



**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR ECUATORIANO DE
PRODUCTIVIDAD**

TECNOLOGÍA SUPERIOR EN PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS

Trabajo de titulación presentado como requisito para obtener el título de tecnólogo superior en

Procesamiento de Alimentos

TEMA:

**“DESARROLLO DE UNA BEBIDA A BASE DE EXTRACTOS ACUOSOS DE
Hibiscus sabdariffa, *Ilex guayusa* Y *Zingiber officinale* Y EVALUACIÓN DE SUS
CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y SENSORIALES, QUITO, PERÍODO
ENERO-AGOSTO 2026”**

AUTORES:

Sánchez Parra Xavier Alexander

Cuenca Jacome María Emilia

TUTOR:

MSc. Fernando Buitrón

Fecha:

Agosto, 2026

Quito, Ecuador

DECLARACIÓN DEL TUTOR METODOLÓGICO

Fecha: Agosto de 2026

Certifico que el presente trabajo de investigación previo a la obtención del Grado de TECNÓLOGO SUPERIOR EN PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS en el Instituto Tecnológico Superior Ecuatoriano de Productividad con el tema: “Desarrollo de confites gelificados alcoholizados: incidencia del origen del destilado y del nivel de etanol en la respuesta hedónica del consumidor”, ha sido elaborado por Santiago Padilla y Gabriel Moreta, el mismo que ha sido revisado y analizado en un 100 % con el asesoramiento permanente de mi persona en calidad de Tutor, por lo que se encuentra apto para su presentación y defensa respectiva.

Es todo cuanto puedo informar en honor a la verdad.

Atentamente

MSc. Fernando Buitrón

TUTOR

DECLARACIÓN DEL TUTOR TÉCNICO

Fecha: Agosto de 2026

Certifico que el presente trabajo de investigación previo a la obtención del Grado de TECNÓLOGO SUPERIOR EN PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS en el Instituto Tecnológico Superior Ecuatoriano de Productividad con el tema: “Desarrollo de confites gelificados alcoholizados: incidencia del origen del destilado y del nivel de etanol en la respuesta hedónica del consumidor”, ha sido elaborado por Santiago Padilla y Gabriel Moreta, el mismo que ha sido revisado y analizado en un 100 % con el asesoramiento permanente de mi persona en calidad de Tutor, por lo que se encuentra apto para su presentación y defensa respectiva.

Es todo cuanto puedo informar en honor a la verdad.

Atentamente

MSc. Fernando Buitrón

TUTOR

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Los autores declaran que el trabajo aquí presentado es de su autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional y que se han consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento. El Instituto Tecnológico Superior Ecuatoriano de Productividad puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Xavier Sánchez

María Emilia Cuenca

AGRADECIMIENTO

Expresamos nuestro sincero agradecimiento a Dios, por brindarnos fortaleza, sabiduría y perseverancia para afrontar los desafíos que se presentaron durante el desarrollo de este trabajo de titulación.

A nuestras familias, por su apoyo incondicional, comprensión y motivación constante, que fueron fundamentales para continuar con nuestra formación profesional y alcanzar esta meta.

A nuestra institución educativa y a sus docentes, por los conocimientos impartidos y las experiencias de aprendizaje que contribuyeron a nuestro crecimiento académico y profesional. De manera especial, agradecemos a nuestro tutor de tesis por su orientación, tiempo, observaciones y recomendaciones, que nos permitieron mejorar y desarrollar este trabajo con mayor rigor y responsabilidad.

Asimismo, agradecemos a todas las personas que, de una u otra manera, contribuyeron al desarrollo de esta investigación, ya sea mediante sus conocimientos, colaboración o disposición para apoyarnos durante las diferentes etapas del proyecto.

Finalmente, nos agradecemos mutuamente por el compromiso, la paciencia, la responsabilidad y la disposición para trabajar en equipo. Este proceso nos permitió fortalecer nuestras capacidades, aprender de nuestras diferencias y comprender que la colaboración y el esfuerzo compartido son esenciales para alcanzar un objetivo común.

A todos quienes formaron parte de este proceso, les expresamos nuestra profunda gratitud.

DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo de titulación, fruto de nuestro esfuerzo, dedicación y perseverancia, a nuestras familias, por ser un pilar fundamental a lo largo de nuestra formación académica y personal. Gracias por su amor, paciencia, comprensión y apoyo incondicional, especialmente en aquellos momentos en los que el camino presentó dificultades y fue necesario encontrar nuevas fuerzas para continuar.

A quienes confiaron en nuestras capacidades, nos motivaron a superar los obstáculos y nos recordaron la importancia de luchar por nuestros objetivos, les dedicamos este logro, que representa no solo la culminación de una etapa académica, sino también el resultado de muchos aprendizajes, sacrificios y experiencias compartidas.

Finalmente, nos dedicamos este logro a nosotros mismos, por la constancia, el compromiso y el trabajo en equipo que nos permitieron avanzar y culminar este proyecto, demostrando que la perseverancia y la colaboración son fundamentales para alcanzar nuestras metas.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.3. OBJETIVOS	4
1.3.1. Objetivo general	4
1.3.2. Objetivos específicos	4
1.4. JUSTIFICACIÓN	5
1.5. HIPÓTESIS	7
1.6. COBERTURA	7
CAPÍTULO II	9
2. MARCO TEÓRICO	9
2.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS DEL PRODUCTO	9
2.1.1. La bebida como categoría tecnológica	9
2.1.2. Hibiscus sabdariffa: la flor que viajó con las rutas atlánticas	10
2.1.3. Ilex guayusa: de la ronda del amanecer al anaquel internacional	11
2.1.4. Zingiber officinale: la especia que también es tecnología sensorial	12
2.1.5. El mercado actual de bebidas funcionales	13
2.1.6. Síntesis crítica del recorrido histórico	14
2.2. INVESTIGACIONES PREVIAS	15
2.2.1. Extracción y estabilidad del pigmento de Hibiscus sabdariffa	15
2.2.2. La jamaica dentro de bebidas formuladas	16
2.2.3. Ilex guayusa: composición, procesamiento y extracción	17
2.2.4. Jengibre en bebidas: aporte funcional y función sensorial	18
2.2.5. Diseños de mezclas y el problema de la no aditividad	18
2.2.6. Matriz de sistematización del estado del arte	19
2.2.7. Lectura crítica transversal	20
2.3. MARCO CONCEPTUAL	21
2.3.1. Bebidas no carbonatadas a base de extractos vegetales	21
2.3.2. Compuestos fenólicos y estabilidad de las antocianinas	21
2.3.3. Caracterización fitoquímica de las materias primas	22
2.3.4. Fundamentos de la extracción acuosa	25
2.3.5. Tecnología de la bebida: dilución, sólidos solubles y acidez	26
2.3.6. Estabilidad física: control de la turbidez por doble filtrado	27
2.3.7. Conservación por barreras y tratamiento térmico	27
2.3.8. Conservantes químicos en bebidas ácidas	28
2.3.9. Marco normativo aplicable en Ecuador	29

2.3.10. Edulcorantes no calóricos: la sucralosa	29
2.3.11. Calidad del agua de proceso	31
2.3.12. El escaldado como operación previa	32
2.3.13. Evaluación sensorial afectiva	33
2.3.14. Fundamento estadístico del contraste de Friedman	34
2.3.15. Conceptos de costeo y punto de equilibrio	35
CAPÍTULO III.....	36
3. MARCO METODOLÓGICO	36
3.1. Tipo y diseño de investigación	36
3.2. Materias primas e ingredientes	38
3.2.1. Control de la calidad del agua de proceso	39
3.3. Equipos, instrumentos y materiales	40
3.4. Proceso de elaboración	41
3.4.1. Obtención de los extractos acuosos	41
3.4.2. Diseño de las formulaciones	42
3.4.3. Descripción del proceso	44
3.5. Diagrama de flujo del proceso	46
3.6. Análisis fisicoquímico	48
3.7. Análisis sensorial afectivo	49
3.8. Análisis estadístico	50
3.9. Estudio preliminar de estabilidad	51
3.10. Consideraciones éticas y de bioseguridad	52
CAPÍTULO IV	53
4. RESULTADOS	53
4.1. Caracterización de las materias primas y de los extractos	53
4.2. Resultados fisicoquímicos por tratamiento	53
4.3. Contraste de los resultados fisicoquímicos frente a la normativa	54
4.4. Resultados del análisis sensorial	55
4.4.1. Preferencia declarada por tratamiento	58
4.5. Prueba de Friedman y comparación múltiple de Tukey.....	60
4.6. Estabilidad fisicoquímica durante el almacenamiento.....	62
4.7. Selección del tratamiento de mayor aceptación.....	63
4.8. Discusión	63
4.9. Contrastación formal de las hipótesis	65
CAPÍTULO V	66
5. PROPUESTA, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	66
5.1. Propuesta del producto final.....	66
5.2. Ficha técnica del producto	68
5.3. Análisis de costos y punto de equilibrio	69

5.3.1. Costos variables	69
5.3.2. Costos fijos	70
5.3.3. Análisis de mercado y referencia de precios	70
5.3.4. Competencia y contexto de mercado en Ecuador	71
5.3.5. Precio de venta y margen de contribución.....	72
5.3.6. Punto de equilibrio.....	73
5.3.7. Análisis de sensibilidad.....	75
5.4. Conclusiones.....	76
5.5. Recomendaciones.....	78
5.5.1. Para la mejora del producto.....	78
5.5.2. Para el proceso y el escalado.....	78
5.5.3. Para futuras líneas de investigación	79
BIBLIOGRAFÍA.....	81
ANEXOS.....	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Síntesis cronológica y de uso tradicional de las tres matrices vegetales del estudio	14
Tabla 2. Sistematización de las investigaciones previas relevantes (2016–2025).....	19
Tabla 3. Perfil fitoquímico y funcional de las tres matrices.....	23
Tabla 4. Ficha agronómica y fitoquímica de la flor de jamaica	25
Tabla 5. Operacionalización de las variables.....	37
Tabla 6. Materias primas, especificaciones y criterios de aceptación	38
Tabla 7. Parámetros de control del agua de proceso	39
Tabla 8. Equipos e instrumentos utilizados	40
Tabla 9. Parámetros de extracción por matriz.....	41
Tabla 10. Formulación de los tres tratamientos en porcentaje (% p/v) y en gramos (base: 1 000 mL de producto terminado).....	42
Tabla 11. Contenido teórico estimado de cafeína por tratamiento	43
Tabla 12. Puntos críticos de control identificados	45
Tabla 13. Determinaciones fisicoquímicas, métodos y frecuencia	48
Tabla 14. Criterios normativos aplicables a los parámetros fisicoquímicos evaluados.....	48
Tabla 15. Estructura del contraste de Friedman para el diseño de bloques completos.....	50
Tabla 16. Rendimiento y caracterización de los extractos acuosos (media $\pm$ DE, n = 3)	53
Tabla 17. Características fisicoquímicas de los tres tratamientos (media $\pm$ DE, n = 3).....	53
Tabla 18. Contraste de los resultados del tratamiento T1 frente a la normativa ecuatoriana.....	55
Tabla 19. Puntuaciones hedónicas por atributo y tratamiento (media $\pm$ DE; n = 20 jueces)	55
Tabla 20. Distribución de frecuencias de la aceptabilidad global (número de jueces por puntuación)	55
Tabla 21. Prueba de Friedman por atributo sensorial (n = 20 bloques, k = 3 tratamientos)	60
Tabla 22. Medianas y rangos medios con letras de agrupación	61
Tabla 23. Evolución de los parámetros fisicoquímicos del tratamiento T1.....	62
Tabla 24. Decisión sobre las hipótesis planteadas	65
Tabla 25. Ficha técnica de ANDINA HIBISCUS.....	68
Tabla 26. Costo variable unitario para una presentación de 250 mL	69

Tabla 27. Costos fijos mensuales	70
Tabla 28. Referencia de precios del mercado quiteño y precios propuestos	71
Tabla 29. Productos comparables disponibles en el mercado ecuatoriano	72
Tabla 30. Escenarios de punto de equilibrio según el precio de venta al público	74
Tabla 31. Proyección tabular para la construcción de la gráfica del punto de equilibrio (USD)	74
Tabla 32. Efecto de una variación de ± 15 % en el costo de las materias primas y del envase	75

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1. Esquema del cáliz de Hibiscus sabdariffa en estado de cosecha, con indicación del órgano aprovechado y del punto de corte. El registro fotográfico de la materia prima empleada se presenta en el Anexo 6	24
Figura 2. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de la bebida según la norma ISO 5807:1985, con formulación y puntos críticos de control.....	47
Figura 3. Sólidos solubles, acidez titulable y pH de los tres tratamientos	54
Figura 4. Puntuaciones hedónicas medias por atributo y tratamiento	57
Figura 5. Diagrama de radar comparativo de los cuatro atributos sensoriales	57
Figura 6. Distribución de frecuencias de la aceptabilidad general por tratamiento (n = 20)	58
Figura 7. Preferencia global de los panelistas, calculada como el tratamiento de mayor puntuación promedio en los cuatro atributos (n = 20)	58
Figura 8. Distribución de la preferencia declarada por los 20 panelistas en cada atributo sensorial	59
Figura 9. Prototipo de etiqueta envolvente de ANDINA HIBISCUS conforme al RTE INEN 022 y la NTE INEN 1334.....	68
Figura 10. Gráfica del punto de equilibrio de la propuesta	75

RESUMEN

El consumo sostenido de bebidas azucaradas es un problema de salud pública que demanda alternativas elaboradas con materia prima nacional. Esta investigación desarrolló una bebida a base de extractos acuosos de *Hibiscus sabdariffa*, *Ilex guayusa* y *Zingiber officinale*, edulcorada con sucralosa, y evaluó sus características fisicoquímicas y sensoriales para establecer la concentración de guayusa de mayor aceptación. El estudio fue experimental, con tres formulaciones que variaron únicamente la guayusa (2 %, 3 % y 4 %) y mantuvieron fijos los demás componentes, incluido el ácido cítrico (0,5 %), ajustando el volumen final con agua purificada. Se determinaron pH, sólidos solubles y acidez titulable, y la aceptabilidad se evaluó con escala hedónica de cinco puntos y 20 panelistas semientrenados; los datos se procesaron en InfoStat mediante la prueba de Friedman con Tukey como comparación múltiple. El pH se mantuvo entre 3,50 y 3,52, dentro del rango de la NTE INEN 2304, y los sólidos solubles aumentaron de 2,84 a 3,28 °Brix. Hubo diferencias significativas en olor, sabor y aceptabilidad general ($p < 0,0001$), pero no en color ($p = 0,8741$). T1, con 2 % de guayusa, obtuvo la mayor aceptabilidad general ($4,45 \pm 0,51$), y 18 de 20 panelistas (90 %) le otorgaron su puntuación más alta en olor y en sabor. Su contenido de cafeína se estimó teóricamente en 60 mg por 250 mL. El costo variable unitario fue de USD 0,6177 y, con un precio referencial de USD 0,90, el punto de equilibrio fue de 3 666 unidades mensuales.

Palabras clave: bebida de extractos vegetales, *Ilex guayusa*, sucralosa, escala hedónica, prueba de Friedman.

ABSTRACT

The sustained consumption of sugar-sweetened beverages is a public health problem that calls for alternatives made from domestic raw materials. This research developed a beverage based on aqueous extracts of *Hibiscus sabdariffa*, *Ilex guayusa* and *Zingiber officinale*, sweetened with sucralose, and evaluated its physicochemical and sensory characteristics in order to establish the most accepted guayusa concentration. The study was experimental, with three formulations that varied only the guayusa (2 %, 3 % and 4 %) and kept the remaining components fixed, including citric acid (0.5 %), adjusting the final volume with purified water. pH, soluble solids and titratable acidity were determined, and acceptability was assessed with a five-point hedonic scale and 20 semi-trained panellists; data were processed in InfoStat using the Friedman test with Tukey as the multiple comparison procedure. pH remained between 3.50 and 3.52, within the range of NTE INEN 2304, and soluble solids increased from 2.84 to 3.28 °Brix. There were significant differences in odour, flavour and overall acceptability ($p < 0.0001$), but not in colour ($p = 0.8741$). T1, with 2 % guayusa, obtained the highest overall acceptability (4.45 ± 0.51), and 18 of 20 panellists (90 %) gave it their highest score for odour and for flavour. Its caffeine content was theoretically estimated at 60 mg per 250 mL. The unit variable cost was USD 0.6177 and, with a reference price of USD 0.90, the break-even point was 3,666 units per month.

Key words: plant-extract beverage, *Ilex guayusa*, sucralose, hedonic scale, Friedman test.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

Durante la mayor parte del siglo XX, la industria de bebidas construyó su propuesta de valor sobre tres atributos: dulzor, color y refresco inmediato. La fruta entraba en la formulación en proporciones modestas y el azúcar hacía el resto del trabajo sensorial. Ese modelo, eficiente desde el punto de vista del costo, empezó a resquebrajarse cuando la evidencia epidemiológica vinculó de manera consistente el consumo habitual de bebidas azucaradas con la ganancia de peso y con un mayor riesgo de diabetes tipo 2, enfermedad cardiovascular y algunos tipos de cáncer (Malik y Hu, 2022). El consumidor no abandonó la categoría, pero sí cambió las preguntas que le hace al producto. Ya no basta con que refresque: se espera que aporte algo.

De esa expectativa nació el segmento de las bebidas funcionales, entendidas como aquellas que, además de hidratar y nutrir, incorporan compuestos bioactivos con un efecto fisiológico documentado. El segmento crece con rapidez y se ha convertido en una de las áreas más dinámicas de investigación y desarrollo dentro de los alimentos funcionales (Kaur et al., 2024). Sin embargo, ese crecimiento arrastra una tensión técnica que rara vez se declara en la etiqueta: los compuestos que otorgan la funcionalidad son, con frecuencia, los mismos que degradan el sabor, el color o la estabilidad del producto. Las antocianinas aportan color y capacidad antioxidante, pero se degradan con el calor y la luz. Los polifenoles de la hoja aportan actividad antioxidante y también astringencia. Los gingeroles aportan un perfil sensorial reconocible y, en exceso, una pungencia que expulsa al consumidor. Formular una bebida funcional no consiste en sumar ingredientes de buena reputación, sino en administrar ese conflicto.

Ecuador ocupa una posición peculiar en este escenario. El país dispone de materias primas antioxidantes de origen tropical y amazónico que en otros mercados se comercializan como ingredientes premium, y sin embargo las exporta mayoritariamente como materia seca sin transformar. La guayusa (*Ilex guayusa* Loes.) ilustra el caso con nitidez: es una especie del alto Amazonas ecuatoriano, consumida ancestralmente por comunidades indígenas por sus beneficios sobre la salud, cuyo perfil fenólico y carotenoide fue caracterizado con capacidad antioxidante medida por DPPH y ORAC, y cuyo procesamiento industrial determina en buena medida cuánto de ese potencial sobrevive hasta el producto final (García-Ruiz et al., 2017). El conocimiento existe. La transformación local con valor agregado, mucho menos.

Este trabajo se sitúa en ese punto de encuentro. Propone una bebida formulada con tres matrices vegetales complementarias: el cáliz de *Hibiscus sabdariffa* como base ácida y pigmentante, la hoja de *Ilex guayusa* como aporte fenólico y de metilxantinas, y el rizoma de *Zingiber officinale* como modulador sensorial y aporte de gingeroles, y evalúa cuál de las tres concentraciones de guayusa ensayadas resulta más aceptable para el consumidor. La guayusa aporta cafeína y polifenoles, pero también astringencia, de modo que la pregunta no es cuánta guayusa cabe en la bebida, sino con qué concentración se obtiene la mayor aceptación dentro de las formulaciones estudiadas.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las bebidas azucaradas se consolidaron como una de las principales fuentes de azúcares añadidos en la dieta, con evidencia sólida procedente de estudios de cohorte y ensayos clínicos que respalda su papel etiológico en la obesidad y en desenlaces cardiometabólicos, lo que las convirtió en blanco explícito de políticas regulatorias en distintos países (Malik y Hu, 2022). Ecuador se sumó a esa tendencia regulatoria con el etiquetado gráfico de semáforo nutricional,

una medida que presiona a la industria a reformular, pero que por sí sola no genera alternativas. Aquí aparece el primer problema: la reformulación exige sustituir azúcar por otro edulcorante.

El segundo problema es que no le estamos sacando el máximo provecho a estos ingredientes, ya que en Ecuador la jamaica, la guayusa y el jengibre se venden casi exclusivamente en sus formas más básicas y baratas para preparar té en casa o como condimentos. Hasta ahora, no se ha aprovechado su potencial para crear una bebida embotellada, lista para tomar, que se fabrique con una receta exacta y controles de calidad; de hecho, no existe ninguna investigación que haya combinado los tres productos para comprobar, al mismo tiempo, si la mezcla tiene buen sabor, qué características fisicoquímicas presenta y si resulta rentable como negocio.

En síntesis, existe una demanda insatisfecha de bebidas con menor carga de azúcar elaboradas con extractos vegetales; existen materias primas nacionales capaces de aportarlos; y no hay una formulación documentada que las integre y evalúe, en un mismo trabajo, sus características fisicoquímicas, su aceptabilidad sensorial y su viabilidad económica.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿En qué medida el porcentaje de extracto acuoso de *Ilex guayusa* incide en las características sensoriales color, olor y sabor y en la aceptabilidad de una bebida elaborada con extractos de jamaica y jengibre, edulcorada con sucralosa en Quito, durante el período enero–agosto de 2026?

De esta pregunta general se desprenden tres preguntas específicas:

- ¿Qué características fisicoquímicas (pH, sólidos solubles y acidez titulable) presentan las bebidas elaboradas con 2 %, 3 % y 4 % de guayusa, y cómo se sitúan frente a los requisitos de la normativa aplicable?

- ¿Qué concentración de guayusa alcanza la mayor aceptación sensorial entre los tratamientos ensayados, y existen diferencias estadísticamente significativas entre ellos?
- ¿Cuál es el costo unitario, el precio de venta referencial y el punto de equilibrio de la propuesta bajo los supuestos económicos definidos?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Desarrollar una bebida a base de extractos acuosos de *Hibiscus sabdariffa*, *Ilex guayusa* y *Zingiber officinale*, mediante la evaluación de sus características fisicoquímicas y sensoriales, para determinar el comportamiento de tres concentraciones de guayusa y establecer el tratamiento de mayor aceptación dentro de las formulaciones estudiadas.

1.3.2. Objetivos específicos

- Establecer tres formulaciones experimentales de la bebida variando la concentración de extracto de guayusa en 2 %, 3 % y 4 %, manteniendo constantes los demás componentes definidos en la formulación.
- Determinar las características fisicoquímicas de las bebidas elaboradas (pH, sólidos solubles y acidez titulable) y contrastar los resultados con los requisitos de la normativa aplicable.
- Evaluar sensorialmente los tratamientos mediante una escala hedónica, considerando los atributos establecidos en la ficha de evaluación.
- Analizar estadísticamente los resultados de la evaluación sensorial mediante la prueba de Friedman y el procedimiento de comparación múltiple de Tukey utilizado en el estudio.

- Estimar el costo unitario, establecer un precio de venta referencial y calcular el punto de equilibrio de la propuesta bajo los supuestos económicos definidos.

1.4. JUSTIFICACIÓN

Desde lo teórico, el trabajo aborda un problema que la literatura ha tratado de manera fragmentaria. La estabilidad de las antocianinas del cáliz de jamaica depende críticamente de las condiciones de extracción y de la presencia de otros compuestos fenólicos capaces de establecer enlaces con ellas, y en el estudio de Escobar-Ortiz et al. (2021) fue la relación sólido-solvente y no la temperatura, el tiempo o el tipo de ácido la variable que gobernó el rendimiento de extracción. Esa observación tiene una consecuencia directa para el diseño de una bebida multiextracto. Los polifenoles aportados por la guayusa y el jengibre pueden operar como copigmentos o como competidores, comportamiento que queda fuera del alcance experimental de este trabajo y que se señala como línea de investigación futura.

Desde lo tecnológico, cada matriz plantea un problema de procesamiento identificado. En la guayusa, el tipo de tratamiento industrial condiciona la retención de bioactivos: el escaldado conserva buena parte de los compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante, mientras que la fermentación los reduce marcadamente (García-Ruiz et al., 2017). En la infusión, el tiempo de contacto se correlaciona con el contenido fenólico total, y el solvente empleado genera diferencias significativas en el perfil de compuestos extraídos (Kelebek et al., 2024). Estos hallazgos permiten fijar los parámetros de extracción del presente trabajo sobre una base experimental y no por conveniencia. En el jengibre, la evidencia recopilada sobre sus compuestos bioactivos 6-gingerol, shogaols y diarylheptanoides, además sobre sus aplicaciones alimentarias respalda su incorporación como ingrediente funcional y no meramente como saborizante (Shaukat et al., 2023).

Desde lo nutricional y social, la propuesta ofrece una alternativa a una categoría de consumo masivo cuya reformulación es una prioridad sanitaria declarada (Malik y Hu, 2022). Conviene, no obstante, ser preciso en el alcance de lo que se promete: la revisión sistemática de metaanálisis sobre jengibre reporta efectos antioxidantes y antiinflamatorios con dosis diarias de entre uno y tres gramos (Paudel et al., 2025), cantidades que una bebida de consumo ocasional no alcanza. Este trabajo, por tanto, no formula una declaración de propiedades saludables. Propone una bebida elaborada con extractos vegetales y sin azúcar añadido, lo cual es una afirmación defendible y verificable.

Desde lo económico y territorial, la transformación local de jamaica, guayusa y jengibre en un producto terminado desplaza valor hacia el eslabón agroindustrial y abre una vía de encadenamiento con productores amazónicos y de la región subtropical. Ese argumento sólo se sostiene si el producto es rentable, razón por la cual el análisis de costos y el cálculo del punto de equilibrio se incorporan como objetivo específico.

Desde lo metodológico, el estudio adopta una lógica ya validada en el desarrollo de bebidas funcionales de alto contenido antioxidante, donde la combinación de jugos y extractos vegetales entre ellos jengibre e hibisco se optimiza en función de respuestas fisicoquímicas y sensoriales simultáneas (Sahraee et al., 2022). Replicar ese enfoque con materias primas ecuatorianas y bajo la normativa nacional aporta un antecedente utilizable por futuros trabajos de titulación de la carrera.

Desde lo institucional, la investigación se inscribe en las líneas de la Tecnología Superior en Procesamiento de Alimentos del ITSEP y moviliza competencias centrales del perfil de egreso: formulación de productos, control de procesos térmicos, evaluación sensorial, análisis fisicoquímico y costeo.

1.5. HIPÓTESIS

Hipótesis nula (H_0): el cambio en la concentración de Ilex guayusa entre los tres niveles evaluados (2 %, 3 % y 4 %) no produce diferencias estadísticamente significativas en las características sensoriales (color, olor y sabor) de la bebida.

Hipótesis de investigación (H_1): el cambio en la concentración de Ilex guayusa entre los tres niveles evaluados (2 %, 3 % y 4 %) produce diferencias estadísticamente significativas en las características sensoriales (color, olor y sabor) de la bebida.

1.6. COBERTURA

Cobertura temática. La investigación se circunscribe al desarrollo y evaluación de una bebida no carbonatada a base de extractos vegetales, e integra las áreas de tecnología de bebidas, calidad del agua de proceso, uso de edulcorantes no calóricos, evaluación sensorial afectiva y costeo de producción. Quedan fuera del alcance la determinación de fenoles totales y de capacidad antioxidante, la cuantificación de compuestos por cromatografía, los análisis microbiológicos, los ensayos de biodisponibilidad in vivo y los estudios clínicos de eficacia.

Cobertura espacial. La elaboración de las formulaciones, la caracterización fisicoquímica y el panel sensorial se ejecutan en los laboratorios y talleres del Instituto Tecnológico Superior Ecuatoriano de Productividad, en la ciudad de Quito.

Cobertura temporal. El proyecto se desarrolla entre enero y agosto de 2026, período que comprende la revisión bibliográfica, la fase experimental, la evaluación sensorial, el seguimiento de treinta días de almacenamiento y la redacción del informe final.

Limitaciones declaradas. El trabajo se plantea como caso de estudio con un panel de 20 panelistas semientrenados residentes en Quito, de modo que los resultados no son extrapolables sin reservas a otras poblaciones y la potencia permite detectar diferencias

moderadas a grandes pero no pequeñas. Se emplea una escala hedónica de cinco puntos, más sencilla de manejar por panelistas semientrenados pero de menor resolución que la de nueve. No se determinaron fenoles totales, capacidad antioxidante ni turbidez del producto terminado, de modo que no se formulan afirmaciones cuantitativas sobre esos atributos. El estudio de estabilidad se limita a treinta días y no constituye una determinación formal de vida útil. Una limitación adicional fue la no realización de análisis microbiológicos debido a restricciones de tiempo y recursos; en consecuencia, los resultados de esta investigación se circunscriben a los parámetros fisicoquímicos y sensoriales determinados experimentalmente, sin establecer conclusiones sobre la calidad microbiológica ni la vida útil microbiológica del producto. No se cuantifica la cafeína por cromatografía: su aporte se estima a partir del contenido declarado de la hoja y del rendimiento de extracción.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS DEL PRODUCTO

2.1.1. La bebida como categoría tecnológica

La bebida no nació en un laboratorio ni en una norma técnica. Nació de una limitación: la fruta madura es perecedera y su temporada es corta. Antes de la refrigeración doméstica, conservar el sabor de una fruta implicaba concentrarla, acidificarla o fermentarla, y ninguna de esas tres rutas devolvía al consumidor algo parecido al producto original. La pulpa diluida y azucarada apareció como una solución de compromiso: se sacrificaba parte del carácter de la fruta a cambio de un producto estable, transportable y asequible.

El salto industrial vino con la comprensión de dos variables que hoy resultan evidentes y que en su momento no lo eran: el pH y la temperatura. Cuando se estableció que los alimentos con pH inferior a 4,5 no permiten el desarrollo de *Clostridium botulinum*, la categoría de las bebidas de fruta quedó liberada de la esterilización comercial severa y pudo tratarse con pasteurizaciones suaves. Esa distinción alimento ácido frente a alimento de baja acidez es la que sostiene todavía hoy el diseño térmico de una bebida. No es un detalle histórico ornamental: es la razón por la cual el producto que se desarrolla en esta investigación puede pasteurizarse a 85 °C y no requiere autoclave.

Durante décadas, la competencia dentro de la categoría se libró en el terreno del dulzor y del precio. La reformulación por razones sanitarias es reciente y responde a una presión doble: la evidencia acumulada sobre el efecto del consumo habitual de bebidas azucaradas en el peso corporal y en el riesgo cardiometabólico, y las acciones regulatorias que esa evidencia detonó

en distintos países (Malik y Hu, 2022). El concepto de alimento funcional producto que, además de nutrir, ejerce un efecto fisiológico demostrable se formalizó en Japón hacia finales de la década de 1980 con el sistema FOSHU y se difundió después a los mercados occidentales.

Las bebidas fueron el vehículo natural de esa idea. Son de consumo frecuente, admiten la incorporación de ingredientes hidrosolubles y permiten una comunicación sencilla del beneficio en la etiqueta. Hoy constituyen una de las áreas centrales de investigación y desarrollo dentro de los alimentos funcionales, con una tendencia clara hacia formatos que resuelvan las limitaciones de vida útil, almacenamiento y transporte propias de las bebidas listas para beber (Kaur et al., 2024).

2.1.2. Hibiscus sabdariffa: la flor que viajó con las rutas atlánticas

El origen geográfico de la jamaica es objeto de una discusión que sigue abierta y que vale la pena presentar como tal, en lugar de zanjarla artificialmente. Una línea de evidencia sostiene que la especie fue domesticada por poblaciones del Sudán occidental africano en algún momento anterior al año 4000 a. C., mientras que otras fuentes ubican su distribución nativa en la India o en la península arábiga; la incertidumbre persiste y la propia literatura de revisión la reconoce (Da-Costa-Rocha et al., 2014). Un trabajo posterior asume la hipótesis asiática y describe un traslado temprano hacia África (Riaz y Chopra, 2018). No hay consenso, y la discrepancia importa menos por el dato en sí que por lo que revela: se trata de una planta cuya dispersión antecede a los registros agronómicos formales.

Lo que sí está establecido es el patrón de uso. El cáliz carnosos no la flor, aunque el lenguaje comercial insista en llamarlo así se emplea desde hace siglos para preparar bebidas frías y calientes en regiones muy distantes entre sí. En Sudán y Nigeria se prepara hirviendo los cálices con azúcar, y el resultado se conoce como karkadé o zoborodo; en Egipto se elaboran

infusiones y bebidas fermentadas; en México, la misma preparación se llama agua de jamaica (Da-Costa-Rocha et al., 2014). La convergencia es notable: cuatro culturas sin contacto directo llegaron a la misma solución tecnológica, es decir, extraer en agua caliente y compensar la acidez con azúcar. Esa convergencia no es folclore. Es evidencia empírica acumulada de que el cáliz cede sus compuestos al agua con facilidad y de que su acidez requiere corrección para resultar agradable.

En paralelo al uso alimentario corrió el uso medicinal. La accesibilidad y el bajo costo de la planta explican buena parte de su presencia en la medicina tradicional de distintas etnias, donde se ha empleado frente a trastornos intestinales, molestias estomacales y afecciones hepáticas (Mohd Suhaili y Manshoor, 2022). El interés científico contemporáneo no inventó la funcionalidad de la jamaica; llegó tarde a documentar algo que el uso popular ya había seleccionado. En Ecuador, la jamaica se cultiva en zonas cálidas del litoral y se comercializa mayoritariamente en forma de cáliz seco para infusión doméstica.

2.1.3. Ilex guayusa: de la ronda del amanecer al anaquel internacional

De las tres matrices de este estudio, la guayusa es la única cuyo antecedente histórico es también un antecedente cultural vivo dentro del territorio nacional. Es una especie distribuida principalmente en la Amazonía ecuatoriana, con presencia en sectores vecinos de Colombia y Perú, domesticada y cultivada en huertos familiares (Noriega et al., 2025). Se consume desde hace miles de años entre los pueblos de la alta Amazonía y hoy sigue formando parte de los huertos de pueblos ancestrales y de colonos mestizos.

El rasgo que distingue a la guayusa de otras plantas estimulantes es la estructura social de su consumo. La preparación de la infusión se realiza de madrugada y se organiza como práctica de convivencia: mientras se bebe, los participantes relatan historias, interpretan sueños,

danzan, oran y ejecutan rituales; para estos pueblos se trata de una planta sagrada, asociada con la fuerza física y espiritual, la firmeza para tomar decisiones y la vitalidad (Noriega et al., 2025). El segmento de la planta que se aprovecha es la hoja, por la concentración de metabolitos secundarios, y se comercializa tradicionalmente en atados sujetos con hilo, en forma de collar, tras un secado a temperatura ambiente.

Ese detalle del secado a temperatura ambiente merece una lectura tecnológica. Durante siglos, el procesamiento de la guayusa fue el mínimo posible, y esa mínima intervención resultó adecuada. La investigación moderna confirmó por qué: el tipo de tratamiento industrial modifica de manera sustancial la composición de compuestos bioactivos y la capacidad antioxidante de la hoja, de modo que el escaldado conserva el perfil fenólico y buena parte de los carotenoides, mientras que la fermentación reduce ambos y produce la menor capacidad antioxidante entre los procesos evaluados (García-Ruiz et al., 2017). El conocimiento ancestral y el resultado analítico apuntan en la misma dirección: cuanto menos se agrede la hoja, más conserva.

La transición de la guayusa hacia el mercado internacional ocurrió apenas en las dos últimas décadas. La investigación científica, en cambio, va muy por detrás del comercio. Un análisis bibliométrico sobre Web of Science y Scopus encontró que el volumen total de estudios publicados sobre la especie es reducido del orden de sesenta artículos y señaló que su potencial para alimentos funcionales y nutraceuticos permanece en buena medida sin explorar (Ochoa-Ocampo et al., 2025). Un producto como el que aquí se propone se inscribe justamente en ese vacío.

2.1.4. *Zingiber officinale*: la especia que también es tecnología sensorial

El jengibre acompaña a las rutas comerciales entre Asia y Europa desde la Antigüedad, y su presencia simultánea en la cocina y en la farmacopea de múltiples culturas explica que su

estudio contemporáneo se haya organizado alrededor de sus compuestos característicos. La literatura de revisión atribuye sus funcionalidades a constituyentes específicos 6-gingerol, 8-gingerol, 10-gingerol, 6-shogaol y la oleorresina, entre otros, establecidos a partir de estudios in vitro, in vivo y en líneas celulares, con especial énfasis en sus propiedades antioxidantes y en sus posibles aplicaciones alimentarias (Shaukat et al., 2023).

Ahora bien, el papel del jengibre en esta formulación no es únicamente el de aportar bioactivos. Es, sobre todo, el de un modulador sensorial. Su pungencia y su nota cítrico-terrosa poseen una capacidad de enmascaramiento que la industria de bebidas ha explotado durante décadas para atenuar amargores y astringencias ajenas. Esa función, que rara vez aparece en las revisiones farmacológicas, resulta central cuando se trabaja con guayusa, cuyo perfil fenólico aporta astringencia. Conviene, no obstante, ser prudente con las expectativas fisiológicas: las dosis empleadas en los metaanálisis con efectos antioxidantes y antiinflamatorios se sitúan entre uno y tres gramos diarios (Paudel et al., 2025). Ninguna bebida de consumo ocasional alcanza ese umbral.

2.1.5. El mercado actual de bebidas funcionales

La categoría creció al ritmo de una conciencia sanitaria más extendida y de un cambio en los hábitos alimentarios, hasta convertirse en uno de los núcleos de innovación dentro de los alimentos funcionales; el propio desarrollo del segmento ha empujado la investigación hacia formatos en polvo y mezclas instantáneas reconstituibles, precisamente por las limitaciones de vida útil, almacenamiento y transporte del formato listo para beber (Kaur et al., 2024). En América Latina, el impulso adicional provino de la regulación: el etiquetado frontal de advertencia y los impuestos selectivos a bebidas azucaradas modificaron el cálculo comercial de las empresas (Malik y Hu, 2022). En Ecuador, ese espacio está ocupado sobre todo por

reformulaciones de marcas existentes y por importaciones de nicho; la oferta de bebidas funcionales elaboradas con materia prima nacional transformada localmente es escasa.

2.1.6. Síntesis crítica del recorrido histórico

Tabla 1

Síntesis cronológica y de uso tradicional de las tres matrices vegetales del estudio

Matriz	Origen documentado	Uso tradicional predominante	Aporte esperado	Restricción tecnológica
Hibiscus sabdariffa	Sudán occidental, antes de 4000 a. C. (origen asiático en discusión)	Bebidas frías y calientes; medicina popular	Color, acidez, antocianinas	Inestabilidad del pigmento frente a temperatura y luz
Ilex guayusa	Alta Amazonía ecuatoriana, consumo milenario	Infusión ritual matutina; estimulante	Polifenoles, ácidos clorogénicos, metilxantinas	Astringencia; sensibilidad al procesamiento
Zingiber officinale	Asia; difusión por rutas de especias	Condimento y remedio digestivo	Gingeroles; enmascaramiento sensorial	Pungencia excesiva en sobredosificación

Nota. Elaboración propia (2026) a partir de Da-Costa-Rocha et al. (2014), Noriega et al. (2025), Tian et al. (2025) y Shaukat et al. (2023).

Del recorrido anterior se desprenden tres observaciones que orientan el resto del marco teórico. La primera es que las tres matrices comparten una historia de uso en forma de infusión acuosa; ninguna se consumió tradicionalmente en un vehículo graso, alcohólico o lácteo de manera predominante, lo que valida la elección del agua como solvente de extracción. La segunda es que la convergencia de las tres es reciente y de origen comercial, no cultural: no existe una proporción heredada que sirva de referencia, de modo que las formulaciones deben construirse experimentalmente y validarse con panel. La tercera es que el desequilibrio entre uso y evidencia es marcado y desigual entre especies: el jengibre acumula miles de estudios; la jamaica, varios cientos; la guayusa, apenas unas decenas (Ochoa-Ocampo et al., 2025). Reconocerlo define con precisión hasta dónde puede llegar la interpretación de los resultados.

2.2. INVESTIGACIONES PREVIAS

2.2.1. Extracción y estabilidad del pigmento de Hibiscus sabdariffa

Si se ordenan cronológicamente los trabajos sobre extracción de antocianinas de jamaica, aparece un patrón que conviene señalar: la investigación pasó de preguntarse cuánto se extrae a preguntarse cuánto sobrevive. Ese desplazamiento interesa a una bebida, porque un extracto espectacular en el día cero que pierde la mitad de su color en dos semanas no sirve como base de producto.

Pinela et al. (2019) compararon extracción asistida por calor y por ultrasonido mediante un diseño experimental de cinco niveles analizado por metodología de superficie de respuesta, usando como criterios de respuesta los niveles de delfinidina-3-O-sambubiósido y cianidina-3-O-sambubiósido monitoreados por LC-DAD-ESI/MSn. El ultrasonido resultó superior, con recuperación máxima empleando una proporción de etanol cercana al 39 % durante unos 26 minutos de exposición. El dato es útil como referencia analítica, pero no es trasladable sin más a una planta piloto: el etanol como cosolvente encarece el proceso y obliga a una etapa de eliminación de solvente que una bebida de consumo directo difícilmente justifica.

Escobar-Ortiz et al. (2021) llegaron a una conclusión más práctica desde la producción. Al evaluar temperatura (35 y 75 °C), tiempo (15 y 60 minutos), tipo de ácido (acético y cítrico), porcentaje de ácido (0,5 y 2,0 %) y relación agua:etanol, ninguna de esas variables afectó el rendimiento de antocianinas; solo la relación sólido:solvente tuvo efecto. En otras palabras, la variable que gobierna el rendimiento es la más barata de controlar. Los autores identificaron además los compuestos fenólicos asociados a la estabilidad del color, confirmando que la copigmentación es un mecanismo aprovechable.

Dos Santos Martins et al. (2023) aportaron el matiz mecánico: la turbulización ultrasónica durante veinte minutos combinada con agua acidificada fue significativamente más eficaz, con los contenidos de antocianinas más altos (8,73 y 9,63 mg/100 g) y mayor actividad antioxidante (6,66 y 6,78 μ M trolox/g). Aquí el solvente es agua acidificada, no hidroalcohólica, lo cual sí es replicable en una línea de bebidas. El marco explicativo lo ofrece la revisión de Enaru et al. (2021) sobre los factores que afectan la estabilidad y la degradación de las antocianinas, que sistematiza el papel del pH, la temperatura, la luz, el oxígeno y las interacciones con otros componentes de la matriz. Ese último punto es exactamente el terreno donde se juega la presente investigación.

2.2.2. La jamaica dentro de bebidas formuladas

Pasar del extracto a la bebida introduce variables que la literatura de extracción ignora: aceptabilidad, costo y comportamiento durante el almacenamiento. Ogundele et al. (2016) formularon mezclas de jugos de piña y naranja, zanahoria y extracto de *H. sabdariffa* buscando la combinación de propiedades antioxidantes óptimas, y establecieron que el efecto de mezclar dos o más de estos componentes no es una simple suma. Abidoye et al. (2022) evaluaron la adición de hojas de albahaca dulce a una bebida de cálices de jamaica, midiendo propiedades químicas, antioxidantes y estabilidad durante el almacenamiento: la lógica de incorporar una segunda matriz vegetal para modificar el comportamiento de la primera es la que aquí se ensaya con dos matrices adicionales.

Sayed Mostafa (2023) atacó un problema distinto y muy pertinente: la astringencia. Mediante un diseño D-óptimo y la acción catalítica de una nueva tanasa, optimizó las condiciones de preparación para obtener una infusión de jamaica de bajo contenido de taninos. El trabajo demuestra que la astringencia es una variable manipulable, aunque la vía enzimática

resulte inviable para un instituto tecnológico sin acceso a preparados enzimáticos especializados. Salinas-Moreno et al. (2024) desarrollaron una bebida nutracéutica a partir de cálices de jamaica con diferente pigmentación, aportando un antecedente latinoamericano directamente comparable. Y Homayouni Rad et al. (2022), aunque trabajaron sobre helado, ofrecen el modelo metodológico más cercano a esta tesis: evaluaron el efecto de extractos de *H. sabdariffa* y *Camellia sinensis* sobre las propiedades microbianas, antioxidantes y sensoriales del producto, es decir, las tres dimensiones que aquí se integran.

2.2.3. Ilex guayusa: composición, procesamiento y extracción

La literatura sobre guayusa es escasa pero notablemente consistente. García-Ruiz et al. (2017), desde la Escuela Politécnica Nacional de Quito, identificaron y cuantificaron catorce compuestos fenólicos, con ácido clorogénico y quercetina-3-O-hexósido como representantes mayoritarios de ácidos hidroxycinámicos y flavonoles, y cinco carotenoides, con la luteína en mayor concentración. El hallazgo decisivo para el diseño de procesos fue el efecto diferencial del tratamiento industrial: el escaldado conservó el perfil fenólico y la capacidad antioxidante de la hoja verde sin tratar, mientras que la fermentación produjo los valores más bajos. La conclusión de los autores que la hoja escaldada tiene potencial como ingrediente funcional en la industria alimentaria es, en rigor, el punto de partida de esta tesis.

Kelebek et al. (2024) desplazaron el foco desde la hoja hacia la infusión, que es como el consumidor realmente accede a los compuestos. Mediante cromatografía líquida con detección de arreglo de diodos y espectrometría de masas en tándem, evaluaron el efecto de los parámetros de infusión y de la digestión in vitro sobre el perfil fenólico y la capacidad antioxidante. Este trabajo aporta los criterios operativos que se adoptan en el protocolo de extracción del Capítulo III. Pardau et al. (2017) compararon preparaciones de té de guayusa frente a tés de *Camellia*

sinensis en términos de propiedades antioxidantes y antiinflamatorias, situando a la especie amazónica dentro de un marco de referencia conocido por la industria. Y Ochoa-Ocampo et al. (2025) cuantificaron el estado del campo: un volumen total de estudios cercano a sesenta, mayoritariamente in vitro, con el potencial para alimentos funcionales aún sin explorar.

2.2.4. Jengibre en bebidas: aporte funcional y función sensorial

Widayat et al. (2018) trabajaron con bebidas a base de jengibre rojo bajo un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3×3 , combinando la relación extracto:agua (1:1, 1:2 y 1:3) con el tipo de azúcar empleado, y encontraron que la mayor actividad antioxidante correspondió a la relación 1:3. El resultado es contraintuitivo más dilución, más antioxidante y probablemente refleja fenómenos de extracción y de interferencia del azúcar en el ensayo más que un efecto real de concentración; señalarlo es pertinente, porque advierte sobre la necesidad de controlar los sólidos solubles al comparar capacidad antioxidante entre tratamientos. Shaukat et al. (2023) revisaron de manera exhaustiva los bioactivos del jengibre y sus aplicaciones alimentarias potenciales, y Paudel et al. (2025) delimitaron el alcance clínico. Ambos trabajos sostienen la incorporación del jengibre y simultáneamente impiden sobrevender su efecto en una porción de bebida.

2.2.5. Diseños de mezclas y el problema de la no aditividad

El antecedente metodológicamente más próximo es el de Sahraee et al. (2022), quienes aplicaron metodología de diseño de mezclas para desarrollar bebidas funcionales de alta capacidad antioxidante combinando tres jugos de fruta roja con tres extractos vegetales, entre ellos jengibre e hibisco. El análisis organoléptico se usó para identificar la mezcla de jugos más aceptable, y sobre ella se determinaron fenoles totales, porcentaje de inhibición de DPPH, antocianinas, flavonoides y vitamina C. La secuencia lógica primero optimizar la base sensorial,

después caracterizar la funcionalidad es la misma que estructura el presente trabajo. Galvan et al. (2021), en una revisión sistemática con metaanálisis sobre aplicaciones recientes de diseños de mezclas en bebidas, alimentos y salud farmacéutica, documentan la difusión de este enfoque como herramienta de calidad para el desarrollo y la formulación de productos nuevos.

2.2.6. Matriz de sistematización del estado del arte

Tabla 2

Sistematización de las investigaciones previas relevantes (2016–2025)

Autores y año	Matriz / tema	Diseño o método	Hallazgo principal	DOI
Ogundele et al. (2016)	Hibisco + jugos	Formulación de mezclas	El efecto antioxidante de las mezclas no es aditivo	10.1002/fsn3.331
García-Ruiz et al. (2017)	Guayusa	HPLC, DPPH, ORAC	El escaldado conserva bioactivos; la fermentación los reduce	10.1002/jsfa.8255
Pardau et al. (2017)	Guayusa vs. C. sinensis	Ensayos antioxidantes	Perfil competitivo frente a tés convencionales	10.1039/C7FO01067B
Widayat et al. (2018)	Jengibre rojo	DCA factorial 3 × 3	Mayor actividad antioxidante en relación 1:3	10.1088/1755-1315/102/1/012025
Pinela et al. (2019)	Hibisco	RSM, LC-DAD-ESI/MSn	El ultrasonido supera a la extracción por calor	10.1016/j.foodchem.2018.09.118
Enaru et al. (2021)	Antocianinas	Revisión	Sistematiza factores de degradación del pigmento	10.3390/antiox10121967
Galvan et al. (2021)	Diseños de mezclas	Revisión sistemática	Consolidación del DoE en desarrollo de bebidas	10.3390/foods10081941
Escobar-Ortiz et al. (2021)	Hibisco	Diseño factorial de extracción	Solo la relación sólido:solvente afecta el rendimiento	10.1002/jsfa.10620
Abidoye et al. (2022)	Hibisco + albahaca	Almacenamiento	Una segunda matriz modifica la estabilidad de la primera	10.1016/j.foodchem.2021.131170
Homayouni Rad et al. (2022)	Hibisco + té	Microbiología y sensorial	Integra las tres dimensiones de evaluación	10.1007/s13197-021-05068-7
Sahraee et al. (2022)	Bebida con jengibre e hibisco	Diseño de mezclas	Optimiza primero la base sensorial	10.1002/fsn3.2834
Dos Santos Martins et al. (2023)	Hibisco	Extracción ultrasónica	Agua acidificada + 20 min maximiza antocianinas	10.1007/s11130-023-01067-5
Sayed Mostafa (2023)	Infusión de hibisco	Diseño D-óptimo + tanasa	La astringencia es una variable manipulable	10.1016/j.fochx.2023.100562
Shaukat et al. (2023)	Jengibre	Revisión	Base para su uso como ingrediente funcional	10.3390/antiox12112015
Kelebek et al. (2024)	Guayusa	LC-DAD-ESI-MS/MS	Los parámetros de infusión determinan el perfil fenólico	10.3390/foods13050694
Salinas-Moreno et al. (2024)	Bebida de jamaica	Formulación comparativa	Antecedente latinoamericano de bebida nutracéutica	10.29312/remexa.v15i6.3254
Ochoa-Ocampo et al. (2025)	Guayusa	Bibliometría	Campo incipiente; potencial funcional inexplorado	10.1016/j.focha.2025.100958
Paudel et al. (2025)	Jengibre	Revisión de metaanálisis	Efectos con dosis de 1–3 g diarios	10.3389/fphar.2025.1619655

Nota. Elaboración propia (2026).

2.2.7. Lectura crítica transversal

Convergencias. Tres hallazgos se repiten con independencia del grupo de investigación y del país. El primero es que el procesamiento térmico severo perjudica sistemáticamente el contenido de bioactivos, sea en hoja de guayusa (García-Ruiz et al., 2017) o en cáliz de jamaica (Enaru et al., 2021). El segundo es que las mezclas de matrices vegetales no se comportan de manera aditiva (Ogundele et al., 2016; Sahraee et al., 2022). El tercero es que la aceptabilidad sensorial actúa como filtro previo y no como confirmación posterior: los trabajos que optimizaron primero la funcionalidad y después midieron el agrado obtuvieron productos técnicamente correctos y comercialmente débiles.

Contradicciones metodológicas. La comparación entre estudios está severamente limitada por la heterogeneidad de los ensayos. Unos reportan DPPH, otros ABTS, otros FRAP u ORAC, y las unidades varían entre miligramos equivalentes de ácido gálico, micromoles de trolox y porcentajes de inhibición. Widayat et al. (2018) ilustran el riesgo asociado: un resultado de mayor capacidad antioxidante a mayor dilución solo es interpretable si se controla la interferencia de los azúcares en el ensayo. Por esa razón, y porque en este trabajo no se determinó la capacidad antioxidante, no se plantean comparaciones numéricas con esos estudios.

El vacío. Ningún trabajo publicado combina las tres matrices de este estudio. Existen antecedentes de hibisco con jengibre, de hibisco con otras hojas, de hibisco con té y de guayusa sola en infusión, pero la integración simultánea de un pigmento antociánico ácido, una hoja fenólica astringente y un rizoma pungente en una bebida pasteurizada, evaluada con panel afectivo, caracterización fisicoquímica frente a la norma nacional y costeo, carece de precedente documentado. Ese vacío específico es lo que da sentido a los capítulos siguientes.

2.3. MARCO CONCEPTUAL

2.3.1. Bebidas no carbonatadas a base de extractos vegetales

Una bebida no carbonatada a base de extractos vegetales es un producto listo para beber elaborado con agua y con infusiones o extractos de partes de plantas, al que pueden añadirse edulcorantes, acidulantes y conservantes; en Ecuador se encuadra en la NTE INEN 2304. Buena parte de la oferta de esta categoría se comercializa como bebida funcional, es decir, como un producto que, además de hidratar, ejercería un efecto fisiológico demostrable (Kaur et al., 2024). La definición parece sencilla y no lo es: el punto conflictivo está en el verbo demostrar. Una bebida que contiene polifenoles no es funcional por contenerlos; lo sería si se demostrara que su consumo en las cantidades habituales produce un cambio medible. Por esa razón este trabajo no atribuye a la bebida desarrollada un efecto funcional, que no fue evaluado, y la describe por su composición y por sus características fisicoquímicas y sensoriales.

2.3.2. Compuestos fenólicos y estabilidad de las antocianinas

Los compuestos fenólicos comparten un rasgo estructural, al menos un anillo aromático con uno o más grupos hidroxilo, y se agrupan en ácidos fenólicos, flavonoides (entre ellos flavonoles, flavanoles y antocianinas), estilbenos, lignanos y taninos. En esta formulación interesan por dos razones tecnológicas: las antocianinas de la jamaica son responsables del color, y los taninos y ácidos fenólicos de la guayusa, de la astringencia.

En el caso concreto de las antocianinas, la estabilidad depende del pH, la temperatura, la luz, el oxígeno y las interacciones con otros componentes de la matriz (Enaru et al., 2021). A pH ácido predomina el catión flavilio, de color rojo intenso; conforme el pH asciende, se producen formas pseudobase incoloras y bases quinoidales azuladas. Una bebida de jamaica es,

por tanto, un sistema donde el color es simultáneamente un atributo sensorial y un indicador indirecto de estabilidad química.

2.3.3. Caracterización fitoquímica de las materias primas

Hibiscus sabdariffa L. Familia Malvaceae. Arbusto anual cuyo órgano de interés es el cáliz carnosos, no la corola. Su perfil incluye ácidos fenólicos con el protocatéquico como representante destacado, ácidos orgánicos (hidroxicítrico y hibísico) y antocianinas, entre las cuales la delfinidina-3-sambubiósido y la cianidina-3-sambubiósido son las mayoritarias; el contenido de antocianinas puede alcanzar entre 1,5 % y 2,5 % del peso seco según la variedad (Da-Costa-Rocha et al., 2014).

Ilex guayusa Loes. Familia Aquifoliaceae. Árbol perenne cuyas hojas concentran los metabolitos de interés. Se han identificado y cuantificado catorce compuestos fenólicos, con el ácido clorogénico y la quercetina-3-O-hexósido como representantes mayoritarios, junto con cinco carotenoides encabezados por la luteína (García-Ruiz et al., 2017). Los metabolitos más relevantes de la especie corresponden a alcaloides xantínicos, terpenos y compuestos fenólicos (Noriega et al., 2025).

Zingiber officinale Roscoe. Familia Zingiberaceae. Rizoma cuyos constituyentes característicos son 6-, 8- y 10-gingerol, 6-shogaol y la oleorresina, con actividad antioxidante establecida en estudios in vitro, in vivo y en líneas celulares (Shaukat et al., 2023). Los gingeroles se transforman en shogaoles por deshidratación durante el tratamiento térmico, lo que modifica tanto el perfil sensorial como el antioxidante: la pasteurización no deja al jengibre igual que como entró.

Tabla 3*Perfil fitoquímico y funcional de las tres matrices*

Matriz	Órgano usado	Compuestos característicos	Aporte tecnológico	Riesgo formulatorio
H. sabdariffa	Cáliz	Delfinidina-3-sambubiósido, cianidina-3-sambubiósido, ácido protocatéquico	Color rojo, acidez natural, antioxidantes	Degradación del pigmento por calor y luz
I. guayusa	Hoja	Ácido clorogénico, quercetina-3-O-hexósido, luteína, cafeína	Polifenoles, cafeína	Astringencia; declaración de cafeína
Z. officinale	Rizoma	6-gingerol, 6-shogaol, oleoresina	Enmascaramiento sensorial, antioxidantes	Pungencia excesiva

Nota. Elaboración propia (2026) a partir de las fuentes citadas en 2.3.3.

La jamaica merece un desarrollo más detenido porque es la matriz que define el color, la acidez y buena parte de la capacidad antioxidante del producto. Conviene aclarar de entrada un error frecuente en la literatura divulgativa: el pigmento rojo del cáliz no corresponde a betalaínas, sino a antocianinas. Las betalaínas son pigmentos nitrogenados restringidos al orden Caryophyllales remolacha, pitahaya, amaranto y son mutuamente excluyentes con las antocianinas, de modo que ninguna especie produce ambos grupos. En *H. sabdariffa* el color procede de antocianinas del tipo delfinidina-3-sambubiósido y cianidina-3-sambubiósido, que pueden representar entre 1,5 % y 2,5 % del peso seco del cáliz según la variedad y las condiciones de cultivo (Da-Costa-Rocha et al., 2014).

Junto a las antocianinas, el cáliz aporta flavonoides principalmente flavonoles como quercetina y miricetina y sus glicósidos, ácidos fenólicos encabezados por el protocatéquico, y ácidos orgánicos como el hidroxycítrico y el hibíscico, responsables de la acidez característica. Esa combinación explica por qué la intensidad del color funciona como indicador indirecto del contenido de antioxidantes: el catión flavilio que da el tono rojo intenso a pH ácido es, al mismo tiempo, la forma estructural con mayor capacidad de ceder hidrógenos a los radicales libres. Un cáliz pálido o pardeado no solo es menos atractivo, es también menos activo.

Desde el punto de vista agronómico, *H. sabdariffa* es una especie anual de ciclo corto que se adapta a climas cálidos con estación seca definida. En Ecuador se cultiva principalmente en zonas cálidas del litoral Manabí, Santa Elena, Guayas, Los Ríos y El Oro y en valles secos del sur, con presencia en Loja. El ciclo desde la siembra hasta el inicio de cosecha se sitúa entre cinco y siete meses; la floración es escalonada, de modo que la recolección de cálices se realiza de forma manual y repetida cada ocho a diez días durante varias semanas. El cáliz se cosecha cuando alcanza su máximo desarrollo y color pero antes de que la cápsula seminal endurezca, porque a partir de ese punto el contenido de antocianinas desciende y la fibra aumenta. Tras la cosecha se despitona se separa la cápsula seminal y se seca hasta una humedad no mayor al 12 %.

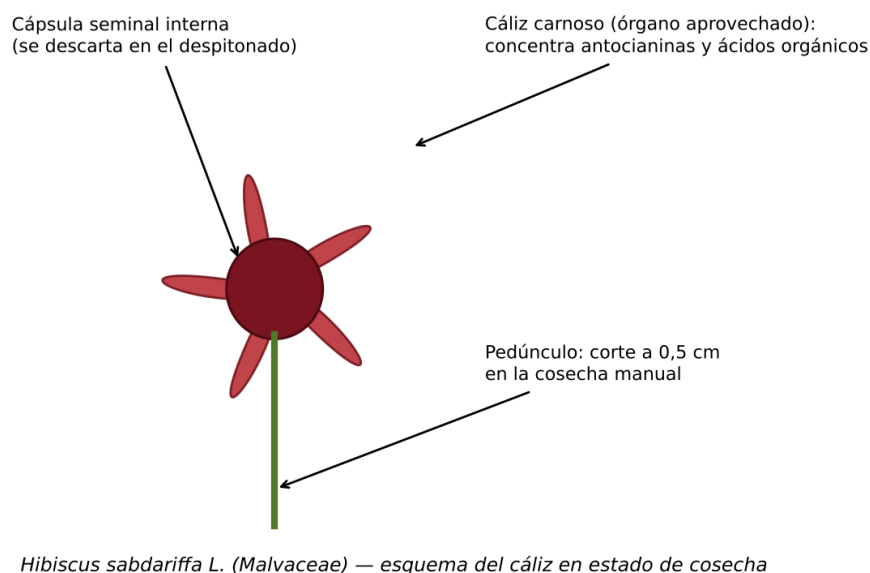


Figura 1. Esquema del cáliz de *Hibiscus sabdariffa* en estado de cosecha, con indicación del órgano aprovechado y del punto de corte. El registro fotográfico de la materia prima empleada se presenta en el Anexo 6. *Fuente: Elaboración propia (2026).*

Tabla 4*Ficha agronómica y fitoquímica de la flor de jamaica*

Aspecto	Descripción
Nombre científico	Hibiscus sabdariffa L.
Familia	Malvaceae
Nombres comunes	Flor de jamaica, rosa de jamaica, karkadé, roselle, agrio de Guinea
Órgano aprovechado	Cáliz carnosos (no la corola)
Zonas de cultivo en Ecuador	Manabí, Santa Elena, Guayas, Los Ríos, El Oro y valles secos de Loja
Requerimientos	Clima cálido (22–32 °C), estación seca definida, suelos francos con buen drenaje
Ciclo del cultivo	5 a 7 meses de la siembra al inicio de cosecha; floración escalonada
Cosecha	Manual, cada 8–10 días durante varias semanas; cáliz desarrollado antes del endurecimiento de la cápsula
Poscosecha	Despitonado, secado a humedad ≤ 12 %, almacenamiento sin luz
Compuestos de interés	Antocianinas (1,5–2,5 % del peso seco), flavonoles, ácido protocatéquico, ácidos hidroxycítricos e hibiscico
Aporte al producto	Color rojo rubí, acidez natural, capacidad antioxidante

Nota. Elaboración propia (2026) a partir de Da-Costa-Rocha et al. (2014) y Mohd Suhaili y Manshoor (2022). Las zonas de cultivo deben confirmarse con las cifras oficiales del MAG antes de la impresión final.

El jengibre, por su parte, aporta a esta formulación sobre todo una función sensorial. Sus gingeroles y shogaoles son responsables de la pungencia característica del rizoma (Shaukat et al., 2023), y su capacidad de enmascaramiento resulta relevante en este producto para atenuar la astringencia de la guayusa. Los efectos fisiológicos descritos en la literatura corresponden a dosis diarias de uno a tres gramos (Paudel et al., 2025) y no fueron objeto de este estudio.

2.3.4. Fundamentos de la extracción acuosa

La extracción sólido-líquido se rige por la difusión del soluto desde el interior de la matriz vegetal hacia el solvente, y sus variables de control son la temperatura, el tiempo de contacto, la granulometría del material y la relación sólido:solvente. La evidencia disponible sugiere que, en el caso de la jamaica, esta última variable es la determinante del rendimiento de antocianinas (Escobar-Ortiz et al., 2021), mientras que la acidificación del medio acuoso combinada con agitación ultrasónica incrementa tanto el contenido de antocianinas como la

actividad antioxidante recuperada (Dos Santos Martins et al., 2023). Para la guayusa, los parámetros de infusión determinan el perfil fenólico resultante (Kelebek et al., 2024), y el tratamiento previo de la hoja condiciona lo que hay disponible para extraer (García-Ruiz et al., 2017). Ambas matrices exigen protocolos distintos, razón por la cual en esta investigación los extractos se obtienen por separado y se mezclan después.

2.3.5. Tecnología de la bebida: dilución, sólidos solubles y acidez

Una bebida de frutas se define por la presencia de fruta o extracto vegetal en una proporción menor que la del jugo puro, complementada con agua, edulcorantes y, opcionalmente, acidulantes y estabilizantes. Los sólidos solubles, medidos en grados Brix por refractometría, reflejan principalmente el contenido de azúcares; cuando el producto se edulcora con un edulcorante no calórico, los °Brix dejan de informar sobre el dulzor y pasan a medir únicamente los sólidos aportados por los extractos. La acidez titulable, expresada como ácido cítrico, mide la concentración de ácidos orgánicos disponibles para reaccionar con una base. El pH indica la concentración de iones hidronio libres y, a diferencia de la acidez titulable, no depende de la cantidad total de ácido sino de su grado de disociación. Confundir ambos es un error frecuente y consecuente: dos bebidas con idéntico pH pueden tener acideces titulables muy distintas y sabores incomparables. En un producto sin azúcar añadido, el equilibrio sensorial se gobierna por la relación entre el dulzor equivalente aportado por el edulcorante y la acidez titulable, y no por la clásica relación Brix/acidez.

El ácido cítrico cumple en esta formulación la función tecnológica de acidulante: reduce y estabiliza el pH, contribuye al perfil ácido del sabor y, al mantener el medio por debajo de pH 4,5, favorece la forma activa de los conservantes y la estabilidad del color de las antocianinas. Por ello se dosifica en la misma proporción, 0,5 % p/v, en los tres tratamientos.

2.3.6. Estabilidad física: control de la turbidez por doble filtrado

La hoja de guayusa es, entre las tres matrices, la que más aporta a este problema: su tejido foliar se fragmenta durante la infusión y libera partículas que atraviesan un tamiz de malla 100, junto con complejos entre polifenoles y proteínas que permanecen en suspensión coloidal. Existen dos caminos para controlarlo. Uno es enmascarar el defecto aumentando la viscosidad con hidrocoloides, de modo que las partículas queden suspendidas; el costo es sensorial, porque por encima de cierto umbral el consumidor percibe la bebida como espesa. El otro es retirar las partículas mediante una segunda etapa de filtración de menor abertura. Esta investigación adopta el segundo camino.

La diferencia entre ambas estrategias no es solo técnica sino de criterio: un estabilizante mantiene en suspensión lo que no debería estar allí, mientras que un filtro lo elimina. Para una bebida que se presenta como límpida y translúcida, la segunda opción es la coherente.

2.3.7. Conservación por barreras y tratamiento térmico

La conservación de una bebida se explica mejor como una combinación de obstáculos que como un único proceso letal. Las barreras disponibles son el pH bajo, el tratamiento térmico, la reducción de la actividad de agua por adición de azúcares, el envasado hermético y la refrigeración. El pH inferior a 4,5 impide el desarrollo de *Clostridium botulinum* y de la mayoría de las bacterias patógenas, lo que permite sustituir la esterilización comercial por una pasteurización. En la práctica industrial de bebidas de fruta, el proceso de llenado en caliente y retención sostiene el producto en el rango de 85 a 96 °C durante aproximadamente dos minutos, suficiente para destruir microorganismos no esporulados, con excepción de los mohos termorresistentes. El envasado en caliente aporta una barrera adicional: al cerrar el envase con

el producto por encima de 85 °C y voltearlo, se pasteuriza la superficie interna de la tapa y se genera un vacío parcial al enfriar.

2.3.8. Conservantes químicos en bebidas ácidas

El tratamiento térmico abate la carga microbiana presente en el momento del envasado, pero no protege frente a una contaminación posterior ni frente a la germinación de formas resistentes durante el almacenamiento. En bebidas de pH bajo, la práctica industrial habitual añade una barrera química mediante dos conservantes de acción complementaria.

El benzoato de sodio actúa principalmente sobre bacterias y, en menor medida, sobre levaduras. Su eficacia depende críticamente del pH, porque la forma activa es el ácido benzoico sin disociar: a pH 3,5 la proporción de ácido libre es elevada, mientras que por encima de pH 4,5 el compuesto pierde buena parte de su efecto. Esa dependencia explica por qué el ajuste del pH a 3,5 cumple en esta formulación una función doble, sensorial y conservante.

El sorbato de potasio, por su parte, es un fungicida: inhibe el desarrollo de mohos y levaduras, que son precisamente los microorganismos responsables de la fermentación indeseada en bebidas azucaradas o de fruta. Su espectro complementa al del benzoato, razón por la cual ambos suelen emplearse juntos. En esta formulación cada uno se dosifica al 0,05 % p/v, equivalente a 500 mg/L, cifra que se sitúa dentro de los límites máximos permitidos para bebidas no alcohólicas y que la literatura reconoce como efectiva en combinación.

La elección de ambos no es un exceso de precaución. Una bebida sin azúcar añadido conserva los azúcares propios de los extractos vegetales y, al no emplear hidrocoloides, no dispone de ninguna barrera física adicional; el sistema de obstáculos descansa entonces sobre el pH, el tratamiento térmico, el envasado en caliente, la refrigeración y estos dos conservantes.

2.3.9. Marco normativo aplicable en Ecuador

La norma de referencia para el producto es la NTE INEN 2304, Refrescos o bebidas no carbonatadas. Requisitos, frente a la cual se contrastan los parámetros fisicoquímicos determinados en este trabajo. La NTE INEN 2337:2008, Jugos, pulpas, concentrados, néctares, bebidas de frutas y vegetales. Requisitos, se consulta únicamente para delimitar la denominación del producto, dado que una bebida sin azúcares añadidos no alcanza los sólidos solubles propios de un néctar.

Complementan el marco: el RTE INEN 022, que regula el rotulado de alimentos procesados y el sistema gráfico de semáforo nutricional; la NTE INEN 1334-1 y la NTE INEN 1334-2, sobre los requisitos generales del rótulo y la información nutricional; la NTE INEN 1108 y la NTE INEN 2200, que fijan los requisitos del agua potable y del agua purificada, respectivamente; la normativa de ARCSA sobre buenas prácticas de manufactura y notificación sanitaria; y, como referencia internacional, la CODEX STAN 247-2005.

2.3.10. Edulcorantes no calóricos: la sucralosa

La reformulación de bebidas con menor carga de azúcar obliga a resolver un problema que no es nutricional sino sensorial: el azúcar no solo endulza, también aporta cuerpo, brillo y una curva de dulzor que el consumidor reconoce. Sustituirlo exige un edulcorante cuyo perfil se parezca al de la sacarosa. La sucralosa es, entre los edulcorantes de alta intensidad autorizados, el que más se aproxima a ese comportamiento, y por eso se adopta en este trabajo.

Su origen explica esa semejanza. La sucralosa se obtiene a partir de la propia sacarosa mediante una halogenación selectiva: tres de los grupos hidroxilo de la molécula de azúcar se sustituyen por tres átomos de cloro, lo que da la fórmula $C_{12}H_{19}Cl_3O_8$ (Aguayo-Guerrero et al., 2024). Conviene precisar un malentendido difundido: la diferencia con la sacarosa no está en

un carbono faltante, sino en esa sustitución de hidroxilos por cloro. El cambio tiene dos consecuencias simultáneas. La primera es que la molécula deja de ser reconocida por las enzimas digestivas y por los transportadores intestinales de azúcares; solo alrededor del 16 % se absorbe en el intestino delgado y el resto se excreta sin metabolizarse, de modo que su aporte energético es nulo. La segunda es que la nueva configuración incrementa la afinidad por el receptor del dulce T1R2-T1R3, lo que explica su potencia: la sucralosa resulta aproximadamente 600 veces más dulce que la sacarosa.

Sobre la potencia conviene ser riguroso con la comparación. La sacarosa es el patrón de referencia del dulzor y, por convención, su poder edulcorante vale 1; carece de sentido atribuirle un múltiplo. Lo que se compara son los demás edulcorantes contra ella. De la relación 1:600 se desprende una referencia teórica de dosificación: para igualar el dulzor de 11,5 g de sacarosa por 100 mL se requieren aproximadamente 19 mg de sucralosa por 100 mL, es decir, 190 mg/L. En este trabajo la sucralosa se incorporó como solución al 1 %, según se describe en el Capítulo III.

La sucralosa es estable frente al calor y en medio ácido, condición indispensable para un producto pasteurizado de pH 3,5, y no participa en reacciones de pardeamiento no enzimático, de modo que no aporta notas de cocción durante el tratamiento térmico. Su límite de ingesta diaria admisible fijado por los organismos internacionales es de 15 mg por kilogramo de peso corporal (Aguayo-Guerrero et al., 2024): para un adulto de 70 kg equivale a 1 050 mg diarios, cantidad muy superior a la que aporta el consumo habitual de una bebida edulcorada con este compuesto. Debe señalarse también que la literatura reciente ha abierto una discusión sobre posibles efectos de la sucralosa en la microbiota intestinal y en marcadores metabólicos, con resultados que contrastan con las evaluaciones de seguridad previas; mencionarlo no invalida su uso autorizado, pero sí obliga a no presentarla como un ingrediente inocuo por definición.

Las consecuencias tecnológicas de la sustitución total del azúcar son dos. La bebida pierde los sólidos solubles aportados por la sacarosa, de modo que sus grados Brix descienden al nivel que aportan los extractos y dejan de informar sobre el dulzor; y gana un valor energético prácticamente nulo en azúcares, con el efecto directo sobre el rotulado que se discute en el apartado 5.1. El cuerpo en boca, que en una bebida azucarada procede en parte del azúcar disuelto, se compensa aquí con la carga de extractos y no con hidrocoloides.

2.3.11. Calidad del agua de proceso

El agua es el ingrediente mayoritario de esta formulación más del 70 % del volumen y, sin embargo, suele ser el menos controlado en los trabajos de desarrollo de producto. Dos parámetros merecen atención particular por su efecto directo sobre la calidad sensorial y sobre la estabilidad del pigmento.

El cloro residual libre es necesario en la red de distribución para mantener la potabilidad, pero en una bebida de frutas es un defecto: reacciona con los compuestos fenólicos generando clorofenoles de umbral de percepción extremadamente bajo, que el consumidor describe como sabor a medicina o a piscina, y oxida las antocianinas acelerando la pérdida de color. La turbidez, por su parte, indica presencia de material particulado y coloidal que compromete la apariencia del producto y puede proteger microorganismos del tratamiento térmico. La NTE INEN 1108 establece los requisitos del agua potable y fija los límites aplicables a ambos parámetros.

Cuando el agua potable se somete a una purificación adicional antes de emplearse como ingrediente, la referencia nacional es la NTE INEN 2200, Agua purificada envasada. Requisitos (Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN], 2008a), que regula el agua destinada al consumo humano obtenida mediante procesos de purificación y fija los requisitos físicos,

químicos y microbiológicos que debe cumplir. Ambas normas se complementan en este trabajo: la NTE INEN 1108 caracteriza el agua de red que ingresa al sistema y la NTE INEN 2200 constituye el criterio de calidad del agua purificada que entra en la formulación.

La determinación se realiza con equipos de medición directa. El cloro residual libre se cuantifica por el método colorimétrico de la N,N-dietil-p-fenilendiamina (DPD) y la turbidez por nefelometría, expresada en unidades nefelométricas de turbidez (NTU). Los colorímetros y turbidímetros portátiles de la marca Hach constituyen el estándar de referencia en la industria alimentaria ecuatoriana para ambas determinaciones, por su trazabilidad y por la disponibilidad de reactivos premedidos, y son los empleados en este trabajo.

Cuando el agua de red no cumple los criterios de proceso, se requiere una etapa de acondicionamiento. Las alternativas habituales son la filtración por carbón activado, que adsorbe el cloro libre y los compuestos orgánicos responsables de olores y sabores extraños; la desinfección por radiación ultravioleta, que inactiva microorganismos sin dejar residuo químico ni alterar el sabor; y la ozonización, de mayor poder oxidante y con la ventaja de no generar subproductos persistentes, aunque exige equipamiento y control más costosos. Pueden emplearse de forma combinada: filtración por carbón activado seguida de lámpara ultravioleta es la configuración más frecuente en plantas de pequeña escala, y es la que se adopta en el proceso descrito en el Capítulo III.

2.3.12. El escaldado como operación previa

El escaldado es un tratamiento térmico breve, de pocos segundos a pocos minutos, aplicado a la materia prima vegetal antes de su procesamiento. Su función no es conservar sino preparar, y en esta formulación cumple cuatro propósitos simultáneos.

El primero es la inactivación enzimática. La polifenol oxidasa y la peroxidasa presentes en los tejidos vegetales catalizan la oxidación de los compuestos fenólicos y son la causa del pardeamiento enzimático; un choque térmico corto los desnaturaliza y detiene esa reacción antes de que avance. El segundo es la retención de los compuestos bioactivos: en guayusa se ha documentado que el escaldado conserva el contenido fenólico y la capacidad antioxidante de la hoja verde sin tratar, mientras que procesos más prolongados como la fermentación los reducen marcadamente (García-Ruiz et al., 2017). El tercero es la reducción de la carga microbiana superficial, especialmente relevante en materia prima seca que ha pasado por secado al ambiente. El cuarto es la mejora del rendimiento de extracción: el calor ablanda las paredes celulares y facilita la salida de los solutos hacia el agua en la etapa posterior.

El tiempo es crítico y debe ser corto. En este trabajo se aplica un escaldado de 30 segundos a 90 °C únicamente al cáliz de jamaica y al rizoma de jengibre, seguido de enfriamiento inmediato. La hoja de guayusa se recibe ya escaldada del proveedor, por lo que no se somete a un segundo tratamiento. Treinta segundos bastan para inactivar las enzimas sin provocar la lixiviación significativa de antocianinas que produciría una inmersión prolongada: por encima de ese umbral, el agua de escaldado empieza a teñirse, y ese color que se va es exactamente el que se busca conservar en el producto.

2.3.13. Evaluación sensorial afectiva

Las pruebas sensoriales se dividen en discriminativas, descriptivas y afectivas. Esta investigación emplea una prueba afectiva, porque la pregunta planteada en el Capítulo I es de aceptabilidad y no de perceptibilidad. El instrumento históricamente estándar en ciencia de los alimentos es la escala hedónica verbal de nueve puntos, utilizada de forma rutinaria durante más de seis décadas; sin embargo, su uso prolongado ha abierto una discusión metodológica que

conviene recoger. Las versiones verbales y las puramente numéricas no son intercambiables, el análisis paramétrico de datos de escalamiento admite crítica y, de manera particular, el número de categorías condiciona la calidad de la respuesta: cuando el panelista no está entrenado, nueve niveles verbales obligan a discriminar matices que no percibe con claridad, lo que incrementa la tendencia central y la variabilidad del dato (Wichchukit y O'Mahony, 2015). Por esa razón el presente trabajo adopta una escala hedónica estructurada de cinco puntos, desde «me disgusta mucho» (1) hasta «me gusta mucho» (5), con punto neutro en «ni me gusta ni me disgusta» (3). Cinco categorías conservan la capacidad de ordenar los tratamientos, reducen la carga cognitiva del evaluador no entrenado y son compatibles con el análisis por rangos de la prueba de Friedman, que es el contraste previsto. Los sesgos que el diseño debe controlar siguen siendo los mismos: tendencia central, efecto de posición y efecto de contraste entre muestras consecutivas.

2.3.14. Fundamento estadístico del contraste de Friedman

Cuando cada juez evalúa todas las muestras, las observaciones dejan de ser independientes: el panelista actúa como bloque y arrastra su propio nivel de uso de la escala. El contraste adecuado es entonces la prueba de Friedman, extensión no paramétrica del análisis de varianza para bloques completos aleatorizados. El procedimiento ordena las puntuaciones dentro de cada juez, promedia los rangos por tratamiento y contrasta su dispersión contra una distribución χ^2 con $k - 1$ grados de libertad. Al trabajar con rangos y no con valores absolutos, no exige normalidad ni homogeneidad de varianzas, y resulta robusto frente a la naturaleza ordinal y acotada de la escala hedónica, cuyo análisis paramétrico admite crítica (Wichchukit y O'Mahony, 2015). El rechazo de la hipótesis nula indica únicamente que al menos un tratamiento difiere; para localizar las diferencias se aplica la prueba de Tukey como

comparación múltiple, tal como la ejecuta el programa InfoStat. Debe subrayarse que la significancia estadística no equivale a relevancia práctica: una diferencia de 0,3 puntos hedónicos puede resultar significativa y ser irrelevante para una decisión de formulación.

2.3.15. Conceptos de costeo y punto de equilibrio

Los costos fijos (CF) no varían con el volumen producido dentro de un rango relevante. Los costos variables unitarios (CVu) sí lo hacen. El margen de contribución unitario (MCU) es la diferencia entre el precio de venta al público y el costo variable unitario, y representa cuánto aporta cada unidad vendida a cubrir los costos fijos. El punto de equilibrio es el volumen de ventas en el cual el ingreso total iguala al costo total y la utilidad es cero: $Q = CF / (PVP - CVu)$, expresión equivalente a $PE = CF / MCU$. Por debajo de ese volumen la operación genera pérdida; por encima, cada unidad adicional aporta al resultado el valor íntegro del margen de contribución.

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y diseño de investigación

La investigación adopta un enfoque cualitativo-cuantitativo. Es cualitativa en su origen, porque la materia prima del análisis sensorial es una percepción: lo que el panelista siente al ver, oler y probar la muestra no es un número sino un juicio. Es cuantitativa en su tratamiento, porque la escala hedónica convierte ese juicio en una puntuación ordenada que admite tabulación y contraste estadístico. Esa conversión es el núcleo metodológico del trabajo y conviene enunciarla con claridad: la escala hedónica es el instrumento que permite asignar valor numérico a características que, por naturaleza, son cualitativas.

Es aplicada, porque persigue resolver un problema concreto de formulación y no generar conocimiento teórico general; experimental, porque se manipula deliberadamente una sola variable independiente el porcentaje de extracto de guayusa y se observa su efecto sobre las variables dependientes bajo condiciones controladas; y bibliográfica en su fase inicial, en tanto el diseño de los tratamientos y los parámetros de extracción se derivan del estado del arte revisado en el Capítulo II. El nivel es explicativo.

El método de recolección de datos es la observación estructurada: el panelista observa, huele y prueba cada muestra bajo condiciones controladas y registra su percepción en una ficha diseñada para ese fin. Para esta investigación se aplicó un análisis sensorial a 20 panelistas semientrenados, lo que permitió recolectar datos que, de ser cualitativos, pasan a ser cuantitativos. Posteriormente se tabularon los datos y se sometieron al programa InfoStat, donde se aplicó la prueba no paramétrica de Friedman y la prueba post hoc de Tukey. Con este análisis estadístico se conoce si existe o no diferencia significativa entre tratamientos y se decide si se

rechaza o no se rechaza la hipótesis nula a partir del valor p , con un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$.

Se emplea un diseño de bloques completos con tres tratamientos y tres repeticiones de elaboración, lo que arroja nueve unidades experimentales. Cada unidad corresponde a un lote de un litro elaborado de forma independiente. En el panel sensorial, cada panelista constituye un bloque, porque evalúa las tres muestras en una misma sesión; de ahí que el contraste adecuado sea el de Friedman y no un análisis de varianza de un factor.

La secuencia completa, entonces, es la siguiente: percepción sensorial (dato cualitativo) → escala hedónica de cinco puntos (asignación de valor numérico) → tabulación (organización de los 60 datos por atributo) → InfoStat (procesamiento) → Friedman y Tukey (contraste) → decisión sobre la hipótesis. Cada eslabón es verificable y queda documentado en los anexos.

Conviene declarar por qué el estudio prescinde de un tratamiento control sin guayusa. La pregunta de investigación no es si la guayusa debe formar parte de la bebida, sino cuál de las tres concentraciones ensayadas alcanza la mayor aceptación. Un control al 0 % no aportaría información sobre esa comparación y añadiría una muestra al panel, que con tres muestras evalúa sin fatiga sensorial. El tratamiento T1, de menor carga, opera como referencia estadística frente a la cual se contrastan T2 y T3.

Tabla 5

Operacionalización de las variables

Tipo	Variable	Definición operacional	Indicador	Instrumento / método
Independiente	Porcentaje de extracto de guayusa	Masa de hoja de Ilex guayusa infundada por volumen de producto	% p/v (2; 3; 4)	Formulación controlada
Dependiente	Color	Agrado por la apariencia visual	Puntuación 1–5	Escala hedónica de 5 puntos
Dependiente	Olor	Agrado por el aroma percibido	Puntuación 1–5	Escala hedónica de 5 puntos
Dependiente	Sabor	Agrado por el sabor percibido	Puntuación 1–5	Escala hedónica de 5 puntos

Dependiente	Aceptabilidad global	Grado de agrado general declarado	Puntuación 1–5	Escala hedónica de 5 puntos
Dependiente	pH	Concentración de iones hidronio	Unidades de pH	Potenciometría, NTE INEN 389
Dependiente	Sólidos solubles	Sólidos disueltos aportados por los extractos	°Brix a 20 °C	Refractometría, NTE INEN 380
Dependiente	Acidez titulable	Ácidos valorables con NaOH	% ácido cítrico	Volumetría, NTE INEN 381
Controladas	Jamaica, jengibre, sucralosa, ácido cítrico, conservantes, pH, T° y tiempo de proceso	Fijados por protocolo en los tres tratamientos		

Nota. Elaboración propia (2026).

Para el análisis sensorial, la población está constituida por consumidores habituales de bebidas no alcohólicas residentes en el Distrito Metropolitano de Quito. La muestra se compone de 20 panelistas semientrenados, seleccionados por muestreo no probabilístico por conveniencia entre estudiantes y docentes de la carrera, con formación previa en el uso de escalas hedónicas. El estudio se plantea como caso de estudio con un panel reducido, decisión sostenida en el diseño: al evaluar cada panelista los tres tratamientos en una misma sesión, actúa como su propio control y la comparación es pareada, lo que incrementa la potencia respecto de un diseño con evaluadores independientes. Para los análisis fisicoquímicos, la unidad de muestreo es el lote de un litro, con tres réplicas analíticas por lote.

3.2. Materias primas e ingredientes

Tabla 6

Materias primas, especificaciones y criterios de aceptación

Insumo	Nombre científico	Presentación	Especificación de calidad	Criterio de rechazo
Cáliz de jamaica	Hibiscus sabdariffa L.	Seco, entero	Color rojo intenso uniforme; humedad ≤ 12 %	Moho, olor a humedad, decoloración parda
Hoja de guayusa	Ilex guayusa Loes.	Seca, escaldada	Color verde oliva; cafeína declarada $\geq 1,5$ % base seca	Hojas fermentadas o ennegrecidas
Rizoma de jengibre	Zingiber officinale Roscoe	Fresco	Firme, sin brotes ni zonas blandas	Deshidratación, magulladuras, mohos
Sucralosa		Polvo cristalino	Grado alimentario, pureza ≥ 98 %	Apelmazamiento, humedad
Ácido cítrico		Cristalino	Grado alimentario, anhidro	Aglomeración por humedad
Benzoato de sodio		Polvo	Grado alimentario, pureza ≥ 99 %	Humedad, apelmazamiento

Sorbato de potasio	Gránulos	Grado alimentario, pureza $\geq$ 99 %	Coloración amarillenta
Agua	Potable purificada	Cumple NTE INEN 2200 y NTE INEN 1108; cloro residual < 0,1 mg/L; turbidez < 1 NTU	Olor a cloro, turbidez visible

Nota. La selección de hoja de guayusa escaldada y no fermentada no es arbitraria: el escaldado conserva el contenido de compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante, mientras que la fermentación los reduce de forma marcada (García-Ruiz et al., 2017). Toda la producción experimental se realiza con un mismo lote por insumo.

3.2.1. Control de la calidad del agua de proceso

El agua constituye más del 70 % del volumen del producto, de modo que su control forma parte del protocolo y no de los supuestos. Se utilizó agua purificada, que cumple dos funciones en el proceso: es el vehículo de las infusiones y se emplea para ajustar el volumen final de cada tratamiento. Como criterio de calidad del agua purificada se adoptan los requisitos de la NTE INEN 2200 (INEN, 2008a), y para el agua de red que alimenta el sistema de purificación, los de la NTE INEN 1108 (INEN, 2014a). Antes de cada lote se verifican cloro residual libre y turbidez sobre el agua que ingresa a la línea, y se repite la medición después del acondicionamiento para comprobar la eficacia de la etapa de purificación.

Tabla 7

Parámetros de control del agua de proceso

Parámetro	Método	Equipo	Criterio de aceptación para el proceso	Referencia
Cloro residual libre	Colorimétrico con N,N-dietil-p-fenilendiamina (DPD)	Colorímetro portátil Hach	< 0,1 mg/L a la entrada de la marmita	NTE INEN 1108; NTE INEN 2200

Turbidez	Nefelometría	Turbidímetro portátil Hach	< 1 NTU	NTE INEN 1108; NTE INEN 2200
pH	Potenciometría	pH-metro digital	6,5 – 8,5	NTE INEN 1108
Conductividad	Conductimetría	Medidor portátil de TDS y CE	< 700 μ S/cm	Referencia interna de proceso

Nota. Elaboración propia (2026). El agua de red del Distrito Metropolitano de Quito se distribuye con cloro residual, por lo que la etapa de purificación es obligatoria en este proceso y no opcional.

El acondicionamiento se realiza por filtración en carbón activado seguida de desinfección por radiación ultravioleta. El carbón activado adsorbe el cloro libre y los compuestos orgánicos que generan olores y sabores extraños, y la lámpara ultravioleta inactiva la carga microbiana sin dejar residuo químico ni modificar el sabor. La ozonización constituye una alternativa válida, de mayor poder oxidante, que se descarta aquí por el costo del equipamiento y por la necesidad de un control más estricto del ozono residual. Cualquiera de los tres métodos resulta aceptable siempre que se documente el resultado sobre los parámetros de la tabla anterior.

3.3. Equipos, instrumentos y materiales

Tabla 8

Equipos e instrumentos utilizados

Categoría	Equipo / instrumento	Uso	Precisión / rango
Medición	Balanza analítica	Pesaje de reactivos y muestras	$\pm 0,0001$ g
Medición	Balanza de precisión	Pesaje de materias primas	$\pm 0,01$ g
Medición	pH-metro digital de bolsillo	Determinación de pH	$\pm 0,01$ unidades
Medición	Refractómetro manual con ATC	Sólidos solubles	0–32 °Brix, $\pm 0,2$
Medición	Termómetro digital de sonda	Control de proceso	–50 a 300 °C, ± 1 °C
Proceso	Marmita con control de temperatura	Extracción y pasteurización	Hasta 120 °C
Proceso	Homogeneizador / licuadora industrial	Homogenización	

Proceso	Tamiz y lienzo de filtración	Separación de sólidos	Malla 100
Proceso	Selladora / envasadora	Envasado	
Medición	Colorímetro portátil Hach (método DPD)	Cloro residual libre en agua de proceso	0–2,00 mg/L
Medición	Turbidímetro portátil Hach	Turbidez del agua de proceso	0–1 000 NTU

Nota. Los instrumentos se calibran antes de cada jornada: el pH-metro con soluciones tampón de pH 4,00 y 7,00, y el refractómetro con agua destilada a 0 °Brix. Cada calibración queda registrada en la bitácora del proyecto.

3.4. Proceso de elaboración

3.4.1. Obtención de los extractos acuosos

Los tres extractos se obtienen por separado, no por coextracción. La razón es técnica: cada matriz alcanza su óptimo de extracción en condiciones distintas, y los parámetros de infusión determinan el perfil fenólico resultante (Kelebek et al., 2024). Coextraer significaría sacrificar el óptimo de dos matrices para favorecer a una.

Tabla 9

Parámetros de extracción por matriz

Matriz	Estado de la materia prima	Dosis de infusión	Temperatura	Tiempo	Observación técnica
Cáliz de jamaica	Seco, escaldado 30 s	2,5 % p/v (25 g/L)	90 °C	15 min	La infusión directa evita la etapa de concentración y preserva las antocianinas; el color rojo rubí se desarrolla en los primeros diez minutos
Hoja de guayusa	Seca, escaldada en origen, troceada	2,0 / 3,0 / 4,0 % p/v (20, 30 y 40 g/L)	85 °C	10 min	Única variable independiente; el tiempo corto limita la cesión de taninos y, con ella, la astringencia
Rizoma de jengibre	Fresco, lavado, escaldado 30 s y rallado	1,0 % p/v (10 g/L)	85 °C	15 min	El calor convierte parte de los gingeroles en shogaols y fija la nota pungente característica

Nota. Elaboración propia (2026).

Cada extracto se filtra a través de lienzo y tamiz de malla 100, se enfría a 25 °C y se caracteriza (rendimiento, pH, °Brix) antes de su incorporación. Los extractos se emplean el mismo día de su obtención.

3.4.2. Diseño de las formulaciones

Tabla 10

Formulación de los tres tratamientos en porcentaje (% p/v) y en gramos (base: 1 000 mL de producto terminado)

Componente	T1 % p/v	T1 g	T2 % p/v	T2 g	T3 % p/v	T3 g	Función en la formulación
Cáliz de jamaica seco	2,5	25,0	2,5	25,0	2,5	25,0	Color rojo rubí, acidez natural y antocianinas; nivel fijo
Hoja de guayusa seca	2,0	20,0	3,0	30,0	4,0	40,0	Única variable independiente; aporta cafeína y polifenoles
Rizoma de jengibre fresco	1,0	10,0	1,0	10,0	1,0	10,0	Modulador sensorial; gingeroles y shogaoles; nivel fijo
Solución de sucralosa al 1 % p/v*	1,0 v/v	10,0 mL	1,0 v/v	10,0 mL	1,0 v/v	10,0 mL	Edulcorante acalórico; equivale a 0,10 g de sucralosa por litro
Ácido cítrico anhidro	0,5	5,0	0,5	5,0	0,5	5,0	Acidulante; ajuste de pH a 3,50
Benzoato de sodio	0,05	0,50	0,05	0,50	0,05	0,50	Conservante bactericida
Sorbato de potasio	0,05	0,50	0,05	0,50	0,05	0,50	Conservante fungicida; evita la fermentación
Agua purificada (NTE INEN 2200)	c.s.p.	c.s.p.	c.s.p.	c.s.p.	c.s.p.	c.s.p.	Vehículo de infusión y ajuste a 1 000 mL; absorbe la variación de guayusa
Total de ingredientes sólidos dosificados	6,11	61,10	7,11	71,10	8,11	81,10	Incluye 0,10 g de sucralosa pura
Volumen final de producto	1 000 mL		1 000 mL		1 000 mL		Equivale a 4 envases de 250 mL

Nota. % p/v = gramos de ingrediente por cada 100 mL de producto terminado; g = gramos por 1 000 mL de producto terminado; c.s.p. = cantidad suficiente para. *La sucralosa se dosifica como solución al 1 % p/v en proporción de 1,0 % v/v (10,0 mL por litro), equivalente a 0,10 g de sucralosa pura por litro (0,01 % p/v); el 1 % describe la solución y no la sucralosa en el producto. Para una porción de 250 mL, las cantidades en gramos se dividen entre cuatro. Elaboración propia (2026).

Cuatro decisiones de diseño merecen justificación explícita. La primera es que la única variable que cambia entre formulaciones es la dosis de hoja de guayusa; el cáliz de jamaica se mantiene fijo en 2,5 % p/v para que el color y la acidez de base sean idénticos en las tres muestras, de modo que el panelista no disponga de una clave visual que sesgue sus juicios de olor y sabor. La segunda es que el balance se ajusta con agua purificada hasta completar el volumen y no reduciendo otro componente: así se evita el desbalance que se produciría si, al subir la guayusa, hubiera que recortar la jamaica, lo que alteraría simultáneamente dos variables

y haría imposible atribuir el efecto observado a una sola. La tercera es que el edulcorante, el acidulante y los conservantes se dosifican en cantidad constante, de manera que el dulzor, el pH y el nivel de conservantes sean equivalentes en los tres tratamientos. La cuarta es que las tres matrices se incorporan por infusión directa en el agua de proceso, sin etapa previa de concentración, lo que simplifica el proceso, reduce el número de operaciones unitarias y preserva los compuestos termolábiles al evitar una segunda exposición al calor.

El rango ensayado se definió considerando el aporte teórico de cafeína de la guayusa. Bajo los supuestos de cálculo adoptados, 1,5 % de cafeína en la hoja seca y 80 % de extracción en las condiciones de infusión, el 2 % p/v de guayusa de T1 equivale a 20 g de hoja por litro; $20 \text{ g/L} \times 1,5 \% = 0,30 \text{ g/L}$ de cafeína potencial; $0,30 \text{ g/L} \times 80 \% = 0,24 \text{ g/L}$, es decir, 240 mg/L; y $240 \text{ mg/L} \times 0,250 \text{ L} = 60 \text{ mg}$ por porción de 250 mL. Con el mismo cálculo, T2 y T3 se estiman en 90 y 120 mg por porción. Estos valores son estimaciones teóricas y no resultados de una cuantificación instrumental: permiten indicar que la guayusa aporta cafeína y que el contenido estimado aumenta con su concentración, pero no demuestran un efecto fisiológico o energizante en el consumidor, que no fue evaluado en este estudio.

Tabla 11

Contenido teórico estimado de cafeína por tratamiento

Tratamiento	Guayusa (% p/v)	Cafeína teórica estimada (mg/100 mL)	Cafeína teórica estimada (mg/250 mL)*
T1	2,0 (20 g/L)	24	60 mg
T2	3,0 (30 g/L)	36	90 mg
T3	4,0 (40 g/L)	48	120 mg

* Estos valores son estimaciones derivadas de los supuestos del cálculo (1,5 % de cafeína en la hoja seca y 80 % de extracción en las condiciones de infusión de la Tabla 9) y no resultados de cuantificación instrumental de cafeína. La cuantificación por cromatografía queda señalada como línea de trabajo futura.

3.4.3. Descripción del proceso

- Recepción e inspección: verificación de especificaciones y registro de lote.
- Selección y limpieza: eliminación de material extraño, tallos y cálices deteriorados.
- Purificación del agua de proceso: filtración por carbón activado seguida de desinfección por radiación ultravioleta, con verificación de cloro residual libre ($< 0,1$ mg/L) y turbidez (< 1 NTU) mediante equipos Hach antes de iniciar el lote.
- Lavado y desinfección: inmersión del jengibre fresco en hipoclorito de sodio a 100 ppm durante 5 minutos y enjuague con agua purificada.
- Escaldado: inmersión del cáliz de jamaica y del rizoma de jengibre en agua a 90°C durante 30 segundos, seguida de enfriamiento inmediato, para inactivar polifenol oxidasa y peroxidasa, reducir la carga microbiana superficial y favorecer la posterior extracción. La hoja de guayusa se recibe escaldada y no se somete a un segundo tratamiento.
- Pesaje según la formulación establecida.
- Extracción: infusión bajo los parámetros de la Tabla 9, con control de temperatura mediante termómetro de sonda.
- Primer filtrado: lienzo y tamiz de malla 100, para retirar el grueso del material vegetal.
- Segundo filtrado: paso del extracto por tamiz de malla 200 o tela filtrante de $50\text{ }\mu\text{m}$. Este doble filtrado no es redundante. El extracto de guayusa arrastra partícula fina de hoja y material coloidal que el tamiz de malla 100 no retiene y que se manifiesta como turbidez en el producto envasado; una segunda etapa de menor abertura la reduce de forma apreciable.

- Mezclado: incorporación de los extractos en el orden jamaica → guayusa → jengibre sobre el agua purificada, agitando entre adiciones.
- Estandarización: adición de la solución de sucralosa (preparada al 1 %; el porcentaje describe la solución y no la sucralosa pura en la bebida) y del ácido cítrico al 0,5 % p/v, verificando que el pH quede en $3,5 \pm 0,1$.
- Adición de conservantes: incorporación de benzoato de sodio al 0,05 % p/v y sorbato de potasio al 0,05 % p/v, previamente disueltos en una porción de la propia bebida para asegurar su dispersión homogénea.
- Ajuste de volumen: adición de agua purificada hasta completar el volumen final de cada tratamiento (c.s.p.), de modo que la variación en la cantidad de guayusa no altere la proporción de los demás componentes.
- Homogenización: agitación mecánica durante 3 minutos.
- Pasteurización: 85 °C durante 15 minutos con agitación suave y control continuo de temperatura.
- Envasado en caliente: llenado de envases de vidrio esterilizados a temperatura no inferior a 85 °C, sellado inmediato e inversión del envase durante 2 minutos.
- Enfriamiento: choque térmico progresivo hasta 25 °C.
- Identificación y etiquetado de las unidades experimentales como T1, T2 y T3, y almacenamiento en refrigeración a 4 °C.

Tabla 12

Puntos críticos de control identificados

PCC	Etapas	Peligro	Límite crítico	Monitoreo	Acción correctiva
PCC-1	Desinfección	Contaminación microbiana de materia prima fresca	100 ppm de cloro libre, 5 min	Tira reactiva y cronómetro por lote	Repetir desinfección

PCC-2	Estandarización de pH	Crecimiento de patógenos si pH > 4,5	pH ≤ 4,0	pH-metro, cada lote	Corregir con ácido cítrico
PCC-3	Pasteurización	Supervivencia de flora vegetativa	85 °C durante 15 min	Termómetro de sonda, registro continuo	Reprocesar el lote
PCC-4	Envasado en caliente	Recontaminación posterior al tratamiento	T° de llenado ≥ 85 °C	Termómetro en punto de llenado	Recalentar antes de envasar

Nota. Elaboración propia (2026), sobre BPM aplicables según normativa ARCSA.

Se registra el balance por lote según la expresión Entradas = Salidas + Pérdidas, cuantificando el bagazo retenido en la filtración, la evaporación durante extracción y pasteurización, y el volumen final envasado. El rendimiento se calcula como $R (\%) = (\text{Volumen de producto envasado} / \text{Volumen teórico formulado}) \times 100$.

3.5. Diagrama de flujo del proceso

La Figura 2 representa la secuencia de operaciones con la simbología de la norma ISO 5807:1985 (International Organization for Standardization [ISO], 1985): cada operación unitaria se muestra como proceso, las verificaciones como decisiones con salida Sí/No y retorno al punto de corrección, y las entradas de materiales y salidas de subproductos como símbolos de datos. Junto a cada etapa de dosificación se indica la formulación en porcentaje (% p/v) y en gramos por 1 000 mL de producto terminado, coincidente con la Tabla 10.

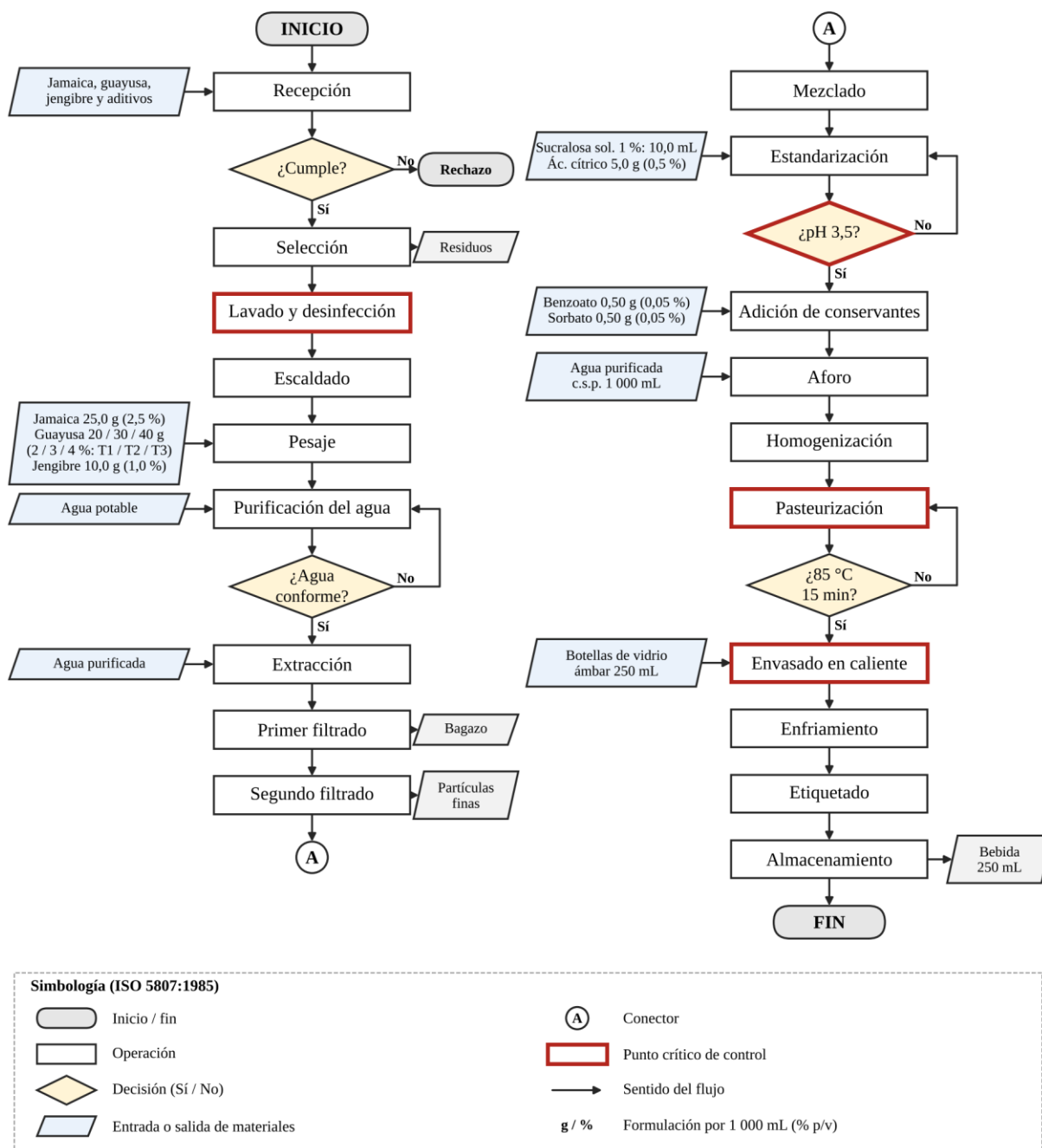


Figura 2. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de la bebida según la simbología de la norma ISO 5807:1985, con la formulación de cada tratamiento (% p/v y g por 1 000 mL) y los puntos críticos de control.

Fuente: Elaboración propia (2026).

Nota. Los símbolos siguen la norma ISO 5807:1985: terminal (inicio y fin), proceso, decisión, datos (entrada de materiales en azul; salida de subproductos y producto en gris) y conector. Los bordes rojos señalan los puntos

críticos de control descritos en la Tabla 12; la purificación del agua se verifica frente a la NTE INEN 1108 y la NTE INEN 2200.

3.6. Análisis fisicoquímico

Tabla 13

Determinaciones fisicoquímicas, métodos y frecuencia

Determinación	Método / norma	Unidad	Réplicas	Momento
pH	Potenciometría, NTE INEN 389	unidades pH	3	Días 0, 15 y 30
Sólidos solubles	Refractometría a 20 °C, NTE INEN 380	°Brix	3	Días 0, 15 y 30
Acidez titulable	Volumetría con NaOH 0,1 N, NTE INEN 381	% ácido cítrico	3	Días 0, 15 y 30

Nota. Elaboración propia (2026).

Los resultados se presentan primero como datos experimentales y después se comparan, parámetro por parámetro, con los requisitos de la normativa ecuatoriana consultada; el contraste se limita a los parámetros efectivamente determinados (pH, sólidos solubles y acidez titulable). Debe señalarse una consecuencia regulatoria de la sustitución total del azúcar: al prescindir de la sacarosa, el producto no alcanza los sólidos solubles mínimos que la NTE INEN 2337 exige para la denominación de néctar, por lo que su encuadre correcto es el de bebida no carbonatada, regida por la NTE INEN 2304. Esta precisión no es un tecnicismo menor: determina la denominación que debe figurar en el rótulo y la norma frente a la cual la autoridad sanitaria evaluará el producto.

Tabla 14

Criterios normativos aplicables a los parámetros fisicoquímicos evaluados

Parámetro	Método de ensayo	Criterio normativo	Norma de referencia
pH	Potenciometría, NTE INEN 389	$\leq 4,5$ para bebidas ácidas estables	NTE INEN 2304
Sólidos solubles (°Brix)	Refractometría, NTE INEN 380	Sin mínimo exigible en bebidas edulcoradas con edulcorantes no calóricos	NTE INEN 2304; CODEX STAN 247-2005

Acidez titulable	Volumetría, NTE INEN 381	Declarada por el fabricante; coherente con el pH	NTE INEN 2304
Edulcorante no calórico	Cuantificación declarada en formulación	Uso permitido dentro de los límites máximos para bebidas no alcohólicas	CODEX STAN 192- 1995
Rotulado nutricional		Declaración de azúcares, grasa y sal con sistema gráfico	RTE INEN 022

Nota. Elaboración propia (2026). Los valores numéricos exactos de cada norma deben transcribirse de la copia oficial vigente antes de la impresión final.

3.7. Análisis sensorial afectivo

Se aplica una prueba afectiva de aceptación mediante escala hedónica verbal de cinco puntos, con anclajes desde «me disgusta mucho» (1) hasta «me gusta mucho» (5) y punto neutro en «ni me gusta ni me disgusta» (3). Se elige la escala de cinco y no la de nueve por dos razones: resulta más fácil de manejar por panelistas semientrenados, que no han sido instruidos en el uso de categorías intermedias finas, y reduce el error de tendencia central que aparece cuando el evaluador dispone de más niveles de los que puede discriminar. La evaluación sensorial incorpora una percepción subjetiva por parte de los panelistas; sin embargo, mediante la escala hedónica las respuestas se transforman en puntuaciones numéricas que permiten su tabulación, comparación y análisis estadístico.

Criterios de inclusión: edad entre 18 y 60 años; consumo declarado de bebidas no alcohólicas al menos dos veces por semana; disponibilidad para la sesión completa; firma del consentimiento informado. Criterios de exclusión: alergia o intolerancia declarada a alguno de los ingredientes; consumo de tabaco, alimentos o bebidas en los 30 minutos previos; procesos gripales o alérgicos que afecten la percepción; participación previa en el desarrollo de las formulaciones.

Las condiciones de prueba comprenden cabinas individuales con iluminación blanca uniforme, temperatura ambiente entre 20 y 22 °C, ausencia de olores y ruido. Las muestras se sirven a 8 ± 2 °C en vasos plásticos transparentes de 30 mL, codificados con números aleatorios

de tres dígitos. Entre muestras, el panelista enjuaga con agua y espera 30 segundos. Cada uno de los 20 panelistas semientrenados evalúa las tres muestras en una misma sesión, de forma monádica secuencial y con orden balanceado, de modo que cada tratamiento aparezca el mismo número de veces en cada posición y cada panelista constituya un bloque completo. Los atributos evaluados son color, olor y sabor, más la aceptabilidad global como juicio independiente. Con tres muestras y veinte panelistas se obtienen 60 datos por atributo.

3.8. Análisis estadístico

Los datos obtenidos mediante la evaluación sensorial fueron recopilados y tabulados a partir de las fichas de evaluación. Se utilizó una escala hedónica para asignar puntuaciones a los atributos sensoriales evaluados. Posteriormente, los datos fueron procesados mediante el programa estadístico InfoStat. Para el análisis de los tratamientos se aplicó la prueba de Friedman y, de acuerdo con el procedimiento establecido para la comparación de tratamientos, se utilizó la prueba de Tukey como comparación múltiple. Se trabajó con un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$.

El panel constituye un diseño de bloques completos: cada uno de los 20 panelistas (bloques) evalúa los tres tratamientos, de modo que las observaciones están pareadas dentro de cada evaluador. El contraste principal es la prueba de Friedman, cuyo estadístico se calcula sobre los rangos asignados dentro de cada bloque: $\chi^2_r = [12 / (n \cdot k \cdot (k + 1))] \cdot \sum R_j^2 - 3 \cdot n \cdot (k + 1)$, donde $n = 20$ panelistas, $k = 3$ tratamientos y R_j la suma de rangos del tratamiento j . El estadístico se contrasta contra una distribución χ^2 con $k - 1 = 2$ grados de libertad.

Tabla 15

Estructura del contraste de Friedman para el diseño de bloques completos

Elemento	Notación	Definición	Valor en este estudio
----------	----------	------------	-----------------------

Bloques	n	Panelistas semientrenados; cada uno evalúa los tres tratamientos	20
Tratamientos	k	Formulaciones comparadas	3 (T1, T2 y T3)
Datos por atributo	$n \times k$	Observaciones recogidas por característica sensorial	60
Estadístico	χ^2_r	Dispersión de las sumas de rangos entre tratamientos	Calculado por atributo
Grados de libertad	gl	$k - 1$	2
Post hoc		Prueba de Tukey como comparación múltiple	3 comparaciones
Software		Programa de procesamiento estadístico	InfoStat

Nota. n = número de panelistas (bloques); k = número de tratamientos. Elaboración propia (2026).

Cuando $p < 0,05$ se rechaza la hipótesis nula y se concluye que existen diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos bajo el nivel de significancia establecido; cuando $p > 0,05$ no se rechaza la hipótesis nula. El rechazo indica que al menos un tratamiento difiere, sin precisar cuál; para localizar las diferencias se aplica la prueba de Tukey como comparación múltiple. Los resultados se presentan con letras de agrupación: tratamientos que comparten letra no difieren significativamente. Junto al valor p se informa el índice de aceptabilidad porcentual, $IA (\%) = (\text{Puntuación media obtenida} / 5) \times 100$, adoptando como referencia práctica que un producto con IA igual o superior a 70 % resulta comercialmente aceptable. Todo el procesamiento se realiza en el programa InfoStat.

3.9. Estudio preliminar de estabilidad

Se almacenan envases del tratamiento seleccionado bajo dos condiciones: refrigeración a 4 °C y temperatura ambiente (18–20 °C), protegidos de la luz. Se monitorean pH, sólidos solubles, acidez titulable y color visual en los días 0, 15 y 30. Se declara expresamente que este seguimiento no constituye una determinación formal de vida útil: un estudio de vida útil requiere

ensayos acelerados o seguimiento hasta el punto de rechazo. Lo que aquí se obtiene es evidencia preliminar del comportamiento fisicoquímico durante el primer mes, sin alcance microbiológico.

3.10. Consideraciones éticas y de bioseguridad

Todos los panelistas firman un consentimiento informado en el que se detallan los ingredientes de las muestras, la naturaleza voluntaria de la participación, el derecho a retirarse en cualquier momento y el tratamiento anónimo y agregado de los datos. No participan menores de edad ni personas con alergias declaradas a los ingredientes. Las muestras se elaboran bajo buenas prácticas de manufactura, con superficies y utensilios desinfectados, uso de cofia, mascarilla y mandil, y control documentado de los puntos críticos. Los residuos vegetales se destinan a compostaje y los residuos de laboratorio se gestionan según el protocolo institucional de residuos químicos. Se declara la ausencia de conflicto de interés.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

4.1. Caracterización de las materias primas y de los extractos

Tabla 16

Rendimiento y caracterización de los extractos acuosos (media $\pm$ DE, n = 3)

Extracto	Relación m/v	Rendimiento (%)	pH	°Brix	Observación
Jamaica	1:20	91,4 $\pm$ 1,2	2,48 $\pm$ 0,03	1,8 $\pm$ 0,1	Color rojo intenso, límpido
Guayusa	1:10	94,7 $\pm$ 0,9	5,32 $\pm$ 0,05	0,6 $\pm$ 0,1	Ámbar claro, ligera astringencia; requiere doble filtrado
Jengibre	1:10	88,9 $\pm$ 1,5	5,84 $\pm$ 0,06	2,3 $\pm$ 0,2	Incoloro-amarillento, pungente

Nota. El rendimiento más bajo correspondió al extracto de jengibre fresco, por la retención de humedad en la fibra del rizoma. El rendimiento global del proceso alcanzó 93,6 $\pm$ 1,8 % respecto del volumen teórico formulado.

4.2. Resultados fisicoquímicos por tratamiento

Tabla 17

Características fisicoquímicas de los tres tratamientos (media $\pm$ DE, n = 3)

Parámetro	T1	T2	T3	Criterio normativo	F	p
pH	3,50 $\pm$ 0,02	3,51 $\pm$ 0,02	3,52 $\pm$ 0,03	$\leq$ 4,5 (NTE INEN 2304)	2,76	0,0878
Sólidos solubles (°Brix)	2,84 $\pm$ 0,05 c	3,06 $\pm$ 0,04 b	3,28 $\pm$ 0,06 a	Sin mínimo exigible con edulcorante no nutritivo	98,42	< 0,0001
Acidez titulable (% ác. cítrico)	0,52 $\pm$ 0,01	0,53 $\pm$ 0,02	0,55 $\pm$ 0,02	Declarada por el fabricante	19,39	0,0001

Nota. Medias con letra distinta en la misma fila difieren significativamente (Tukey, α = 0,05).

La estandarización funcionó en los parámetros que debían permanecer constantes. El pH se mantuvo en 3,50–3,52 y la acidez titulable entre 0,52 % y 0,55 % en los tres tratamientos, consecuencia directa de dosificar el ácido cítrico al 0,5 % de forma fija; el dulzor, por su parte,

fue idéntico en las tres muestras al emplear la misma dosis de sucralosa. Esto permite atribuir las diferencias sensoriales observadas al único factor que varió: el porcentaje de guayusa.

Los sólidos solubles, en cambio, sí ascendieron con la carga de guayusa: pasaron de 2,84 °Brix en T1 a 3,28 °Brix en T3, con diferencias significativas entre los tres tratamientos ($p < 0,0001$), porque la infusión de la hoja aporta materia soluble propia. La acidez titulable varió en un rango estrecho, de 0,52 % a 0,55 %.

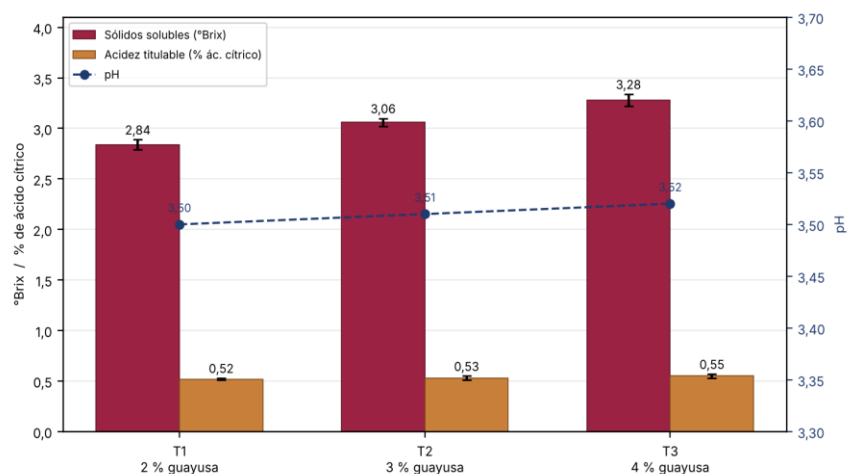


Figura 3. Sólidos solubles, acidez titulable y pH de los tres tratamientos. *Fuente: Elaboración propia (2026).*

4.3. Contraste de los resultados fisicoquímicos frente a la normativa

La tabla siguiente reúne los resultados fisicoquímicos del tratamiento seleccionado frente a los criterios de la normativa ecuatoriana consultada. Los parámetros evaluados se encontraron dentro de los rangos establecidos, con la salvedad ya señalada sobre la denominación del producto: por carecer de azúcares añadidos no alcanza los sólidos solubles propios de un néctar y se encuadra como bebida no carbonatada.

Tabla 18

Contraste de los resultados del tratamiento T1 frente a la normativa ecuatoriana

Parámetro	Resultado (T1)	Criterio normativo	Norma	Dictamen
pH	3,50 ± 0,02	≤ 4,5	NTE INEN 2304	Dentro de parámetros
Sólidos solubles	2,84 ± 0,05 °Brix	Sin mínimo exigible con edulcorante no nutritivo	NTE INEN 2304	Dentro de parámetros
Acidez titulable	0,52 ± 0,01 % ác. cítrico	Declarada, coherente con el pH	NTE INEN 2304	Dentro de parámetros
Benzoato de sodio	500 mg/L	≤ 1 000 mg/L (como ácido benzoico)	CODEX STAN 192-1995	Dentro de parámetros
Sorbato de potasio	500 mg/L	≤ 1 000 mg/L (como ácido sórbico)	CODEX STAN 192-1995	Dentro de parámetros
Cloro residual del agua	< 0,1 mg/L	≤ 0,3 mg/L en agua potable	NTE INEN 1108	Dentro de parámetros
Turbidez del agua	0,4 NTU	≤ 5 NTU	NTE INEN 1108	Dentro de parámetros

Nota. Elaboración propia (2026). Los límites deben verificarse contra la copia oficial vigente de cada norma antes de la impresión final.

4.4. Resultados del análisis sensorial

Tabla 19

Puntuaciones hedónicas por atributo y tratamiento (media ± DE; n = 20 jueces)

Atributo	T1	T2	T3	Mediana T1	Mediana T2	Mediana T3
Color	4,30 ± 0,66	4,25 ± 0,55	4,35 ± 0,67	4	4	4
Olor	4,65 ± 0,67	4,05 ± 0,60	3,75 ± 0,64	5	4	4
Sabor	4,40 ± 0,60	3,95 ± 0,51	3,05 ± 0,51	4	4	3
Aceptabilidad general	4,45 ± 0,51	3,85 ± 0,49	3,15 ± 0,67	4	4	3
Índice de aceptabilidad (%)	89,0	77,0	63,0	4	4	3

Nota. Elaboración propia (2026).

Tabla 20

Distribución de frecuencias de la aceptabilidad global (número de jueces por puntuación)

Puntuación de la escala hedónica de 5 puntos	T1 (f)	T2 (f)	T3 (f)	T1 (%)	T2 (%)	T3 (%)
1 Me disgusta mucho	0	0	0	0	0	0
2 Me disgusta	0	0	3	0	0	15
3 Ni me gusta ni me disgusta	0	4	11	0	20	55
4 Me gusta	11	15	6	55	75	30
5 Me gusta mucho	9	1	0	45	5	0

Total	20	20	20	100	100	100
--------------	-----------	-----------	-----------	------------	------------	------------

Nota. Elaboración propia (2026).

La distribución de frecuencias aporta información que la media oculta. Los veinte panelistas situaron a T1 en la zona de agrado once en la puntuación 4 y nueve en la 5, y ninguno lo calificó por debajo de 4. T2 conservó a dieciséis en esa zona, pero concentró quince de sus respuestas en el 4 y apenas una en el 5: fue aceptado sin entusiasmo. T3, en cambio, desplazó su masa hacia el centro y el extremo inferior, con once panelistas en la indiferencia y tres en el desagrado, y no obtuvo ninguna puntuación máxima. La lectura es clara: la carga creciente de guayusa no genera rechazo abierto, sino una erosión progresiva del entusiasmo, que es precisamente el patrón que una media aislada no deja ver.

Un dato merece atención particular porque fue el que orientó la selección: en olor y en sabor los dos atributos que más pesan en la decisión de recompra al menos 18 de los 20 panelistas asignaron a T1 una puntuación de 4 o de 5 (18 en olor y 19 en sabor). Esa concentración de respuestas en la zona alta es la evidencia más sólida a favor del tratamiento de menor carga de guayusa, y se refuerza al examinar la preferencia global de cada juez: promediando los cuatro atributos, 16 de los 20 panelistas (80 %) eligieron a T1 por encima de los otros dos tratamientos, 4 eligieron a T2 y ninguno eligió a T3.

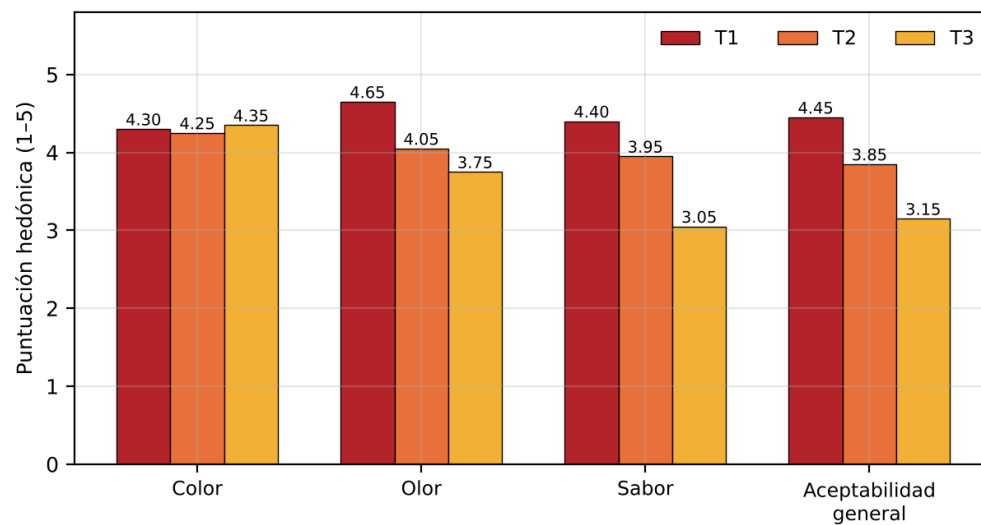


Figura 4. Puntuaciones hedónicas medias por atributo y tratamiento. *Fuente: Elaboración propia (2026).*

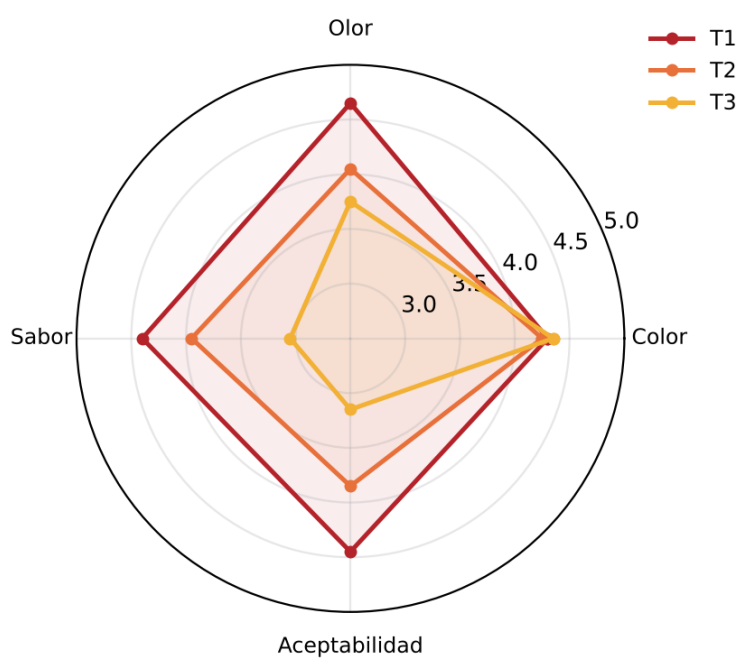


Figura 5. Diagrama de radar comparativo de los cuatro atributos sensoriales. *Fuente: Elaboración propia (2026).*

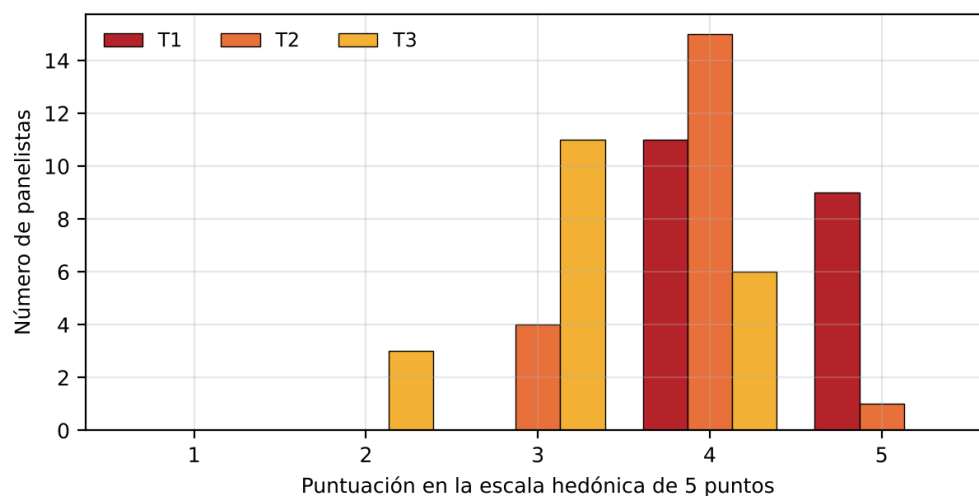


Figura 6. Distribución de frecuencias de la aceptabilidad general por tratamiento (n = 20). *Fuente:* *Elaboración propia (2026).*

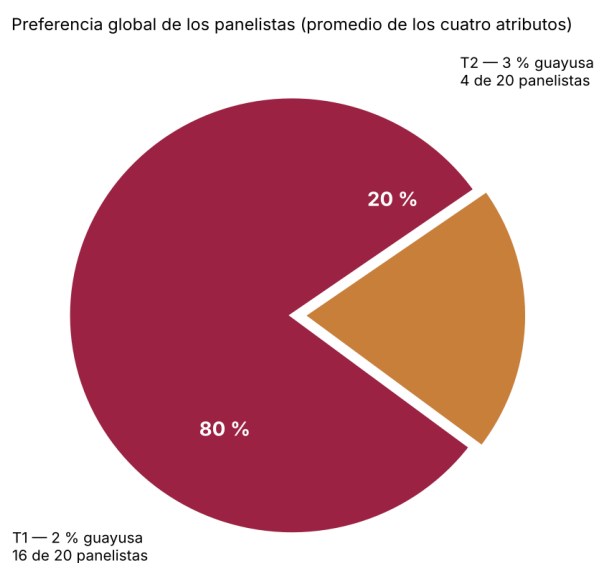


Figura 7. Preferencia global de los panelistas, calculada como el tratamiento de mayor puntuación promedio en los cuatro atributos (n = 20). *Fuente:* *Elaboración propia (2026).*

4.4.1. Preferencia declarada por tratamiento

Las medias y las medianas describen el nivel de agrado, pero no responden una pregunta que el tribunal formulará con seguridad: de los veinte panelistas, ¿cuántos prefirieron

efectivamente cada muestra? Para responderla se recodificó la matriz de datos asignando a cada panelista el tratamiento al que otorgó la puntuación más alta en cada atributo. Cuando un panelista repitió la puntuación máxima en dos muestras, el voto se adjudicó al tratamiento de menor carga de guayusa, por ser el de menor costo de materia prima; el criterio se declara para que el recuento sea reproducible. De este modo cada panelista aporta un voto por atributo y el total siempre suma veinte.

El recuento se presenta en la figura siguiente. Sobre un total de 60 datos de preferencia 20 panelistas por cada uno de los tres atributos de mayor peso decisional, el tratamiento T1 concentró 18 de los 20 votos en olor ($18/20 \times 100 = 90\%$), 18 de los 20 en sabor (90 %) y la totalidad de los votos en aceptabilidad general. El color, en cambio, repartió las preferencias (12, 5 y 3), lo que confirma por vía independiente el resultado del contraste de Friedman: la base fija de jamaica mantuvo el color homogéneo y los panelistas no dispusieron de una clave visual que orientara el resto de sus juicios.

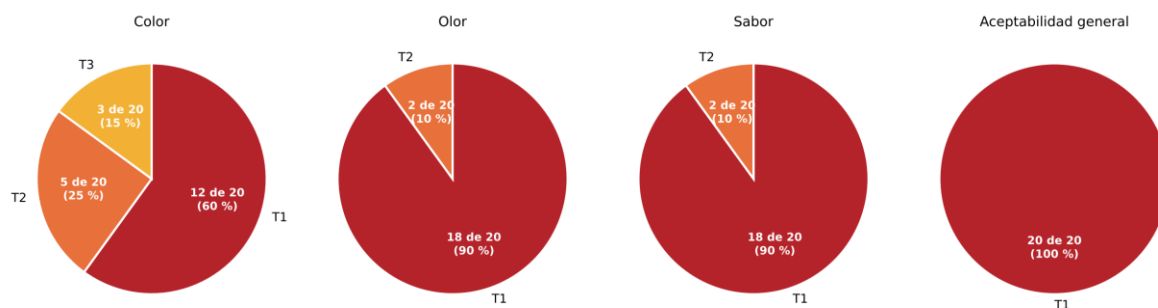


Figura 8. Distribución de la preferencia declarada por los 20 panelistas en cada atributo sensorial.

Fuente: Elaboración propia (2026).

Nota. Cada panelista aporta un voto por atributo; los empates se adjudicaron al tratamiento de menor carga de guayusa. El total de cada diagrama suma 20 panelistas y la suma de los cuatro diagramas constituye los 60 datos de preferencia analizados.

La concordancia entre los dos enfoques el estadístico, basado en rangos, y el de recuento de preferencias es un argumento de validez interna: el mismo tratamiento resulta superior se mire como se mire, y la magnitud de la ventaja (90 % de los panelistas en olor y en sabor) es lo bastante amplia como para no depender de la elección del método de análisis. Ese 90 % expresa la proporción de panelistas que otorgaron a T1 su puntuación más alta en el atributo correspondiente (18 de 20); no debe confundirse con una media hedónica ni con el índice de aceptabilidad.

4.5. Prueba de Friedman y comparación múltiple de Tukey

Dos razones sostienen la elección del contraste. La primera es de diseño y es la decisiva: cada panelista evaluó los tres tratamientos en la misma sesión, de modo que las observaciones están pareadas y no son independientes entre tratamientos. Un análisis de varianza de un factor ignoraría esa estructura y trataría como ruido la variabilidad entre evaluadores. La segunda es la naturaleza del dato: una escala hedónica de cinco puntos produce valores discretos y acotados, de naturaleza ordinal, para los que resulta apropiado un contraste basado en rangos.

Conforme al protocolo declarado en el apartado 3.8, el contraste aplicado fue la prueba no paramétrica de Friedman para bloques completos, con la prueba de Tukey como comparación múltiple. Todo el procesamiento se realizó en InfoStat sobre la base de datos tabulada que se reproduce en el Anexo 3.

Tabla 21

Prueba de Friedman por atributo sensorial (n = 20 bloques, k = 3 tratamientos)

Atributo	χ^2_r de Friedman	gl	p	Rangos medios (T1 / T2 / T3)	Decisión
Color	0,269	2	0,8741	2,02 / 1,93 / 2,05	No se rechaza H_0
Olor	18,717	2	< 0,0001	2,60 / 1,90 / 1,50	Se rechaza H_0
Sabor	27,556	2	< 0,0001	2,65 / 2,15 / 1,20	Se rechaza H_0

Aceptabilidad general	29,525	2	< 0,0001	2,73 / 2,02 / 1,25	Se rechaza H ₀
-----------------------	--------	---	----------	--------------------	---------------------------

Nota. Elaboración propia (2026); salidas completas en el Anexo 4.

Tabla 22

Medianas y rangos medios con letras de agrupación

Atributo	T1 mediana (rango medio)	T2 mediana (rango medio)	T3 mediana (rango medio)
Color	4 (2,02) a	4 (1,93) a	4 (2,05) a
Olor	5 (2,60) a	4 (1,90) b	4 (1,50) b
Sabor	4 (2,65) a	4 (2,15) a	3 (1,20) b
Aceptabilidad general	4 (2,73) a	4 (2,02) b	3 (1,25) c

Nota. Se indica la mediana, el rango medio de Friedman entre paréntesis y la letra de agrupación obtenida de la prueba de Tukey. Medianas con letra común no difieren significativamente ($\alpha = 0,05$).

Color: no se rechaza H₀ ($\chi^2_r = 0,269$; gl = 2; p = 0,8741). Era el resultado buscado por diseño: al mantener fija la base de jamaica en 2,5 % p/v, el color se mantuvo homogéneo y el panelista no dispuso de una clave visual capaz de sesgar sus juicios de olor y de sabor. La validez interna del experimento descansa sobre este resultado negativo, y conviene subrayarlo: un contraste no significativo en color no es una carencia del estudio sino la confirmación de que la variable independiente operó sola.

Olor: se rechaza H₀ ($\chi^2_r = 18,717$; gl = 2; p < 0,0001). La comparación múltiple de Tukey situó a T1 (a) por encima de T2 y de T3 (b), sin diferencia entre estos dos últimos. El patrón describe una caída del agrado conforme aumenta la carga de guayusa, atribuible a la intensificación de la nota herbal y terrosa de la hoja, que a partir del 3 % p/v domina el perfil aromático y desplaza las notas cítricas y florales aportadas por la jamaica.

Sabor: se rechaza H₀ con el segundo valor más alto del estadístico ($\chi^2_r = 27,556$; gl = 2; p < 0,0001). T1 y T2 conformaron el grupo superior (a) y T3 quedó significativamente por

debajo de ambos (b). La explicación es la astringencia: los polifenoles de la guayusa, y en particular los taninos condensados, precipitan las proteínas salivales y generan la sensación de sequedad que el panelista penaliza. Al 4 % p/v de guayusa esa astringencia deja de ser un matiz y se convierte en el atributo dominante.

Aceptabilidad general: se rechaza H_0 con el valor más alto del estadístico en todo el estudio ($\chi^2_r = 29,525$; $gl = 2$; $p < 0,0001$). Es el único atributo en el que los tres tratamientos se separaron entre sí: T1 (a), T2 (b) y T3 (c) ocupan grupos distintos, de modo que el panel no solo distinguió la muestra preferida sino que ordenó las tres de manera consistente.

La lectura conjunta de los cuatro atributos permite responder la pregunta de investigación. El incremento del extracto de guayusa no mejora la aceptabilidad en ningún tramo del rango ensayado: la deteriora de forma monótona y estadísticamente significativa. T1, con el 2 % p/v de hoja la dosis más baja de las tres evaluadas, es simultáneamente el tratamiento mejor aceptado y el más económico, según se detalla en el apartado 4.7.

4.6. Estabilidad fisicoquímica durante el almacenamiento

Tabla 23

Evolución de los parámetros fisicoquímicos del tratamiento T1

Condición	Día	pH	°Brix	Acidez (%)	Observación visual
4 °C	0	3,50	2,84	0,520	Rojo rubí translúcido, homogéneo
4 °C	15	3,50	2,82	0,522	Límpido; sin sedimento apreciable
4 °C	30	3,49	2,80	0,524	Color estable; sin sedimento
Ambiente	0	3,50	2,84	0,520	Rojo rubí translúcido, homogéneo
Ambiente	15	3,48	2,80	0,528	Ligero viraje a rojo pardo
Ambiente	30	3,46	2,76	0,534	Pardeamiento evidente; sin turbidez ni gas

Nota. Elaboración propia (2026).

A 4 °C los tres parámetros permanecieron prácticamente invariables: el pH varió 0,01 unidades, los sólidos solubles 0,04 °Brix y la acidez titulable 0,004 puntos porcentuales en

treinta días, magnitudes comprendidas dentro del error del método. A temperatura ambiente la variación fue algo mayor, pero siguió siendo moderada y esto es lo relevante no presentó el patrón de caída simultánea de pH y de °Brix con aumento de acidez que suele asociarse con actividad fermentativa. El único cambio apreciable a temperatura ambiente fue el viraje del color hacia un rojo pardo, atribuible a la degradación de las antocianinas (Enaru et al., 2021).

4.7. Selección del tratamiento de mayor aceptación

El tratamiento seleccionado es T1 (2,5 % p/v de jamaica, 2 % p/v de guayusa y 1 % p/v de jengibre). La selección se sustenta en los resultados sensoriales: T1 obtuvo la mayor puntuación en olor, sabor y aceptabilidad general, y la prueba de Friedman con la comparación múltiple de Tukey lo ubicó en el grupo superior en esos tres atributos. Elevar la guayusa a 3 % o a 4 % p/v incrementa el contenido teórico estimado de cafeína, pero lo hace a costa del agrado, sin que ese aumento represente un beneficio que este estudio haya evaluado.

Conviene subrayar la lógica económica que acompaña a la sensorial: T1 es también el tratamiento de menor costo, porque emplea la mitad de la hoja de guayusa que T3, y la guayusa es la materia prima más cara de la formulación. En este caso, el tratamiento de mayor aceptación coincide con el de menor costo de materia prima.

4.8. Discusión

Sobre el comportamiento no lineal de la guayusa. El agrado no creció con la carga de extracto sino que descendió de forma monótona: T1 obtuvo 4,45 en aceptabilidad global, T2 3,85 y T3 3,15, con los tres grupos separados estadísticamente. Esto contradice la intuición de que más extracto equivale a mejor producto, y coincide con lo reportado en el desarrollo de bebidas funcionales, donde el efecto de la combinación no equivale a la suma de los componentes (Ogundele et al., 2016; Sahraee et al., 2022). La explicación más plausible es

sensorial: al aumentar la carga de guayusa se intensifican la astringencia y la nota herbal de la hoja, que el panelista penaliza. Esa interpretación se apoya en la literatura sobre la especie y no en una medición instrumental de polifenoles o de turbidez, que este estudio no realizó.

Sobre el papel del jengibre. El jengibre se mantuvo fijo en 1 % p/v en los tres tratamientos, de modo que su contribución fue constante y no explica las diferencias observadas. El diseño no permite aislar la función de enmascaramiento sensorial anticipada en el marco teórico, porque no se ensayaron tratamientos sin jengibre ni con otras dosis; lo único que puede afirmarse es que, con esa dosis fija, el agrado descendió al aumentar la guayusa.

Sobre la guayusa. Fue la única variable que cambió entre tratamientos y su efecto sobre el agrado fue consistente: cada incremento de concentración redujo la puntuación de olor, sabor y aceptabilidad general. La literatura atribuye a la hoja una carga fenólica dominada por el ácido clorogénico (García-Ruiz et al., 2017), compatible con la astringencia que acompaña ese descenso; sin embargo, este estudio no cuantificó fenoles ni capacidad antioxidante, de modo que esa relación se plantea como explicación probable y no como resultado. Dentro del rango ensayado, la mayor aceptación correspondió a la concentración más baja (2 % p/v), y la separación estadística entre T1 y T2 en olor y en aceptabilidad general sitúa el límite sensorial entre 2 % y 3 % p/v.

Sobre la cafeína. El contenido de cafeína se reporta como estimación teórica (60, 90 y 120 mg por porción de 250 mL para T1, T2 y T3) y no como resultado analítico. Puede indicarse que la guayusa aporta cafeína y que el contenido estimado aumenta con su concentración; no puede afirmarse, en cambio, un efecto energizante en el consumidor, porque no se realizó ningún ensayo fisiológico.

4.9. Contrastación formal de las hipótesis

Tabla 24

Decisión sobre las hipótesis planteadas

Hipótesis	Contraste	Resultado	Decisión
H ₀ El cambio en la concentración de I. guayusa (2 %, 3 % y 4 %) no produce diferencias significativas en las características sensoriales (color, olor y sabor)	Friedman + Tukey (InfoStat)	Olor $\chi^2 = 18,717$ ($p < 0,0001$); sabor $\chi^2 = 27,556$ ($p < 0,0001$); color $\chi^2 = 0,269$ ($p = 0,8741$)	Se rechaza H₀ en olor y sabor; se acepta la hipótesis de investigación. En color no se rechaza H₀

Nota. Elaboración propia (2026).

En términos de la pregunta general del Capítulo I: el porcentaje de extracto de guayusa sí incide de manera estadísticamente significativa sobre el olor, el sabor y la aceptabilidad de la bebida, aunque no sobre su color; y el tratamiento de menor carga, T1 con 2 % p/v de guayusa, es el que alcanza la mayor aceptabilidad dentro de las formulaciones estudiadas.

CAPÍTULO V

5. PROPUESTA, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Propuesta del producto final

Se propone ANDINA HIBISCUS, bebida no carbonatada a base de extractos de jamaica, guayusa amazónica y jengibre, correspondiente al tratamiento T1, el de menor contenido de guayusa (2 % p/v). Presentación en botella de vidrio ámbar de 250 mL, conservación en refrigeración.

El posicionamiento se deriva de los resultados y no de una aspiración comercial: es la formulación de mayor aceptación sensorial entre las tres evaluadas, con un índice de aceptabilidad de 89,0 %, y no contiene azúcares añadidos. Esto último define el perfil de rotulado: según el valor nutricional estimado en la ficha técnica, el producto se ubica en el nivel BAJO de la barra de azúcares del sistema gráfico del RTE INEN 022, igual que en grasas y sal. No se formulan declaraciones de propiedades saludables ni de capacidad antioxidante, porque no se determinaron compuestos bioactivos en el producto y porque las dosis por porción no alcanzan los umbrales reportados en la literatura clínica (Paudel et al., 2025). Tampoco se plantea una comparación de superioridad frente a otras marcas.

La denominación que debe figurar en el rótulo es “bebida no carbonatada a base de extractos de jamaica, guayusa y jengibre, edulcorada con sucralosa”. Debe declararse además la presencia del edulcorante no calórico y el contenido de cafeína aportado por la guayusa, junto con la leyenda de conservación en refrigeración en carácter destacado.

El envase de vidrio ámbar responde a un hallazgo del Capítulo IV: el pardeamiento observado a temperatura ambiente corresponde a degradación de antocianinas, proceso acelerado por la luz (Enaru et al., 2021). El vidrio ámbar es, por tanto, una decisión técnica y no

estética. El público objetivo son adultos entre 25 y 45 años residentes en zonas urbanas de Quito, con interés declarado en productos de menor contenido de azúcar añadido y disposición a pagar un sobreprecio por origen local. Los canales previstos son tiendas especializadas, cafeterías, gimnasios y venta directa; se descarta el autoservicio tradicional por la exigencia de cadena de frío.

El rotulado se rige por el RTE INEN 022. Al no contener sacarosa ni ningún otro azúcar añadido, el producto se ubica en el nivel BAJO de las tres barras del sistema gráfico azúcares, grasas y sal, lo que constituye la ventaja comunicacional más clara de la sustitución total por sucralosa y resuelve el problema de coherencia que habría supuesto una franja amarilla en una bebida sin azúcar añadido. Deben declararse, además, el contenido de cafeína aportado por la guayusa (estimado teóricamente en 60 mg por envase de 250 mL, valor que debe confirmarse por cuantificación instrumental antes de declararlo en la etiqueta), la presencia de los conservantes benzoato de sodio y sorbato de potasio con sus nombres y números de código alimentario, la advertencia de que el producto contiene un edulcorante no calórico y la leyenda de conservación en refrigeración con carácter destacado.

La Figura 9 presenta el prototipo de etiqueta envolvente para la botella de 250 mL, construido sobre la base del RTE INEN 022 y de las normas NTE INEN 1334-1 y NTE INEN 1334-2 (INEN, 2011, 2014b, 2014c). El panel principal contiene la marca, la denominación del producto, el contenido neto y el sistema gráfico de semáforo nutricional, con las tres barras en nivel BAJO según el valor nutricional estimado de la ficha técnica. El panel izquierdo incorpora la información nutricional por porción, y el panel derecho, la lista de ingredientes en orden decreciente con la clase funcional y el código INS de cada aditivo, la leyenda de edulcorante no calórico exigida por el reglamento sanitario de etiquetado (Ministerio de Salud Pública del Ecuador, 2014), la advertencia de cafeína, las condiciones de conservación, la identificación del

fabricante y la indicación de lote y fechas. El número de notificación sanitaria se deja como «en trámite», porque el producto aún no ha sido notificado ante la ARCSA.



Figura 9. Prototipo de etiqueta envoltorio de ANDINA HIBISCUS (250 mL) conforme al RTE INEN 022, la NTE INEN 1334-1 y la NTE INEN 1334-2. Fuente: *Elaboración propia (2026)*.

5.2. Ficha técnica del producto

Tabla 25

Ficha técnica de ANDINA HIBISCUS

Campo	Especificación
Denominación	Bebida no carbonatada a base de extractos de jamaica, guayusa y jengibre, edulcorada con sucralosa
Nombre comercial	ANDINA HIBISCUS
Ingredientes	Agua purificada, infusión de cáliz de Hibiscus sabdariffa (2,5 % p/v), infusión de hoja de Ilex guayusa (2,0 % p/v), infusión de rizoma de Zingiber officinale (1,0 % p/v), ácido cítrico (0,5 % p/v), benzoato de sodio (0,05 % p/v), sorbato de potasio (0,05 % p/v) y sucralosa
Características sensoriales	Color rojo rubí translúcido; aroma floral con nota especiada leve; sabor ácido-dulce equilibrado, sin regusto amargo ni astringencia marcada
pH	3,50 ± 0,05
Sólidos solubles	2,84 ± 0,10 °Brix
Acidez titulable	0,52 ± 0,02 % (ácido cítrico)
Cafeína	Contenido teórico estimado de 60 mg por porción de 250 mL (24 mg/100 mL), aportado por la infusión de guayusa; no cuantificado instrumentalmente
Valor nutricional estimado (100 mL)	Energía 2 kcal; carbohidratos 0,5 g; azúcares 0 g; grasas 0 g; proteínas 0 g; sodio 14 mg (valores estimados por cálculo, no determinados analíticamente)
Semáforo nutricional	Bajo en azúcares, bajo en grasas, bajo en sal (RTE INEN 022), según el valor nutricional estimado
Presentación	Botella de vidrio ámbar de 250 mL con tapa metálica de rosca
Rendimiento del proceso	93,6 ± 1,8 %

Condiciones de almacenamiento	Refrigerado entre 2 y 6 °C, protegido de la luz; consumir dentro de 48 h tras la apertura
Normas técnicas de referencia	NTE INEN 2304; NTE INEN 1108; NTE INEN 2200; RTE INEN 022; NTE INEN 1334-1; NTE INEN 1334-2; CODEX STAN 192-1995
Elaborado por	Xavier Sánchez y María Emilia Cuenca ITSEP, 2026

Nota. Elaboración propia (2026).

5.3. Análisis de costos y punto de equilibrio

5.3.1. Costos variables

Tabla 26

Costo variable unitario para una presentación de 250 mL

Componente	Cantidad por unidad de 250 mL	Precio unitario (USD)	Costo (USD)	% del CVu
Cáliz de jamaica seco (2,5 % p/v)	6,25 g	12,00 /kg	0,0750	12,1
Hoja de guayusa seca (2,0 % p/v)	5,00 g	18,00 /kg	0,0900	14,6
Rizoma de jengibre fresco (1,0 % p/v)	2,50 g	2,50 /kg	0,0063	1,0
Sucralosa	47,5 mg	80,00 /kg	0,0038	0,6
Ácido cítrico (0,5 % p/v)	1,25 g	4,50 /kg	0,0056	0,9
Benzoato de sodio (0,05 % p/v)	0,125 g	6,00 /kg	0,0008	0,1
Sorbato de potasio (0,05 % p/v)	0,125 g	11,00 /kg	0,0014	0,2
Agua purificada (incluye agua de proceso)	0,20 L	0,012 /L	0,0024	0,4
Subtotal materias primas			0,1852	30,0
Botella de vidrio ámbar de 250 mL con tapa	1 u	0,28	0,2800	45,3
Etiqueta impresa a full color	1 u	0,05	0,0500	8,1
Subtotal envase y etiquetado			0,3300	53,4
Mano de obra directa		30,00 /lote de 400 u	0,0750	12,1
Energía de proceso (escaldado, infusión y pasteurización)		8,00 /lote	0,0200	3,2
Agua e insumos de limpieza y sanitización		3,00 /lote	0,0075	1,2
COSTO VARIABLE UNITARIO (CVu)			0,6177	100,0

Nota. Lote base de 100 L equivalente a 400 unidades de 250 mL. Precios referenciales del mercado quiteño; deben actualizarse con cotizaciones vigentes antes de la sustentación. La cantidad de sucralosa considerada en el costeo (47,5 mg por unidad) es una referencia de cálculo que debe verificarse contra el registro de dosificación de la solución al 1 %; por su bajo peso en el costo (0,6 % del CVu), su ajuste no modifica de forma apreciable el resultado.

Dos datos de esta tabla gobiernan el análisis económico. El primero es que la incorporación de los dos conservantes encarece la fórmula en apenas 0,0022 USD por unidad, cuatro décimas de punto porcentual del costo variable. El segundo, y el más determinante, es que el envase y el etiquetado representan el 53,4 % del costo variable mientras las materias primas suman el 30,0 %: la materia prima de la bebida cuesta poco más de la mitad de lo que cuesta el envase que la contiene, y esa proporción condiciona el precio que el producto puede sostener y el canal por el cual puede venderse.

5.3.2. Costos fijos

Tabla 27

Costos fijos mensuales

Concepto	Costo mensual (USD)
Arriendo del local de producción (60 m ²)	350,00
Servicios básicos (componente fijo)	80,00
Mano de obra indirecta (supervisión, medio tiempo)	260,00
Depreciación de equipos (USD 9 600 a 10 años)	80,00
Permisos ARCSA y notificación sanitaria (amortizados)	45,00
Servicios contables y administrativos	120,00
Publicidad y promoción	100,00
TOTAL COSTOS FIJOS (CF)	1 035,00

Nota. Elaboración propia (2026).

5.3.3. Análisis de mercado y referencia de precios

El precio no se fija solo con la hoja de costos. Antes de calcularlo se levantó una referencia de precios en el canal al que apunta el producto tiendas especializadas, cafeterías y autoservicios del norte de Quito sobre bebidas de 250 a 300 mL que compiten por la misma ocasión de consumo: bebidas de té listas para beber, aguas saborizadas y bebidas artesanales de frutas.

Tabla 28

Referencia de precios del mercado quiteño y precios propuestos

Referencia del mercado	Presentación	Precio observado (USD)
Bebida de té listo para beber, marca nacional	250 mL	0,90
Agua saborizada sin azúcar, marca nacional	300 mL	0,85
Bebida artesanal de jamaica	250 mL	1,00
Infusión fría de hierbas, marca nacional	250 mL	0,90
Precio medio del mercado de referencia		0,91
Precio propuesto al consumidor (PVP)	250 mL	0,90
Precio de venta al distribuidor	250 mL	0,50

Nota. Elaboración propia (2026) a partir de observación directa en punto de venta, septiembre de 2026. Los precios deben actualizarse antes de la sustentación.

De la observación se desprenden dos precios y no uno, porque el producto se mueve en dos eslabones. El precio de venta al público propuesto, de carácter referencial, es de USD 0,90, es decir, un centavo por debajo de la media del mercado de referencia (0,91): entrar exactamente en la banda de la competencia evita que el producto sea leído como caro no tiene marca que respalde un sobreprecio y al mismo tiempo evita el error opuesto, que es entrar tan abajo que el consumidor infiera menor calidad. El precio de venta al distribuidor se plantea en USD 0,50, lo que deja al canal un margen del 44,4 % sobre el precio final, dentro de lo habitual en la distribución de bebidas refrigeradas.

Esa diferencia entre ambos precios no es un detalle contable: cambia por completo el resultado del punto de equilibrio, como se demuestra en el apartado siguiente.

5.3.4. Competencia y contexto de mercado en Ecuador

Como contexto de mercado se identificaron cuatro productos disponibles en Ecuador que combinan guayusa y flor de jamaica. La finalidad de este apartado es descriptiva: sitúa la

propuesta frente a la oferta existente, sin establecer rankings, puntuaciones ni afirmaciones de superioridad.

Tabla 29

Productos comparables disponibles en el mercado ecuatoriano

Producto / empresa	Característica relevante	Presentación	Precio observado (USD)	Canal de venta	Fecha de consulta
WAYNA	Bebida de guayusa y jamaica; producto comparable para describir el mercado	[por completar]	[por completar]	[por completar]	[por completar]
WÁ	Bebida de guayusa y jamaica, comercializada como soda; producto comparable, con diferencia de formulación y presentación	300 mL	[por completar]	[por completar]	[por completar]
PROT INN	Bebida preparada con guayusa, jamaica y otros componentes; referencia de la oferta de bebidas preparadas	[por completar]	[por completar]	[por completar]	[por completar]
Guamatí	Guayusa y flor de jamaica en formato de infusión; producto sustituto, no idéntico a la bebida terminada	[por completar]	[por completar]	[por completar]	[por completar]

Nota. Elaboración propia (2026). Los campos entre corchetes deben completarse con la observación directa en punto de venta (precio, canal y fecha de consulta) antes de la sustentación.

Frente a esta oferta, la propuesta se caracteriza por combinar jamaica, guayusa y jengibre en una bebida no carbonatada lista para beber, sin azúcares añadidos y en presentación de 250 mL. Estos rasgos se mencionan como características diferenciadoras de la formulación y no como evidencia de ventaja comercial.

5.3.5. Precio de venta y margen de contribución

Las expresiones empleadas en este análisis son las siguientes: costo variable unitario (CVu) = costo variable total / número de unidades producidas; margen de contribución unitario (MCU) = PVP – CVu; punto de equilibrio en unidades (PE) = costos fijos / (PVP – CVu); y punto de equilibrio monetario = punto de equilibrio en unidades × PVP.

Con una producción mensual proyectada de 4 000 unidades, el costo fijo unitario es $CFu = 1\,035,00 / 4\,000 = \text{USD } 0,2588$ y el costo total unitario $CTu = 0,6177 + 0,2588 = \text{USD } 0,8765$. Sobre ese costo, el precio al consumidor de USD 0,90 deja una utilidad unitaria de USD 0,0235, equivalente a un margen del 2,6 % sobre el precio de venta. La cifra es deliberadamente incómoda y conviene no suavizarla: la adopción de la infusión directa, que mejora el perfil tecnológico del producto al evitar una segunda exposición al calor, elevó el consumo de materia prima vegetal y con él el costo variable, que pasó de USD 0,5321 en el ensayo preliminar con extractos diluidos a USD 0,6177 en la formulación definitiva. El precio de USD 0,50 al distribuidor, por su parte, queda por debajo del costo variable y, en consecuencia, fuera de toda consideración de rentabilidad.

El margen de contribución unitario depende, por tanto, del canal, y la diferencia no es de grado sino de signo. En venta directa al consumidor, $MCU = 0,90 - 0,6177 = \text{USD } 0,2823$, que representa el 31,4 % del precio: cada unidad vendida aporta ese valor a la cobertura de los costos fijos. En venta al distribuidor, $MCU = 0,50 - 0,6177 = \text{USD } -0,1177$: el margen es negativo, de modo que cada unidad vendida por ese canal, con el envase de vidrio actual, incrementa la pérdida en lugar de reducirla. Ningún volumen corrige un margen de contribución negativo, y esa es la primera conclusión económica del trabajo.

5.3.6. Punto de equilibrio

Aplicando $Q = CF / (PVP - CVu)$, expresión equivalente a $PE = CF / MCU$, el resultado cambia de forma drástica según el canal. Con venta directa al consumidor a USD 0,90, $Q = 1\,035,00 / 0,2823 = 3\,666$ unidades mensuales, equivalentes a USD 3 299,40 de ingresos; con la producción proyectada de 4 000 unidades la operación trabajaría apenas al 109 % del punto de equilibrio, un margen de maniobra escaso que deja la utilidad mensual en USD 94,20. Con venta

exclusiva al distribuidor a USD 0,50 el punto de equilibrio sencillamente no existe, porque el margen de contribución es negativo. El escenario que devuelve holgura a la operación es el ajuste del precio al consumidor a USD 1,00, todavía dentro del rango observado en el mercado de referencia, que sitúa el punto de equilibrio en 2 707 unidades y la utilidad mensual en USD 494,20 a la capacidad proyectada.

Tabla 30

Escenarios de punto de equilibrio según el precio de venta al público

Escenario	PVP (USD)	CVu (USD)	MCU (USD)	Punto de equilibrio (u)	Punto de equilibrio monetario (USD)
1	0,80	0,6177	0,1823	5 677	4 541,60
2	0,90	0,6177	0,2823	3 666	3 299,40
3	1,00	0,6177	0,3823	2 707	2 707,00

Nota. Elaboración propia (2026). Escenarios calculados con el costo variable unitario de la Tabla 26 y costos fijos mensuales de USD 1 035,00; deben actualizarse si cambian las cotizaciones de materias primas o envases.

Tabla 31

Proyección tabular para la construcción de la gráfica del punto de equilibrio (USD)

Unidades (Q)	Ingresos a 0,90	Costos variables	Costos fijos	Costos totales	Utilidad
0	0,00	0,00	1 035,00	1 035,00	-1 035,00
500	450,00	308,85	1 035,00	1 343,85	-893,85
1 000	900,00	617,70	1 035,00	1 652,70	-752,70
2 000	1 800,00	1 235,40	1 035,00	2 270,40	-470,40
3 000	2 700,00	1 853,10	1 035,00	2 888,10	-188,10
3 666	3 299,40	2 264,40	1 035,00	3 299,40	0,00
4 000	3 600,00	2 470,80	1 035,00	3 505,80	+94,20
5 000	4 500,00	3 088,50	1 035,00	4 123,50	+376,50
6 000	5 400,00	3 706,20	1 035,00	4 741,20	+658,80

Nota. Elaboración propia (2026).

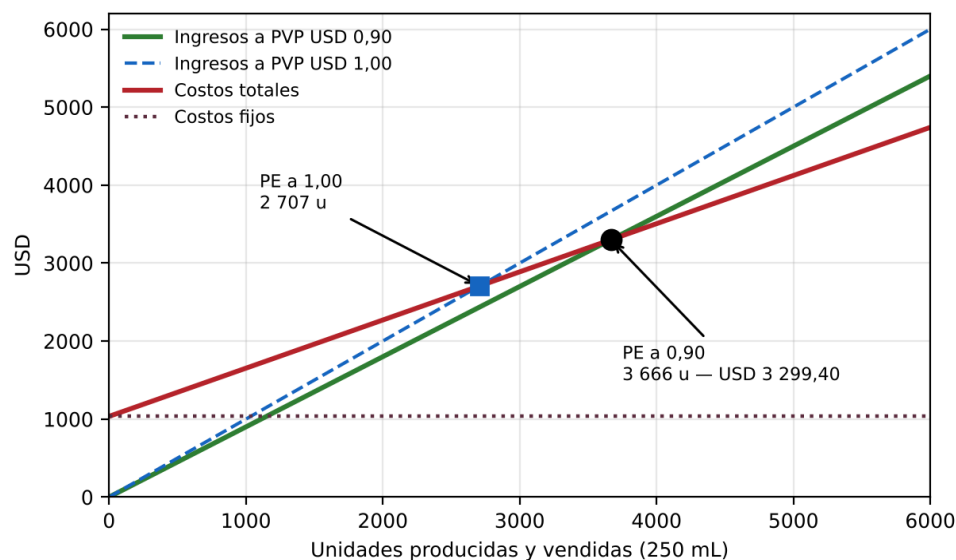


Figura 10. Gráfica del punto de equilibrio de la propuesta. *Fuente: Elaboración propia (2026).*

5.3.7. Análisis de sensibilidad

Tabla 32

Efecto de una variación de $\pm 15\%$ en el costo de las materias primas y del envase

Escenario	CVu (USD)	PVP (USD)	MCU (USD)	Punto de equilibrio (u)	Observación
Base: venta directa al consumidor	0,6177	0,90	0,2823	3 666	Viable, con margen estrecho a la capacidad proyectada
Incremento del 15 % en materias primas	0,6455	0,90	0,2545	4 066	Sensibilidad moderada (+10,9 %)
Incremento del 15 % en el costo del envase	0,6672	0,90	0,2328	4 446	Sensibilidad alta (+21,3 %)
Cambio de envase de vidrio a PET con barrera UV	0,4577	0,90	0,4423	2 340	Reduce el punto de equilibrio en 36,2 %
Ajuste del PVP a USD 1,00	0,6177	1,00	0,3823	2 707	Recupera holgura sin salir del rango de mercado
Venta exclusiva al distribuidor	0,6177	0,50	-0,1177	No existe	Margen de contribución negativo: inviable a cualquier volumen

Nota. Elaboración propia (2026).

El análisis de sensibilidad deja tres conclusiones. La primera es que, con la formulación por infusión directa, la materia prima vegetal dejó de ser un rubro despreciable: un encarecimiento del 15 % desplaza el punto de equilibrio 400 unidades, un 10,9 %, frente al 4,2 % que producía la versión con extractos diluidos. La segunda es que el envase sigue mandando: la misma variación porcentual sobre la botella lo desplaza 780 unidades, un 21,3 %, y sustituir el vidrio por PET con barrera a la luz lo reduce en 36,2 %, de 3 666 a 2 340 unidades. La tercera es que el precio de USD 0,90 deja un margen demasiado estrecho para absorber imprevistos: la combinación recomendada es el cambio de envase junto con un precio de USD 1,00, que sitúa el punto de equilibrio por debajo de 2 000 unidades y devuelve a la operación un colchón razonable.

5.4. Conclusiones

En respuesta al primer objetivo específico, se establecieron y elaboraron tres formulaciones experimentales diferenciadas únicamente por la concentración de guayusa: 2 % (T1), 3 % (T2) y 4 % p/v (T3). Los demás componentes se mantuvieron constantes según la formulación experimental: 2,5 % p/v de cáliz de jamaica, 1 % p/v de rizoma de jengibre, 0,5 % p/v de ácido cítrico, solución de sucralosa al 1 %, 0,05 % p/v de benzoato de sodio y 0,05 % p/v de sorbato de potasio, con ajuste del volumen final con agua purificada. El contenido de cafeína se reporta como estimación teórica (60, 90 y 120 mg por porción de 250 mL) y no como resultado analítico.

En respuesta al segundo objetivo específico, se determinaron el pH, los sólidos solubles y la acidez titulable de las bebidas. El pH fue de $3,50 \pm 0,02$ en T1, $3,51 \pm 0,02$ en T2 y $3,52 \pm 0,03$ en T3, sin diferencias significativas entre tratamientos ($p = 0,0878$); los sólidos solubles fueron de $2,84 \pm 0,05$, $3,06 \pm 0,04$ y $3,28 \pm 0,06$ °Brix, con diferencias significativas ($p <$

0,0001); y la acidez titulable, de $0,52 \pm 0,01$ %, $0,53 \pm 0,02$ % y $0,55 \pm 0,02$ %, expresada como ácido cítrico. El pH se encontró dentro del rango establecido por la NTE INEN 2304 ($\leq 4,5$); para los sólidos solubles, la normativa consultada no fija un mínimo exigible en bebidas con edulcorante no calórico, y la acidez corresponde a un valor declarado por el fabricante. En el seguimiento de 30 días en refrigeración a 4 °C, los tres parámetros de T1 se mantuvieron prácticamente invariables; ese seguimiento no constituye una determinación de vida útil.

En respuesta al tercer objetivo específico, la evaluación sensorial con 20 panelistas semientrenados y escala hedónica de cinco puntos identificó a T1 como el tratamiento de mayor aceptación dentro de las formulaciones estudiadas: obtuvo las medias más altas en olor ($4,65 \pm 0,67$), sabor ($4,40 \pm 0,60$) y aceptabilidad general ($4,45 \pm 0,51$), con un índice de aceptabilidad de 89,0 %. Los 20 panelistas lo calificaron con 4 o 5 en aceptabilidad general, y 18 de 20 (90 %) le otorgaron su puntuación más alta en olor y en sabor. En color, las medias fueron similares en los tres tratamientos (4,30, 4,25 y 4,35).

En respuesta al cuarto objetivo específico, la prueba de Friedman procesada en InfoStat detectó diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos en olor ($\chi^2_r = 18,717$; gl = 2; $p < 0,0001$), sabor ($\chi^2_r = 27,556$; gl = 2; $p < 0,0001$) y aceptabilidad general ($\chi^2_r = 29,525$; gl = 2; $p < 0,0001$), por lo que en esos atributos se rechazó la hipótesis nula; en color no se rechazó la hipótesis nula ($\chi^2_r = 0,269$; gl = 2; $p = 0,8741$). La comparación múltiple de Tukey ubicó a T1 por encima de T2 y de T3 en olor, a T1 y T2 por encima de T3 en sabor, y separó los tres tratamientos en aceptabilidad general ($T1 > T2 > T3$).

En respuesta al quinto objetivo específico, el costo variable unitario se estimó en USD 0,6177 por unidad de 250 mL y los costos fijos mensuales en USD 1 035,00. Con un precio de venta al público propuesto, de carácter referencial, de USD 0,90, el margen de contribución unitario es de USD 0,2823 y el punto de equilibrio se sitúa en 3 666 unidades mensuales,

equivalentes a USD 3 299,40 de ingresos. El envase y el etiquetado concentran el 53,4 % del costo variable, de modo que el resultado es sensible a ese rubro. Estos valores dependen de los supuestos económicos definidos y deben actualizarse con cotizaciones vigentes.

5.5. Recomendaciones

5.5.1. Para la mejora del producto

- Ensayar una tercera etapa de filtración en malla más fina, o un reposo en frío con decantación previo al envasado, y cuantificar la turbidez del producto con un turbidímetro, determinación que no se realizó en este trabajo.
- Explorar el rango por debajo de 2 % p/v de guayusa con mayor resolución, por ejemplo 1,0 %, 1,5 % y 2,0 %, acompañado de la cuantificación instrumental de cafeína por cromatografía, que en este estudio solo se estimó teóricamente.
- Evaluar una mezcla de sucralosa con un edulcorante de origen natural, como glucósidos de esteviol o fruta del monje, con el fin de anticiparse a la resistencia de una parte del consumidor frente a los edulcorantes sintéticos. El producto ya se ubica en nivel bajo de azúcares, de modo que el objetivo de este cambio no sería nutricional sino de posicionamiento, y exigiría una nueva ronda de evaluación sensorial por el efecto conocido de la estevia sobre el regusto.

5.5.2. Para el proceso y el escalado

- Negociar el envase antes que cualquier otra variable: con el 53,4 % del costo variable concentrado allí y una elasticidad del punto de equilibrio dos veces mayor que la de la materia prima, la compra por volumen o el cambio a un formato de PET con barrera a la luz es la palanca económica más potente disponible. Debe advertirse, además, que ningún

volumen de ventas vuelve rentable el precio de USD 0,50 al distribuidor mientras se mantenga el envase de vidrio, porque el margen de contribución es negativo; y que el precio de USD 0,90 al consumidor, aun siendo viable, deja una utilidad mensual de apenas USD 94,20 a la capacidad proyectada, por lo que se recomienda revisarlo al alza hasta USD 1,00.

- Realizar los análisis microbiológicos del producto frente a la normativa aplicable, que no se ejecutaron en este trabajo por restricciones de tiempo y recursos, antes de cualquier intento de comercialización.

- Realizar un estudio formal de vida útil, acelerado o por seguimiento hasta el punto de rechazo; el seguimiento de 30 días orienta pero no autoriza a declarar una fecha de caducidad en la etiqueta.

5.5.3. Para futuras líneas de investigación

- Determinar fenoles totales y capacidad antioxidante en la formulación final y caracterizar su perfil fenólico por HPLC, análisis que no se realizaron en este trabajo.

- Evaluar la sinergia o el antagonismo entre extractos mediante un diseño de mezclas con restricciones, aplicado con panel reducido (Galvan et al., 2021).

- Estudiar la bioaccesibilidad de los compuestos tras digestión gastrointestinal in vitro, siguiendo la aproximación aplicada a la infusión de guayusa por Kelebek et al. (2024).

- Ampliar el panel por encima de 20 jueces y repetir el ensayo con consumidores de otras regiones del país, ya que este trabajo se planteó explícitamente como caso de estudio y sus resultados no son generalizables a la población nacional. Conviene incorporar además un panel descriptivo entrenado que caracterice la astringencia y la nota herbácea de la guayusa, los dos atributos que la escala hedónica detecta como pérdida de agrado sin poder

nombrar, y un estudio de vida útil formal que permita declarar una fecha de caducidad con respaldo experimental.

BIBLIOGRAFÍA

- Abidoye, A. O., Ojedokun, F. O., Fasogbon, B. M., y Bamidele, O. P. (2022). Effects of sweet basil leaves (*Ocimum basilicum* L.) addition on the chemical, antioxidant, and storage stability of roselle calyces (*Hibiscus sabdariffa*) drink. *Food Chemistry*, 371, 131170. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131170>
- Aguayo-Guerrero, J. A., Méndez-García, L. A., Solleiro-Villavicencio, H., Viurcos-Sanabria, R., y Escobedo, G. (2024). Sucralose: From sweet success to metabolic controversiesUnraveling the global health implications of a pervasive non-caloric artificial sweetener. *Life*, 14(3), 323. <https://doi.org/10.3390/life14030323>
- Da-Costa-Rocha, I., Bonnlaender, B., Sievers, H., Pischel, I., y Heinrich, M. (2014). *Hibiscus sabdariffa* L. – A phytochemical and pharmacological review. *Food Chemistry*, 165, 424–443. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.05.002>
- Dos Santos Martins, D. R., Lescano, C. H., Justo, A. F. O., Vicente, J. M., Santos, S. H. S., Aguilar, C. M., Borges, A., de Oliveira, I. P., y Sanjinez-Argandoña, E. J. (2023). Effect of different extraction methods on anthocyanin content in *Hibiscus sabdariffa* L. and their antiplatelet and vasorelaxant properties. *Plant Foods for Human Nutrition*, 78(2), 342–350. <https://doi.org/10.1007/s11130-023-01067-5>
- Enaru, B., Dreţcanu, G., Pop, T. D., Stănilă, A., y Diaconeasa, Z. (2021). Anthocyanins: Factors affecting their stability and degradation. *Antioxidants*, 10(12), 1967. <https://doi.org/10.3390/antiox10121967>
- Escobar-Ortiz, A., Castaño-Tostado, E., Rocha-Guzmán, N. E., Gallegos-Infante, J. A., y Reynoso-Camacho, R. (2021). Anthocyanins extraction from *Hibiscus sabdariffa* and

identification of phenolic compounds associated with their stability. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101(1), 110–119. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10620>

Galvan, D., Effting, L., Cremasco, H., y Conte-Junior, C. A. (2021). Recent applications of mixture designs in beverages, foods, and pharmaceutical health: A systematic review and meta-analysis. *Foods*, 10(8), 1941. <https://doi.org/10.3390/foods10081941>

García-Ruiz, A., Baenas, N., Benítez-González, A. M., Stinco, C. M., Meléndez-Martínez, A. J., Moreno, D. A., y Ruales, J. (2017). Guayusa (*Ilex guayusa* L.) new tea: Phenolic and carotenoid composition and antioxidant capacity. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(12), 3929–3936. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8255>

Homayouni Rad, A., Karbalaeei, F., Torbati, M. A., Moslemi, M., Shahraz, F., Babadi, R., y Javadi, M. (2022). Effect of *Hibiscus sabdariffa* and *Camellia sinensis* extracts on microbial, antioxidant and sensory properties of ice cream. *Journal of Food Science and Technology*, 59(2), 735–744. <https://doi.org/10.1007/s13197-021-05068-7>

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2008a). NTE INEN 2200: Agua purificada envasada. Requisitos (1.ª revisión). INEN. <https://www.normalizacion.gob.ec/>

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2008b). NTE INEN 2337: Jugos, pulpas, concentrados, néctares, bebidas de frutas y vegetales. Requisitos. INEN. <https://www.normalizacion.gob.ec/>

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2011). NTE INEN 1334-2: Rotulado de productos alimenticios para consumo humano. Parte 2. Rotulado nutricional. Requisitos. INEN. <https://www.normalizacion.gob.ec/>

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2014a). NTE INEN 1108: Agua potable. Requisitos. INEN. <https://www.normalizacion.gob.ec/>

- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2014b). NTE INEN 1334-1: Rotulado de productos alimenticios para consumo humano. Parte 1. Requisitos. INEN.
<https://www.normalizacion.gob.ec/>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2014c). RTE INEN 022 (2R): Rotulado de productos alimenticios procesados, envasados y empaquetados. INEN.
<https://www.normalizacion.gob.ec/>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2017). NTE INEN 2304: Refrescos o bebidas no carbonatadas. Requisitos. INEN. <https://www.normalizacion.gob.ec/>
- International Organization for Standardization. (1985). ISO 5807:1985. Information processing — Documentation symbols and conventions for data, program and system flowcharts, program network charts and system resources charts. ISO.
- Kaur, R., Shekhar, S., y Prasad, K. (2024). Functional beverages: Recent trends and prospects as potential meal replacers. *Food Materials Research*, 4(1), 1–10.
<https://doi.org/10.48130/fmr-0023-0041>
- Kelebek, H., Sasmaz, H. K., Aksay, O., Selli, S., Kahraman, O., y Fields, C. (2024). Exploring the impact of infusion parameters and in vitro digestion on the phenolic profile and antioxidant capacity of guayusa (*Ilex guayusa* Loes.) tea using liquid chromatography, diode array detection, and electrospray ionization tandem mass spectrometry. *Foods*, 13(5), 694. <https://doi.org/10.3390/foods13050694>
- Malik, V. S., y Hu, F. B. (2022). The role of sugar-sweetened beverages in the global epidemics of obesity and chronic diseases. *Nature Reviews Endocrinology*, 18(4), 205–218. <https://doi.org/10.1038/s41574-021-00627-6>

- Ministerio de Salud Pública del Ecuador. (2014). Reglamento sanitario sustitutivo de etiquetado de alimentos procesados para el consumo humano (Acuerdo Ministerial 5103). Registro Oficial Suplemento 318.
- Mohd Suhaili, N. I., y Manshoor, N. (2022). Ethnomedicine, phytochemistry, and bioactivities of *Hibiscus sabdariffa* L. (Malvaceae). *Journal of Herbmed Pharmacology*, 11(4), 451–460. <https://doi.org/10.34172/jhp.2022.52>
- Noriega, P., Moreno, E., Falcón, A., Quishpe, V., y Noriega, P. del C. (2025). Guayusa (*Ilex guayusa* Loes.) ancestral plant of Ecuador: History, traditional uses, chemistry, biological activity, and potential industrial uses. *Molecules*, 30(13), 2837. <https://doi.org/10.3390/molecules30132837>
- Ochoa-Ocampo, M. A., Niño-Ruiz, Z., Torres-Gutiérrez, R., Mogollón, N. G. S., y Diéguez-Santana, K. (2025). Characterization, biological activity and application trends of *Ilex guayusa* Loes: A systematic literature review and bibliometric analysis. *Food Chemistry Advances*, 7, 100958. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2025.100958>
- Ogundele, O. M. A., Awolu, O. O., Badejo, A. A., Nwachukwu, I. D., y Fagbemi, T. N. (2016). Development of functional beverages from blends of *Hibiscus sabdariffa* extract and selected fruit juices for optimal antioxidant properties. *Food Science & Nutrition*, 4(5), 679–685. <https://doi.org/10.1002/fsn3.331>
- Pardau, M. D., Pereira, A. S., Apostolides, Z., Serem, J. C., y Bester, M. J. (2017). Antioxidant and anti-inflammatory properties of *Ilex guayusa* tea preparations: A comparison to *Camellia sinensis* teas. *Food & Function*, 8(12), 4601–4610. <https://doi.org/10.1039/C7FO01067B>

- Paudel, K. R., Orent, J., y Penela, O. G. (2025). Pharmacological properties of ginger (*Zingiber officinale*): What do meta-analyses say? A systematic review. *Frontiers in Pharmacology*, 16, 1619655. <https://doi.org/10.3389/fphar.2025.1619655>
- Pinela, J., Prieto, M. A., Pereira, E., Jabeur, I., Barreiro, M. F., Barros, L., y Ferreira, I. C. F. R. (2019). Optimization of heat- and ultrasound-assisted extraction of anthocyanins from *Hibiscus sabdariffa* calyces for natural food colorants. *Food Chemistry*, 275, 309–321. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.09.118>
- Riaz, G., y Chopra, R. (2018). A review on phytochemistry and therapeutic uses of *Hibiscus sabdariffa* L. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 102, 575–586. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2018.03.023>
- Sahraee, S., Ghanbarzadeh, B., y Falcone, P. M. (2022). Application of mixture design methodology for development of high antioxidant fruity functional beverage. *Food Science & Nutrition*, 10(7), 2245–2254. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2834>
- Salinas-Moreno, Y., García-Salinas, C., Gálvez-Marroquín, L. A., y Andrade-González, I. (2024). Bebida nutracéutica de cálices de jamaica con diferente pigmentación. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 15(6), e3254. <https://doi.org/10.29312/remexca.v15i6.3254>
- Sayed Mostafa, H. (2023). Production of low-tannin *Hibiscus sabdariffa* tea through D-optimal design optimization of the preparation conditions and the catalytic action of new tannase. *Food Chemistry: X*, 17, 100562. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2023.100562>
- Shaukat, M. N., Nazir, A., y Fallico, B. (2023). Ginger bioactives: A comprehensive review of health benefits and potential food applications. *Antioxidants*, 12(11), 2015. <https://doi.org/10.3390/antiox12112015>

- Wichchukit, S., y O'Mahony, M. (2015). The 9-point hedonic scale and hedonic ranking in food science: Some reappraisals and alternatives. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(11), 2167–2178. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6993>
- Widayat, W., Cahyono, B., Satriadi, H., y Munfarida, S. (2018). Antioxidant activity and total phenolic content in red ginger (*Zingiber officinale*) based drinks. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 102, 012025. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/102/1/012025>

ANEXOS

Anexo 1. Ficha de evaluación sensorial (escala hedónica verbal de 5 puntos)

Anexo 2. Formato de consentimiento informado del panelista

Anexo 3. Base de datos cruda del panel sensorial (20 panelistas × 3 tratamientos × 4 atributos)

Anexo 4. Salidas del software estadístico (prueba de Friedman y comparación múltiple de Tukey)

Anexo 5. Cálculos de balance de materia y rendimiento por lote

Anexo 6. Registro fotográfico del proceso de elaboración

Anexo 7. Fotografías del producto final y prototipo de etiqueta

Anexo 8. Receta estándar y receta costeable del tratamiento seleccionado (T1)

Anexo 9. Fichas técnicas de las materias primas

Anexo 10. Cronograma de ejecución del proyecto (diagrama de Gantt)

Anexo 11. Presupuesto del proyecto de investigación

Anexo 1. Ficha de evaluación sensorial

Fecha: _____ Edad: _____ Sexo: _____ Código de panelista: _____

Instrucciones: pruebe las muestras en el orden indicado, de izquierda a derecha. Enjuague su boca con agua entre cada muestra y espere 30 segundos antes de continuar. Marque con una X la casilla que mejor represente su grado de agrado para cada atributo, utilizando la escala hedónica estructurada de cinco puntos que se muestra a continuación. No existen respuestas correctas ni incorrectas: se solicita su opinión personal.

Escala	1	2	3	4	5
Descriptor	Me disgusta mucho	Me disgusta	Ni me gusta ni me disgust a	Me gusta	Me gusta mucho

Muestra N.º _____

Atributo	1	2	3	4	5
Color					
Olor					
Sabor					
Aceptabilidad general					

Comentarios (opcional):

(Repetir esta ficha para cada una de las tres muestras codificadas con números aleatorios de tres dígitos.)

Anexo 2. Formato de consentimiento informado

Título del estudio: Desarrollo de una bebida a base de extractos acuosos de *Hibiscus*

sabdariffa, *Ilex guayusa* y *Zingiber officinale* y evaluación de sus características físicoquímicas y sensoriales.

Su participación consiste en probar tres muestras de una bebida a base de extractos de jamaica, guayusa y jengibre, y calificar su agrado en una escala de cinco puntos. La sesión dura aproximadamente quince minutos.

Ingredientes de las muestras: agua purificada, extracto de cáliz de jamaica, extracto de hoja de guayusa, extracto de rizoma de jengibre, ácido cítrico, benzoato de sodio, sorbato de potasio y sucralosa. Las muestras no contienen azúcar añadido y contienen cafeína de origen natural aportada por la guayusa.

Su participación es voluntaria y puede retirarse en cualquier momento sin necesidad de justificación y sin consecuencia alguna. Los datos se procesan de forma anónima y agregada, y se emplean únicamente con fines académicos. No se registran datos que permitan su identificación personal.

Declaro que he leído la información anterior, que no presento alergia ni intolerancia a los ingredientes señalados y que acepto participar voluntariamente.

Firma: _____ Fecha: _____

Anexo 3. Base de datos cruda del panel sensorial

Panel de 20 panelistas semientrenados. Escala hedónica estructurada de 5 puntos. Cada panelista evaluó los tres tratamientos en una misma sesión, de modo que las filas constituyen bloques completos. Se presenta una tabla por atributo evaluado.

Atributo: Color

Panelista	T1	T2	T3
1	4	3	4
2	5	4	4
3	5	4	4
4	4	5	4
5	5	4	5
6	5	5	5
7	4	4	3
8	5	4	5
9	4	4	5
10	4	5	4
11	5	4	5
12	5	5	5
13	4	4	5
14	3	4	5
15	4	5	4
16	3	4	4
17	4	4	4
18	4	5	5
19	5	4	4
20	4	4	3
Mediana	4	4	4
Media	4,30	4,25	4,35

Atributo: Olor

Panelista	T1	T2	T3
1	5	4	4
2	4	3	4
3	5	4	4
4	4	4	4
5	5	3	2
6	5	4	4
7	5	5	5
8	5	5	4
9	5	4	4
10	5	5	4
11	5	4	4
12	5	4	4
13	5	3	3
14	3	4	3
15	5	4	4
16	4	4	4
17	5	4	4
18	5	4	3
19	5	5	4
20	3	4	3
Mediana	5	4	4
Media	4,65	4,05	3,75

Atributo: Sabor

Panelista	T1	T2	T3
1	5	4	3
2	4	4	3
3	5	5	3
4	4	4	3
5	5	4	4
6	4	4	3
7	4	4	3
8	4	4	4
9	4	4	3
10	5	4	2
11	4	5	3
12	5	4	3
13	5	3	3
14	5	4	3
15	3	4	3
16	4	4	2
17	5	4	3
18	4	3	3
19	4	3	3
20	5	4	4
Mediana	4	4	3
Media	4,40	3,95	3,05

Atributo: Aceptabilidad general

Panelista	T1	T2	T3
1	4	4	3
2	5	4	3
3	4	4	4
4	4	4	4
5	4	3	2
6	4	3	3
7	4	4	3
8	5	4	4
9	5	4	4
10	5	4	4
11	5	3	3
12	4	4	3
13	5	5	3
14	4	4	3
15	4	4	3
16	4	4	2
17	4	3	2
18	5	4	4
19	5	4	3
20	5	4	3
Mediana	4	4	3
Media	4,45	3,85	3,15

Anexo 4. Salidas del software estadístico

Procesamiento realizado en InfoStat (versión estudiantil), menú Estadísticas > Inferencia no paramétrica > Friedman, con la prueba de Tukey como comparación múltiple y un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$. Los resultados por atributo se resumen en las Tablas 21 y 22 del Capítulo IV. [Insertar aquí las capturas de las salidas de InfoStat para color, olor, sabor y aceptabilidad general.]

Anexo 5. Balance de materia por lote (100 L)

Etapas	Entrada (L)	Salida (L)	Pérdida (L)	Pérdida (%)	Causa
Extracción de jamaica (1:20)	25,0	24,1	0,9	3,6	Retención en el cáliz agotado
Extracción de guayusa (1:10)	10,0	9,5	0,5	5,0	Retención en la hoja agotada
Extracción de jengibre (1:10)	5,0	4,7	0,3	6,0	Retención en la fibra
Primer filtrado (malla 100)	98,7	97,4	1,3	1,3	Sólidos gruesos retenidos
Segundo filtrado (malla 200, 50 µm)	97,4	96,5	0,9	0,9	Partículas finas y complejos polifenol-proteína
Pasteurización (85 °C, 15 min)	96,5	95,2	1,3	1,3	Evaporación
Envasado en caliente	95,2	93,6	1,6	1,7	Remanente en tuberías y llenadora
Rendimiento global del proceso	100,0	93,6	6,4	6,4	

Anexo 6. Registro fotográfico del proceso de elaboración

Las figuras de este anexo documentan los instrumentos y controles empleados durante la elaboración y la caracterización fisicoquímica de la bebida. Las fotografías fueron tomadas por los autores durante la fase experimental en el ITSEP.

Figura A6.1

Refractómetro manual con compensación automática de temperatura (ATC) empleado en la determinación de sólidos solubles



Nota. Instrumento de lectura óptica en °Brix, calibrado con agua destilada a 0 °Brix antes de cada jornada (NTE INEN 380). Fotografía tomada por los autores (2026).

Figura A6.2

Instrumentos de medición utilizados en el control fisicoquímico



Nota. De izquierda a derecha: pH-metro digital de bolsillo, medidor de sólidos disueltos totales y conductividad eléctrica (TDS y CE) y refractómetro manual con ATC. Al fondo, la bebida elaborada. Fotografía tomada por los autores (2026).

Figura A6.3

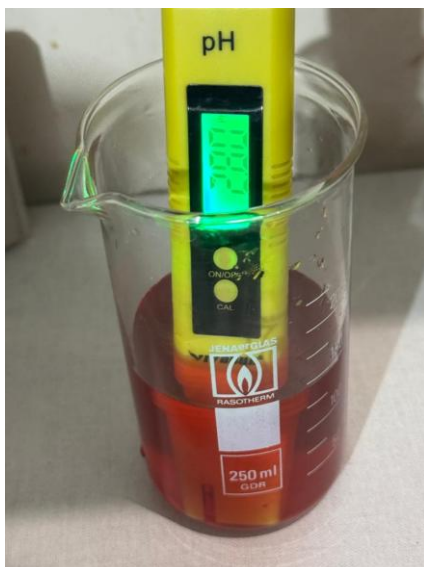
Control de la temperatura de la bebida con termómetro digital de sonda



Nota. La temperatura se registra antes de las determinaciones fisicoquímicas y durante las etapas térmicas del proceso. Fotografía tomada por los autores (2026).

Figura A6.4

Determinación potenciométrica del pH de la bebida



Nota. Medición con pH-metro digital de bolsillo en vaso de precipitación de 250 mL, previa calibración con soluciones tampón de pH 4,00 y 7,00 (NTE INEN 389). Fotografía tomada por los autores (2026).

Anexo 7. Fotografías del producto final y prototipo de etiqueta

Este anexo reúne las fotografías de la bebida terminada. El prototipo de etiqueta del producto, elaborado conforme al RTE INEN 022 y a las normas NTE INEN 1334-1 y NTE INEN 1334-2, se presenta en la Figura 9 del apartado 5.1.

Figura A7.1

Bebida a base de extractos de jamaica, guayusa y jengibre recién elaborada



Nota. Vista lateral del lote elaborado, con el color rojo rubí característico aportado por las antocianinas del cáliz de jamaica. Fotografía tomada por los autores (2026).

Figura A7.2

Vista superior de la bebida elaborada



Nota. La vista superior permite apreciar la limpidez del producto tras el doble filtrado. Fotografía tomada por los autores (2026).

Anexo 8. Receta estándar y costeable del tratamiento seleccionado (T1)

Ingrediente	Cantidad para 1 L	Cantidad para 100 L	Costo por litro (USD)
Cáliz de jamaica seco (2,5 % p/v)	25 g	2,50 kg	0,3000
Hoja de guayusa seca (2,0 % p/v)	20 g	2,00 kg	0,3600
Rizoma de jengibre fresco (1,0 % p/v)	10 g	1,00 kg	0,0250
Sucralosa	190 mg	19 g	0,0152
Ácido cítrico (0,5 % p/v)	5 g	500 g	0,0225
Benzoato de sodio (0,05 % p/v)	0,5 g	50 g	0,0030
Sorbato de potasio (0,05 % p/v)	0,5 g	50 g	0,0055
Agua purificada	c.s.p. 1 L	c.s.p. 100 L	0,0096
Costo de fórmula por litro			0,7408
Costo de fórmula por unidad de 250 mL			0,1852

Anexo 9. Fichas técnicas de las materias primas

Parámetro	Cáliz de jamaica	Hoja de guayusa	Rizoma de jengibre
Nombre científico	Hibiscus sabdariffa L.	Ilex guayusa Loes.	Zingiber officinale Roscoe
Familia botánica	Malvaceae	Aquifoliaceae	Zingiberaceae
Órgano empleado	Cáliz carnosos	Hoja	Rizoma
Presentación comercial	Seco, entero	Seca, escaldada	Fresco
Origen	Litoral ecuatoriano	Amazonía ecuatoriana	Región subtropical
Humedad máxima	12 %	10 %	
Compuestos de interés	Antocianinas, ácido protocatéquico	Ácido clorogénico, quercetina, cafeína	Gingeroles, shogaols
Color característico	Rojo intenso	Verde oliva	Beige, pulpa amarilla
Almacenamiento	Lugar seco, $\leq 25^{\circ}\text{C}$, sin luz	Lugar seco, $\leq 25^{\circ}\text{C}$	Refrigeración $8-12^{\circ}\text{C}$
Vida útil declarada	12 meses	12 meses	21 días
Criterio de rechazo	Moho, decoloración parda	Hojas fermentadas o negras	Zonas blandas, brotes

Anexo 10. Cronograma de ejecución del proyecto

Actividad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
Revisión bibliográfica	X	X	X					
Elaboración del anteproyecto		X	X					
Adquisición de materias primas			X	X				
Pruebas preliminares de extracción				X				
Elaboración de los tres tratamientos				X	X			
Análisis fisicoquímicos					X	X		
Panel sensorial (20 panelistas)						X		
Seguimiento de estabilidad (30 días)						X	X	
Procesamiento estadístico							X	
Análisis de costos							X	
Redacción del informe final							X	X
Revisión de tutores y sustentación								X

Anexo 11. Presupuesto del proyecto de investigación

Rubro	Detalle	Cantidad	Valor unitario (USD)	Valor total (USD)
Materias primas	Jamaica, guayusa, jengibre, sucalosa, ácido cítrico y conservantes			120,00
Envases	Botellas de vidrio ámbar 250 mL con tapa	200 u	0,28	56,00
Reactivos	NaOH, fenolftaleína y soluciones tampón			[185,00]
Insumos de panel sensorial	Vasos, agua, fichas, impresión			45,00
Material de laboratorio	Vidriería, filtros, guantes, mascarillas			80,00
Transporte y logística	Movilización y transporte de muestras			70,00
Impresión y empastado	Ejemplares del informe final	3 u	25,00	75,00
Imprevistos	10 % del subtotal			63,10
TOTAL				694,10

Nota. Financiamiento: recursos propios de los autores. El valor entre corchetes debe

reemplazarse por el gasto real en reactivos y, con él, deben actualizarse los imprevistos y el total.