez-Bustos, F. (2023). Compuestos bioactivos y capacidad antioxidante de

infusiones a base de flores, frutas y tubérculos: una revisión. *CyTA – Journal of Food*, 21(1), 267–279.

Vásquez-Sáenz, K., & Forero-Longas, F. (2022). Potencial de extractos de cáscaras de papa nativa como antioxidantes naturales en productos cárnicos y panificados. *Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas*, 51(1), 45–62.

Vescovo, D., Manetti, C., Ruggieri, R., Spizzirri, U. G., Aiello, F., Martuscelli, M., & Restuccia, D. (2025). La valorización de la cáscara de patata como ingrediente funcional en la industria alimentaria: una revisión exhaustiva. *Foods*, 14(8), 1333.

Yábar-Villanueva, E., Huicho-Espinoza, W., Suazo-Peña, A., Rojas-Zacarías, E., & Álvarez-Tolentino, D. (2023). Biocomponentes y capacidad antioxidante de papas nativas como chuño y tunta bajo diferentes condiciones de temperatura de congelación. *Revista Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 24(1), 1–17.

Zambrano-Zaragocín, J. L., Villacís-Chiriboga, J., Eguiguren-Hernández, N., & García-Ruiz, A. (2023). Fenoles totales y capacidad antioxidante de infusiones de cáscara de papa, manzana y frutas tropicales obtenidas por extracción en agua caliente. *Agronomía Colombiana*, 41(2), 1–11.

Apéndice

Apéndice A

Cuestionario evaluación sensorial aplicado a los consumidores

Test de Evaluación Sensorial de Infusiones cáscaras de papa nativa y material vegetal (hierbas aromáticas, frutas deshidratadas y pétalos de rosa)

Fecha: _____
 Nombre y apellido: _____ Edad: _____ Género: _____

Frente a usted tiene tres muestras de infusiones, pruébelas y conteste las siguientes preguntas y evalúe la escala hedónica de cada categoría.

1. ¿Actualmente compra infusiones?, marque con una X: SI ___ NO ___
2. ¿Usted consume infusiones? ?, marque con una X: SI ___ NO ___

Considere la siguiente escala hedónica de 9 puntos y califique su agrado usando la siguiente nomenclatura:

- 9 = Me gusta extremadamente
- 8 = Me gusta mucho
- 7 = Me gusta moderadamente
- 6 = Me gusta ligeramente
- 5 = Ni me gusta ni me disgusta
- 4 = Me disgusta ligeramente
- 3 = Me disgusta moderadamente
- 2 = Me disgusta mucho
- 1 = Me disgusta extremadamente

Código	102	237	315
Apariencia			
Aroma			
Sabor			
Color			
Consistencia			
Aceptación general			

¿Usted estaría dispuesto a comprar el producto?

SI ___ NO ___

Observaciones:
