



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA

CARRERA DE ALIMENTOS

Tema: Elaboración de una bebida carbonatada a base de jugo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) saborizada con maracuyá (*Passiflora edulis*)

Informe Final del Trabajo de Titulación, Opción Propuesta Tecnológica, previo la obtención del Título de Ingeniera en Alimentos, otorgados por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Autor: Carolina Patricia Coello Gordillo

Tutor: Dra. Jacqueline de las Mercedes Ortiz Escobar

Ambato – Ecuador

Enero - 2026

APROBACIÓN DEL TUTOR

Dra. Jacqueline de las Mercedes Ortiz Escobar

CERTIFICA:

Que el presente Informe Final del Trabajo de Titulación ha sido prolijamente revisado. Por lo tanto, autorizo la presentación de este Informe Final del Trabajo de Titulación, Opción Propuesta Tecnológica, el mismo que responde a las normas establecidas en el Reglamento de Títulos y Grados de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Ambato, 09 de diciembre del 2025



Dra. Jacqueline de las Mercedes Ortiz Escobar

1802171353

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Carolina Patricia Coello Gordillo, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Informe Final del Trabajo de Titulación, Opción Propuesta Tecnológica, previo a la obtención del título de Ingeniera en Alimentos son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas bibliográficas.



Carolina Patricia Coello Gordillo

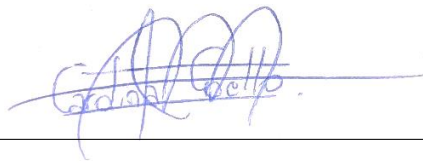
1400877468

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Informe Final del Trabajo de Titulación o parte de él, un documento disponible para su lectura consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Informe Final del Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.



Carolina Patricia Coello Gordillo

1400877468

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos Profesores Calificadores, aprueban el presente Informe Final del Trabajo de Titulación, Opción Propuesta Tecnológica, el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato.

Para constancia firman:



Presidente del Tribunal



Mg. María Eugenia García Pazmiño

2100248505



Mg. Juan de Dios Espinoza Moya

1803201431

Ambato, 5 de enero del 2026

DEDICATORIA

A lo largo de este proceso, he contado con el apoyo incondicional de personas que han sido fundamentales para llegar hasta aquí. En primer lugar, agradezco profundamente a mi mami Irma y a mi papi Patricio, cuyo amor, esfuerzo y enseñanzas han guiado cada paso de mi vida. A mi hermano Alexander, por su compañía y por ser un apoyo silencioso pero constante. A mi hijo Benjamín, que llegó para cambiarme la vida por completo y por impulsarme a seguir superándome cada día.

A mi pareja, Diego, gracias por tu paciencia, comprensión y por creer en mí incluso cuando yo dudaba. A mis amigos Kim, Eri, Liz y David, por estar presentes en los momentos más importantes, por su cariño, sus palabras de aliento y por recordarme que nunca estoy sola en este camino.

Y, con especial amor, agradezco a mi abuelita Clarita y a mi Lulú, que desde el cielo siguen acompañando mis pasos. Su recuerdo, su sabiduría y su ternura viven en mí y fueron una luz que me sostuvo en los momentos más difíciles.

Agradezco profundamente a mi tutora, Ing. Jaqueline Ortiz, por ser mi amiga, confidente y por su guía, dedicación y paciencia a lo largo del desarrollo de esta tesis. Su acompañamiento constante, sus observaciones oportunas y la confianza que depositó en mí fueron fundamentales para fortalecer mi formación académica y culminar este trabajo con éxito. Su apoyo y profesionalismo han significado un impulso invaluable en este camino.

A todos ustedes, gracias por ser parte de este logro. Sin su apoyo, este sueño no habría sido posible.

Con mucho cariño, Carolina

AGRADECIMIENTO

Primero quiero expresar mi gratitud a mis padres, Patricio e Irma cuyo apoyo incondicional, amor y confianza han sido la base fundamental que me impulsó a alcanzar esta meta académica y personal.

Agradezco profundamente a la Universidad Técnica de Ambato, por brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente y permitirme desarrollar este proyecto de investigación; a la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología, por ofrecerme los conocimientos, recursos y el acompañamiento necesario durante mi formación. Extiendo mi sincero agradecimiento a mi tutora, Ing. Jaqueline Ortiz, por su guía, compromiso y orientación constante a lo largo de este trabajo.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
RESUMEN EJECUTIVO.....	xiii
ABSTRACT	xiv
CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO	1
1.1 Antecedentes Investigativos	1
1.1.1 Tipos de bebidas carbonatadas	1
1.1.2 Importancia de las bebidas carbonatadas en la industria	2
1.1.3 Carbonatación	2
1.1.4 Aspectos sensoriales de las bebidas carbonatadas	3
1.1.5 Efecto de la carbonatación en la percepción sensorial.....	3
1.1.6 Interacción entre carbonatación y compuestos aromáticos	3
1.1.7 Aceptabilidad del consumidor frente a la carbonatación	4
1.1.8 Relevancia tecnológica y formulación	4
1.1.9 Proceso de elaboración de bebidas carbonatadas.....	4
1.1.10 Preparación de la base líquida	5

1.1.11 Filtración y tratamiento térmico	5
1.1.12 Envasado	5
1.1.13 Control de calidad	5
1.1.14 Conservación y estabilidad de bebidas carbonatadas naturales	5
1.1.15 Factores que afectan la estabilidad	5
1.1.16 Técnicas para mejorar la conservación	6
1.1.17 Caña de azúcar (<i>Saccharum officinarum</i>).....	6
1.1.18 Composición fisicoquímica del jugo de caña	7
1.1.19 Ventajas del uso del jugo de caña en bebidas carbonatadas	7
1.1.20 Desafíos tecnológicos para su formulación	8
1.1.21 Maracuyá (<i>Passiflora edulis</i>)	8
1.1.22 Composición nutricional y propiedades funcionales	8
1.1.23 Aplicaciones en bebidas carbonatadas y sinérgicas con la caña de azúcar	9
1.1.24 Consideraciones tecnológicas para su formulación	9
1.2 Objetivos	10
1.2.1 Objetivo General	10
1.2.2 Objetivos Específicos	10
CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA.....	11
2.1 Materiales	11
2.1.1 Materia Prima.....	11
2.1.2 Materiales de laboratorio	11
2.1.3 Reactivos	11
2.1.4 Equipos	11
2.2 Métodos.....	11
2.2.1 Formulación de cuatro tratamientos de la bebida carbonatada a base de jugo de caña y maracuyá en diferentes proporciones.	11

2.2.2 Determinación de pH y Acidez titulable en los cuatro tratamientos.	15
2.2.3 Determinación del mejor tratamiento para la obtención de la bebida carbonatada a través de análisis sensorial.	15
2.2.4 Realización de análisis fisicoquímicos y microbiológicos del mejor tratamiento	17
CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	18
3.1 Análisis y discusión de los resultados	18
3.1.1 Formulación de cuatro tratamientos de la bebida carbonatada a base de jugo caña y saborizada con maracuyá en diferentes proporciones.	18
3.1.2 Determinación del mejor tratamiento mediante evaluación sensorial.....	21
3.1.4 Análisis fisicoquímicos y microbiológicos del mejor tratamiento	28
CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	32
4.1 Conclusiones	32
4.2 Recomendaciones	32
MATERIALES DE REFERENCIA.....	33
Referencias Bibliográficas.....	33
ANEXOS	39

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de las formulaciones planteadas para los diferentes tratamientos	13
Tabla 2. Codificación de los tratamientos	16
Tabla 3. ANOVA para los tratamientos fisicoquímicos de las 4 formulaciones.....	19
Tabla 4. Prueba de tukey para los análisis fisicoquímicos de las 4 formulaciones.	20
Tabla 5. Prueba de Friedman para los atributos evaluados en análisis sensorial (Día 1 y 2).	21
Tabla 6. Prueba de Wilcoxon para el atributo color (Día 1 y 2).....	22
Tabla 7. Prueba de Wilcoxon para el atributo de olor (Día 1 y 2)	23
Tabla 8. Prueba de Wilcoxon para el atributo de Sabor (Día 1 y 2)	24
Tabla 9. Prueba de Wilcoxon para el atributo de Textura (Día 1 y 2)	25
Tabla 10. Prueba de Wilcoxon para el atributo de Aceptabilidad (Día 1 y 2)	26
Tabla 11. pH, acidez titulable y °Brix del mejor tratamiento.	29
Tabla 12. Análisis microbiológico del mejor tratamiento	30
Tabla 13. Recuento de mohos y levaduras del mejor tratamiento.	31

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de extracción del jugo de caña	12
Figura 2. Diagrama de flujo del proceso de obtención de la pulpa de maracuyá.....	13
Figura 3. Diagrama de flujo de la elaboración de la bebida carbonatada a base de jugo de caña y saborizada con maracuyá.	14
Figura 4. Radial de aceptación del mejor tratamiento.	28

RESUMEN EJECUTIVO

La presente propuesta tecnológica se orientó al desarrollo de una bebida carbonatada elaborada a partir de jugo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) saborizada con maracuyá (*Passiflora edulis*), planteada como una alternativa innovadora frente a la creciente demanda de productos naturales y funcionales en el sector de bebidas. La iniciativa responde a la escasa disponibilidad de bebidas carbonatadas elaboradas con materias primas mínimamente procesadas y con baja incorporación de aditivos sintéticos, lo que evidencia la necesidad de productos que integren componentes naturales y tecnologías de procesamiento más sostenibles. Para cumplir con este objetivo se plantearon cuatro tratamientos, en los cuales se modificaron las proporciones de jugo de caña y pulpa de maracuyá. Cada formulación fue sometida a la evaluación de parámetros fisicoquímicos como pH, acidez titulable y grados Brix, así como a un análisis sensorial. Los resultados permitieron identificar como tratamiento óptimo la formulación compuesta por un ochenta por ciento de jugo de caña y un veinte por ciento de pulpa de maracuyá, debido a que presentó un desempeño superior en los atributos sensoriales, además de cumplir con los criterios fisicoquímicos y microbiológicos establecidos en la norma. En conclusión, este proyecto contribuye al estado del conocimiento al proponer una tecnología de procesamiento basada en materias primas locales y orientada al desarrollo de productos con valor agregado, promoviendo así prácticas más sostenibles dentro de la industria alimentaria.

PALABRAS CLAVES: Bebidas carbonatadas, caña de azúcar, maracuyá, propuesta tecnológica, atributo sensorial

ABSTRACT

The present technological proposal focused on the development of a carbonated beverage formulated from sugarcane juice (*Saccharum officinarum*), flavored with passion fruit (*Passiflora edulis*), conceived as an innovative alternative in response to the growing demand for natural and functional products within the beverage sector. This initiative addresses the limited availability of carbonated beverages produced from minimally processed raw materials and with low incorporation of synthetic additives, highlighting the need for products that integrate natural components and more sustainable processing technologies. To achieve this objective, four treatments were designed, in which the proportions of sugarcane juice and passion fruit pulp were modified. Each formulation was subjected to the evaluation of physicochemical parameters such as pH, titratable acidity, and degrees Brix, as well as a sensory analysis. The results identified as the optimal treatment the formulation composed of eighty percent sugarcane juice and twenty percent passion fruit pulp, as it exhibited superior performance in sensory attributes while meeting the physicochemical and microbiological criteria established by the standard. In conclusion, this project contributes to the existing knowledge by proposing a processing technology based on local raw materials and oriented toward the development of value-added products, thereby promoting more sustainable practices within the food industry.

KEYWORDS: Carbonated beverages, sugarcane, passion fruit, technological proposal, sensory attribute

CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes Investigativos

El desarrollo de las bebidas carbonatadas se enmarca en el siglo XVIII con los experimentos del químico británico Joseph Priestley, quien en 1767 descubrió un método para infundir dióxido de carbono (CO_2) en agua, utilizando una reacción entre ácido sulfúrico y tiza (carbonato de calcio) (**Agarkar & Aggarwal, 2019**).

Posteriormente, científicos como John Mervin Nooth y Torbern Bergman mejoraron estos métodos, diseñando equipos más eficientes y aplicables en contextos farmacéuticos. Incluso el químico sueco Jöns Jacob Berzelius añadió saborizantes a las aguas carbonatadas, marcando el inicio de la aromatización de bebidas (**Brennan et al., 2012**).

La producción comercial a gran escala comenzó con Johann Jacob Schweppe, quien en 1783 diseñó una bomba que permitía inyectar gas a presión en el agua, y fundó una empresa para su distribución. A lo largo del siglo XIX, el proceso de carbonatación se perfeccionó y se expandió a través de sifones, fuentes de soda y la introducción de saborizantes naturales y jarabes (**Pérez-Díaz & McFeeters, 2011**).

Actualmente, las bebidas carbonatadas se clasifican en diversas categorías, como aguas gasificadas simples, refrescos endulzados, bebidas funcionales y bebidas energéticas; éstas últimas incorporan ingredientes bioactivos como vitaminas, extractos de frutas o cafeína, respondiendo a las nuevas demandas del consumidor por productos saludables (**Nielsen, 2020**).

1.1.1 Tipos de bebidas carbonatadas

Las bebidas carbonatadas se definen como aquellas que contienen dióxido de carbono (CO_2) disuelto, el cual puede ser añadido de forma artificial o generarse por fermentación natural. Estas bebidas se clasifican en diferentes tipos según sus ingredientes, su proceso de elaboración y sus objetivos funcionales o nutricionales. Las aguas carbonatadas simples, contienen exclusivamente agua y gas carbónico disuelto, sin saborizantes ni edulcorantes; se caracterizan por su neutralidad sensorial y su uso como alternativa al agua natural, especialmente por su efecto refrescante (**Fellows, 2017**).

Las aguas carbonatadas saborizadas incorporan esencias naturales o artificiales sin necesariamente contener azúcares añadidos. Se comercializan en variedad de sabores frutales y se posicionan como opciones más saludables dentro del mercado de bebidas sin alcohol (**Silva et al., 2021**). Un grupo ampliamente difundido corresponde a los refrescos tradicionales o sodas, los cuales son bebidas endulzadas, con sabores intensos y aditivos como colorantes, acidulantes y conservantes. Su contenido elevado de azúcares simples ha sido vinculado con problemas de salud pública, como la obesidad y enfermedades metabólicas (**Prasad &**

Anandan 2022).

Las bebidas energéticas carbonatadas, formuladas con compuestos estimulantes como cafeína, taurina o extractos vegetales; tienen una fuerte presencia comercial, su consumo frecuente se asocia a riesgos cardiovasculares, especialmente en adolescentes y adultos jóvenes (**Heckman, Sherry & Mejia, 2010**); por otro lado las bebidas funcionales carbonatadas, enriquecidas con ingredientes bioactivos como antioxidantes, probióticos, vitaminas y extractos de frutas que proporcionan beneficios a la salud, ayudan a la hidratación y al disfrute sensorial. Su desarrollo responde a la creciente demanda de productos naturales y saludables por parte de los consumidores (**Granato, Nunes & Barba, 2020**).

1.1.2 Importancia de las bebidas carbonatadas en la industria

Estas bebidas representan uno de los segmentos más grandes y dinámicos en la industria global de alimentos y bebidas. Su popularidad se debe a su carácter refrescante, su perfil sensorial agradable y la amplia variedad de sabores que pueden ofrecer (**García & López, 2018**).

En la actualidad, existe una tendencia creciente hacia el desarrollo de bebidas carbonatadas naturales y funcionales, que sustituyen los azúcares refinados por edulcorantes naturales o bases como el jugo de frutas, y que incorporan ingredientes frescos para aportar sabores frescos y valor nutricional adicional (**Rodríguez-González et al., 2019**).

Estos productos innovadores buscan satisfacer la demanda de consumidores que prefieren productos con etiquetas limpias, sin aditivos sintéticos y con ingredientes reconocibles, integrando además beneficios saludables y sostenibilidad en sus procesos productivos.

1.1.3 Carbonatación

La carbonatación es el proceso mediante el cual se disuelve dióxido de carbono (CO_2) en un líquido, usualmente agua o una bebida base, bajo presión. Este fenómeno es fundamental para la elaboración de bebidas carbonatadas, ya que el CO_2 disuelto genera la característica efervescencia y sensación de frescura.

Desde el punto de vista físico, la solubilidad del CO_2 en líquidos depende principalmente de la presión y la temperatura, siguiendo la ley de Henry, que establece que la cantidad de gas disuelto en un líquido es proporcional a la presión parcial del gas sobre el líquido (**McNaught & Wilkinson, 2017**). Así, a mayor presión o menor temperatura, mayor cantidad de CO_2 se disuelve, lo que es clave durante la fabricación y el almacenamiento de bebidas carbonatadas.

Químicamente, el dióxido de carbono reacciona parcialmente con el agua formando ácido carbónico (H_2CO_3), un ácido débil que afecta el pH y la acidez de la bebida (**Ahmed et al., 2023; Hojjati et al., 2023**). El ácido carbónico se disocia parcialmente en iones bicarbonato (HCO_3^-) y carbonato (CO_3^{2-}),

contribuyendo al equilibrio ácido-base del líquido y a las propiedades organolépticas de la bebida, especialmente el sabor y la sensación refrescante (Zhao et al., 2019).

Además, el nivel de carbonatación influye en la textura y percepción sensorial. El gas disuelto produce burbujas que al liberarse generan una sensación táctil en la boca, que es valorada por los consumidores (Smith & Lee, 2020). Por lo tanto, controlar parámetros como la presión, temperatura y tiempo de contacto es esencial para obtener un producto de calidad y aceptación comercial.

Existen dos métodos principales para la carbonatación: natural, basada en fermentaciones controladas donde el CO₂ es generado por microorganismos; y forzada, en la cual se inyecta CO₂ directamente bajo presión en el líquido (Singh & Jha, 2020). En la elaboración industrial de bebidas saborizadas a base de frutas, normalmente se emplea la carbonatación forzada para garantizar uniformidad y control en el producto final.

1.1.4 Aspectos sensoriales de las bebidas carbonatadas

La experiencia sensorial que ofrecen las bebidas carbonatadas, es uno de los factores clave que determinan su aceptación por parte del consumidor. Esta experiencia está determinada por una combinación de estímulos visuales, olfativos, gustativos y táctiles que se producen como resultado de la presencia de dióxido de carbono disuelto en el líquido. La liberación del gas durante el consumo genera efectos únicos en la boca, como efervescencia, sensación de cosquilleo y un refrescante estallido de burbujas, los cuales son percibidos de manera positiva en la mayoría de los consumidores (Rousseau, 2020).

1.1.5 Efecto de la carbonatación en la percepción sensorial

La carbonatación aporta una sensación táctil característica denominada "tingling" o cosquilleo, que se produce cuando el CO₂, al liberarse, interactúa con las terminaciones nerviosas de la cavidad oral. Este estímulo se asocia con la activación de receptores del dolor (nociceptores), similares a los que se activan con el picante, aunque en una intensidad mucho menor, generando una experiencia placentera (Bajec & Pickering, 2008).

Adicionalmente, el dióxido de carbono reacciona con el agua para formar ácido carbónico (H₂CO₃), el cual se disocia parcialmente y contribuye a reducir el pH de la bebida. Este descenso en el pH intensifica la percepción de acidez y modifica la percepción del dulzor, haciendo que las bebidas carbonatadas necesiten un mayor nivel de azúcares o edulcorantes para mantener un perfil sensorial equilibrado (Pérez-Cid et al., 2013).

1.1.6 Interacción entre carbonatación y compuestos aromáticos

La efervescencia no solo afecta la percepción táctil, sino también la percepción olfativa y gustativa. Las

burbujas generadas durante la apertura del envase y el consumo actúan como vehículos para la liberación de compuestos volátiles, facilitando el transporte de los mismos hacia el epitelio olfativo retronasal. Esta interacción potencia la intensidad del aroma percibido, lo que es especialmente relevante en bebidas saborizadas con frutas, como el maracuyá, cuyos compuestos volátiles cítricos y florales son sensibles a estas condiciones (**Rodríguez-Bencomo et al., 2020**).

En conclusión, una carbonatación adecuada no solo proporciona efervescencia y acidez, sino que también actúa como un modulador de sabor, contribuyendo a una mayor complejidad sensorial.

1.1.7 Aceptabilidad del consumidor frente a la carbonatación

Los consumidores suelen mostrar una clara preferencia por ciertos niveles de carbonatación, los cuales varían según el tipo de bebida, el grupo etario y los hábitos culturales. En general, niveles moderados de gasificación (entre 2.5 y 3.5 volúmenes de CO₂) son los más aceptados para bebidas no alcohólicas. Un exceso de carbonatación puede resultar molesto, dificultando la deglución y generando sensación de plenitud gástrica, mientras que niveles muy bajos pueden ser percibidos como insípidos o “planos” (**Di Monaco et al., 2019**).

Según **Bangash et al. (2021)** la textura que otorgan las burbujas también influye en la percepción de frescura y limpieza del paladar, especialmente cuando se combina con sabores ácidos o cítricos; esto justifica el uso de frutas como el maracuyá en formulaciones carbonatadas, ya que su acidez natural y perfil aromático se complementan con la efervescencia, generando una sinergia sensorial altamente valorada.

1.1.8 Relevancia tecnológica y formulación

Desde el punto de vista del desarrollo de productos, la carbonatación requiere un diseño cuidadoso del envase, que debe ser capaz de mantener la presión interna sin pérdidas significativas de gas durante el almacenamiento. Asimismo, el nivel de carbonatación debe ajustarse de acuerdo al contenido de azúcar, acidez y viscosidad de la bebida, ya que estos factores afectan la retención de CO₂ y la percepción sensorial final (**Fontana, 2008**).

En el caso de bebidas formuladas con jugo de frutas, se deben considerar los efectos de los sólidos solubles sobre la solubilidad del gas, y utilizar técnicas como el preenfriamiento de la bebida o el uso de carbonatadores en línea para asegurar una disolución eficiente del CO₂ antes del envasado (**Illera Gigante, 2019**).

1.1.9 Proceso de elaboración de bebidas carbonatadas

La elaboración de bebidas carbonatadas es un proceso técnico que requiere controlar múltiples variables para garantizar la calidad, estabilidad y aceptación sensorial del producto final. Este proceso generalmente

comprende la preparación de la base líquida, la incorporación de saborizantes y edulcorantes, la carbonatación y el envasado bajo condiciones sanitarias rigurosas (**Martínez et al., 2021**).

1.1.10 Preparación de la base líquida

En el caso de una bebida carbonatada a base de frutas, la base líquida se obtiene mediante la extracción y estandarización del jugo de la fruta (dulce) predominante para lograr un contenido adecuado de sólidos solubles (°Brix) y niveles de acidez. Posteriormente, se añade el jugo o concentrado de la fruta que genera acidez, ajustando el pH y el perfil organoléptico para alcanzar un equilibrio entre dulzor y acidez, para resaltar las características del sabor y optimizar la percepción de frescura (**Oliveira et al., 2020**).

1.1.11 Filtración y tratamiento térmico

Para garantizar la seguridad microbiológica y la estabilidad del producto, la mezcla base debe someterse a procesos de filtración para eliminar partículas y sólidos indeseables y a un tratamiento térmico controlado como la pasteurización; esto reduce la carga microbiana y extiende la vida útil (**Kunitake et al., 2014**).

1.1.12 Envasado

El envasado se realiza en condiciones higiénicas estrictas, para evitar la contaminación y pérdida de CO₂. Los envases pueden ser de vidrio, plástico PET o latas metálicas y deben garantizar un sellado hermético, para mantener la carbonatación y la calidad del producto durante su almacenamiento y distribución (**Agarkar & Aggarwal, 2019**).

1.1.13 Control de calidad

Durante y después del proceso, se llevan a cabo controles de calidad físico-químicos (pH, °Brix, acidez, contenido de CO₂), microbiológicos y sensoriales para asegurar que la bebida cumpla con los estándares establecidos y que su perfil de sabor, aroma, color y efervescencia sean óptimos (**Dhansu, 2023**).

1.1.14 Conservación y estabilidad de bebidas carbonatadas naturales

La conservación y estabilidad de las bebidas carbonatadas naturales representan un desafío importante para la industria, debido a la sensibilidad de sus ingredientes frescos y la necesidad de mantener la carbonatación y las propiedades organolépticas durante el almacenamiento (**Prasertsri et al., 2024**).

1.1.15 Factores que afectan la estabilidad

Varios factores influyen en la estabilidad de las bebidas carbonatadas elaboradas con ingredientes naturales:

- **Microbiológicos:** La presencia de microorganismos puede causar fermentación indeseada, alteraciones sensoriales y problemas de seguridad alimentaria. Por ello, la pasteurización o

tratamientos térmicos controlados, son esenciales para reducir la carga microbiana (**Rezzadori et al., 2020**).

- **Químicos:** La oxidación de compuestos fenólicos y la degradación de vitaminas (como la vitamina C) pueden afectar el color, aroma y valor nutricional. El contacto con el oxígeno durante el proceso y el almacenamiento debe minimizarse para evitar estas reacciones (**Barbosa et al., 2020**).
- **Físicos:** La pérdida de CO₂ a través de envases poco herméticos, la variación de temperatura y la exposición a la luz pueden disminuir la efervescencia y alterar el sabor y la textura del producto (**Prasad & Anandan, 2022**).

1.1.16 Técnicas para mejorar la conservación

Para garantizar la estabilidad y prolongar la vida útil, se aplican diversas técnicas:

Tratamientos térmicos: La pasteurización a temperaturas adecuadas es la técnica más común para inactivar microorganismos sin afectar demasiado las propiedades sensoriales (**Calderón, 2023**).

Control del envasado: El uso de envases con buena barrera al oxígeno y al CO₂, como botellas PET con recubrimientos especiales o latas selladas herméticamente, es crucial para mantener la carbonatación y proteger los compuestos sensibles (**Kunitake et al., 2014**).

Adición de antioxidantes naturales: El empleo de compuestos antioxidantes presentes en la fruta o añadidos como extractos naturales, ayuda a retardar la oxidación y preservar el valor nutricional y sensorial (**Barbosa et al., 2020**).

Almacenamiento adecuado: Mantener las bebidas en condiciones frescas, oscuras y con temperaturas constantes reduce la degradación de los compuestos y evita la pérdida de gas (**Trombete et al., 2020**).

1.1.17 Caña de azúcar (*Saccharum officinarum*)

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) es una planta perenne perteneciente a la familia Poaceae, cultivada principalmente en regiones tropicales y subtropicales debido a su alta productividad y contenido en sacarosa. Se estima que cerca del 80% del azúcar producido en el mundo proviene de esta especie, siendo Brasil, India, Tailandia y Colombia algunos de los principales países productores (**FAO, 2021**).

Además de su uso tradicional en la producción de azúcar refinado y etanol, en las últimas décadas la caña de azúcar ha adquirido un renovado interés por su aplicación en productos alimenticios menos procesados, como bebidas naturales, funcionales y fermentadas, debido a su riqueza en azúcares naturales, compuestos antioxidantes, y minerales esenciales (**Gupta et al., 2019**). Este interés está alineado con la creciente demanda de los consumidores por bebidas más saludables, naturales y con menor grado de procesamiento

industrial.

1.1.18 Composición fisicoquímica del jugo de caña

El jugo de caña representa la fracción líquida extraída directamente del tallo fresco de la planta y se caracteriza por un contenido sólido soluble que oscila entre 16 % y 22 °Brix, dependiendo del grado de madurez, variedad, clima y manejo agronómico. En su composición, predominan los carbohidratos, principalmente la sacarosa (12–16 %), acompañada de menores proporciones de glucosa y fructosa (**Ramírez et al., 2021**). También contiene proteínas, ácidos orgánicos, vitaminas (notablemente del complejo B), minerales como potasio, calcio, magnesio y hierro, así como fitocompuestos bioactivos como polifenoles, flavonoides y ácidos fenólicos (**Patil et al., 2021; Chaudhary et al., 2020**).

Según **Ribeiro (2018)**, estos componentes no solo determinan el perfil nutricional del jugo, sino que influyen en aspectos importantes para el desarrollo de una bebida carbonatada, tales como:

- Capacidad tampón del sistema, que afecta la acidez y estabilidad del producto final.
- Contenido de sólidos solubles (°Brix), que impacta la percepción del dulzor, la solubilidad del dióxido de carbono y la sensación en boca.
- Carga microbiológica inicial, que debe ser controlada mediante procesos térmicos o de clarificación para evitar fermentaciones no deseadas.

1.1.19 Ventajas del uso del jugo de caña en bebidas carbonatadas

El jugo de caña presenta varias ventajas como ingrediente principal en bebidas carbonatadas:

a) **Naturalidad y dulzor balanceado:** A diferencia del azúcar refinado, el jugo de caña conserva una matriz más compleja con minerales y antioxidantes que no solo mejoran el perfil nutricional, sino que aportan una sensación de dulzor más suave y redondeada (**Sganzerla et al., 2020; Khoo et al., 2017**).

b) **Sinergia con sabores ácidos:** Al combinarse con ingredientes ácidos, se produce una sinergia sensorial atractiva. La acidez de las frutas contrasta con el dulzor de la fruta predominante, mientras que la carbonatación intensifica ambos perfiles de sabor, generando una experiencia sensorial refrescante y dinámica (**Yang et al., 2022; McMahon & Culver, 2019; Stone & Sidel, 2004**).

c) **Buena retención de CO₂:** El contenido moderado de sólidos disueltos en el jugo de caña permite una adecuada solubilidad y retención del dióxido de carbono, favoreciendo la estabilidad del gas durante el almacenamiento y mejorando la efervescencia del producto (**Clegg & Johnson, 2020; Bakker & Clarke, 2011; Seibert & Martens, 2019**).

d) **Funcionalidad y aceptación del consumidor.** Estudios muestran que las bebidas basadas en jugo de

caña gozan de buena aceptación sensorial, especialmente cuando son percibidas como “naturales” o “artesanales”. Asimismo, su perfil dulce-acidulado y su color dorado característico son valorados por el consumidor en mercados de bebidas saludables o con valor agregado (Marchi et al., 2009).

1.1.20 Desafíos tecnológicos para su formulación

A pesar de sus ventajas, la utilización del jugo de caña en bebidas carbonatadas conlleva ciertos retos técnicos y microbiológicos. Su alto contenido en azúcares y pH relativamente neutro (5.0–5.5) lo hacen susceptible al desarrollo de microorganismos, principalmente levaduras y bacterias lácticas, lo cual requiere tratamientos térmicos como pasteurización o técnicas de clarificación y filtrado. Además, el jugo puede oxidarse fácilmente si no se estabiliza, afectando su color, sabor y vida útil (Ashurst, 2016).

Según Bhat (2019), otro desafío importante, es la estandarización del jugo: su composición puede variar considerablemente según el origen geográfico, el momento de la cosecha y las condiciones de procesamiento. Por ello, se recomienda estandarizar parámetros clave como °Brix, pH y acidez titulable antes de la carbonatación, con el fin de garantizar la homogeneidad del producto final.

El jugo de caña no solo actúa como la base edulcorante natural, sino que se convierte en el vehículo estructural del producto, donde se puede integrar el sabor de otra materia prima y la efervescencia del gas carbónico. Su uso contribuye además al objetivo de reducir el uso de azúcar refinada, alineándose con las tendencias actuales de reformulación saludable en la industria de bebidas (Tomasula, 2013).

1.1.21 Maracuyá (*Passiflora edulis*)

El maracuyá, también conocido como fruta de la pasión, pertenece a la familia Passifloraceae y es una de las frutas tropicales más valoradas por su sabor exótico, su aroma intenso y su elevada acidez, lo que la convierte en un ingrediente idóneo para la elaboración de bebidas, jugos, néctares, postres y productos funcionales. Existen diferentes variedades, pero las más comunes en la industria alimentaria son el maracuyá púrpura (*Passiflora edulis f. edulis*) y el maracuyá amarillo (*Passiflora edulis f. flavicarpa*), este último ampliamente cultivado en regiones tropicales de América Latina, África y Asia (Cerqueira-Silva et al., 2014).

La creciente demanda del maracuyá se relaciona no solo con su perfil sensorial atractivo, sino también con sus propiedades nutricionales y funcionales, lo que ha incentivado su uso en formulaciones innovadoras como bebidas funcionales, isotónicas y carbonatadas.

1.1.22 Composición nutricional y propiedades funcionales

El maracuyá es una fruta de bajo contenido calórico, pero rica en compuestos bioactivos. Su pulpa contiene una proporción considerable de agua (aproximadamente 80 %), azúcares naturales (glucosa, fructosa y

sacarosa), fibra soluble, vitamina C, provitamina A, vitaminas del complejo B y minerales como potasio, magnesio, fósforo y hierro (**Nascimento et al., 2017**). Además, presenta un perfil de compuestos fenólicos que incluye flavonoides, carotenoides, ácidos fenólicos y alcaloides que han sido asociados a propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y ansiolíticas (**Barbosa et al., 2020**).

La alta concentración de ácido cítrico y málico en su jugo le confiere una acidez notable (pH entre 2.7 y 3.5), lo que lo hace ideal para equilibrar sabores dulces en productos como bebidas carbonatadas. Esta acidez natural actúa como conservante y mejora la estabilidad microbiológica del producto (**Figueiredo, 2019**).

1.1.23 Aplicaciones en bebidas carbonatadas y sinérgicas con la caña de azúcar

En la industria de bebidas, el maracuyá ha demostrado ser un saborizante altamente apreciado por su perfil organoléptico refrescante, tropical y ligeramente ácido. Su incorporación en bebidas carbonatadas permite desarrollar productos con identidad sensorial definida, que se ajustan a las tendencias de consumo de refrescos naturales o gourmet. Cuando se combina con una base edulcorante natural como el jugo de caña de azúcar, se obtiene una sinergia de sabores dulce-ácido que mejora la palatabilidad general del producto (**Hamerski & da Silva, 2012**).

Además, el maracuyá contribuye a la estabilidad sensorial del producto final, ya que su acidez ayuda a reforzar la percepción de frescura, realza el aroma frutal y favorece la solubilidad del gas carbónico, prolongando la efervescencia en el paladar (**Prati, 2018**),

Estudios recientes han reportado que la inclusión de maracuyá en bebidas carbonatadas, no solo mejora su aceptación sensorial, sino que también incrementa su valor funcional, posicionándolas como alternativas naturales a las bebidas azucaradas convencionales (**Contreras-López et al., 2021**).

1.1.24 Consideraciones tecnológicas para su formulación

Según **Rodríguez-Amaya (2019)**, para su uso en bebidas carbonatadas, el maracuyá puede incorporarse en forma de pulpa concentrada, jugo fresco o extracto aromático. Su formulación requiere especial atención en aspectos como:

- **Estabilidad de compuestos aromáticos y pigmentos:** El maracuyá es sensible al calor y la oxidación, por lo que se recomienda un tratamiento térmico suave (como pasteurización rápida) y almacenamiento en condiciones controladas (**Irshad, U. et al. 2024**).
- **Filtración de semillas y sólidos:** Las semillas del maracuyá, no se utilizan en la formulación de bebidas carbonatadas por razones sensoriales y de textura, por lo que se realiza un proceso de despulpado y filtrado (**Maldonado, 2020**).

- **Estándares de acidez y °Brix:** Se deben estandarizar estos parámetros para garantizar la homogeneidad del producto, su estabilidad y su correcta percepción sensorial (**Carvalho, 2021**).

Finalmente, la coloración amarilla intensa del maracuyá, su aroma volátil y su sabor exótico, lo convierten en un ingrediente diferenciador con alto potencial en el desarrollo de bebidas carbonatadas naturales, dirigidas a consumidores que buscan experiencias novedosas y saludables (**Sogi, 2015**)

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

- Elaborar una bebida carbonatada a base de caña de azúcar saborizada con maracuyá.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Desarrollar formulaciones de la bebida carbonatada con diversas proporciones de jugo de caña y maracuyá.
- Determinar el mejor tratamiento mediante evaluación sensorial.
- Analizar en el mejor tratamiento, las propiedades físicas y químicas

CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA.

2.1 Materiales

2.1.1 Materia Prima

La materia prima que se empleó en la elaboración de la bebida carbonatada son: jugo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) la cual fue obtenida del sector de Huachi San Francisco de la ciudad de Ambato y Maracuyá (*Passiflora edulis*) la cual fue obtenida del “Mercado Mayorista” de la ciudad de Ambato.

2.1.2 Materiales de laboratorio

Vasos de precipitación de 250ml, soporte universal, matraces Erlenmeyer de 250 ml, bureta de 50 ml, balones de aforo, embudos, gradilla, tubos de ensayo, probetas, varillas de agitación, termómetro, papel filtro, estufa.

2.1.3 Reactivos

Hidróxido de sodio (0,1N), fenolftaleína (indicador ácido – base), agua destilada, dióxido de carbono (CO₂) alimenticio.

2.1.4 Equipos

Espectrofotómetro, potenciómetro, balanza analítica, densímetro, cámara de frío, conductímetro.

2.2 Métodos

2.2.1 Formulación de cuatro tratamientos de la bebida carbonatada a base de jugo de caña y maracuyá en diferentes proporciones.

Preparación de la materia prima (Jugo de caña)

Se seleccionó la caña de azúcar, eligiendo que esta se encuentre fresca, madura y libre de impurezas o cualquier daño, se lavó con agua potable para eliminar restos de tierra o polvo, se retiró la cáscara para evitar el pardeamiento precoz.

2.2.1.1 Molienda

La caña de azúcar se cortó en trozos de aproximadamente 30 cm para poder facilitar su manejo, se introdujo en un molino extractor, realizando presión en la caña y permitiendo que el jugo caiga en un envase, posteriormente se realizó un tamizado con una malla fina para evitar impurezas, el proceso se detalla en la figura 1 (Castañeda & Pardo, 2018).

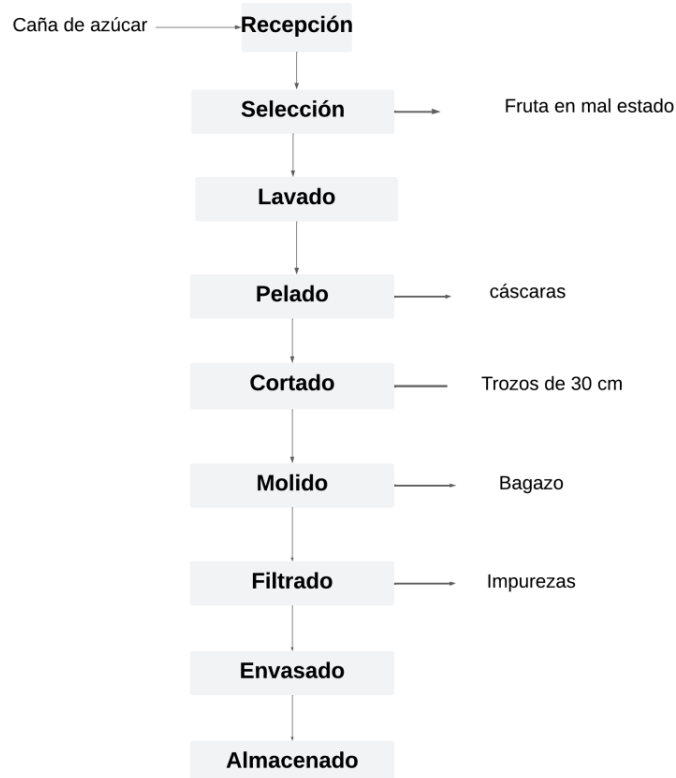


Figura 1. *Diagrama de flujo del proceso de extracción del jugo de caña*

Elaborado por: Coello Carolina.

2.2.1.2 Obtención de la pulpa de maracuyá

Para la obtención de la pulpa de maracuyá se siguieron los pasos especificados en la figura 2. La fruta fue seleccionada y lavada con agua potable, posteriormente el fruto fue cortado con un cuchillo de acero, las pulpas con las semillas fueron extraídas manualmente, mediante un colador se extrajo la pulpa hasta separar las semillas del jugo. Posteriormente se tamizó hasta obtener una pulpa homogénea y finalmente la pulpa fue almacenada en envases de vidrio previamente desinfectados, a una temperatura de 4°C hasta su uso (González et al., 2020).

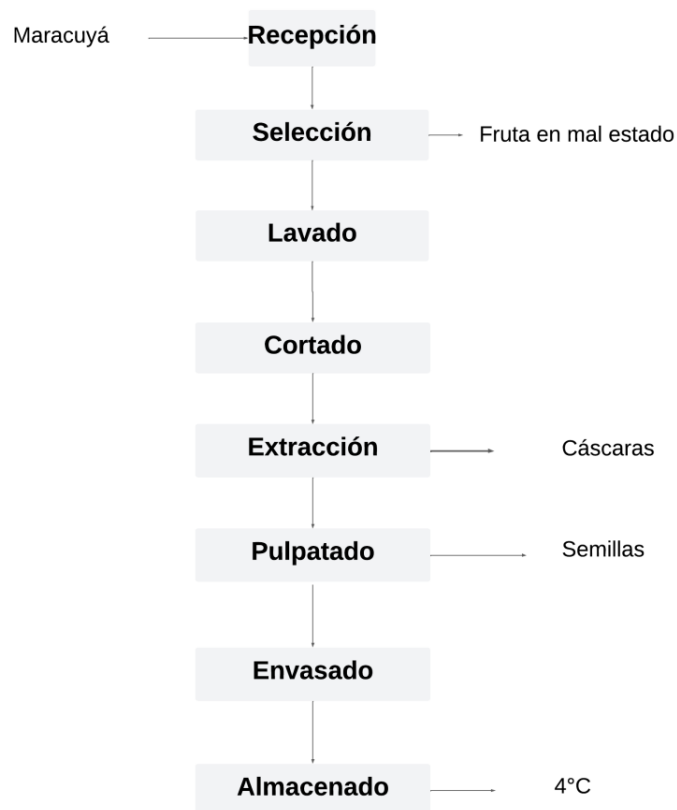


Figura 2. *Diagrama de flujo del proceso de obtención de la pulpa de maracuyá*

Elaborado por: Coello Carolina.

2.2.1.3 Elaboración de formulaciones

Se realizaron las formulaciones de acuerdo a la tabla 1, las mismas que fueron obtenidas a partir de pruebas preliminares.

Tabla 1.

Tabla de las formulaciones planteadas para los diferentes tratamientos

Tratamientos	% de jugo de caña	% de zumo de maracuyá
Tratamiento 1	95%	5%
Tratamientos 2	90%	10%
Tratamiento 3	85%	15%

Elaborado por: Coello Carolina

2.2.1.4 Elaboración de la bebida carbonatada

La elaboración de la bebida se desarrolló como se detalla en la figura 3.

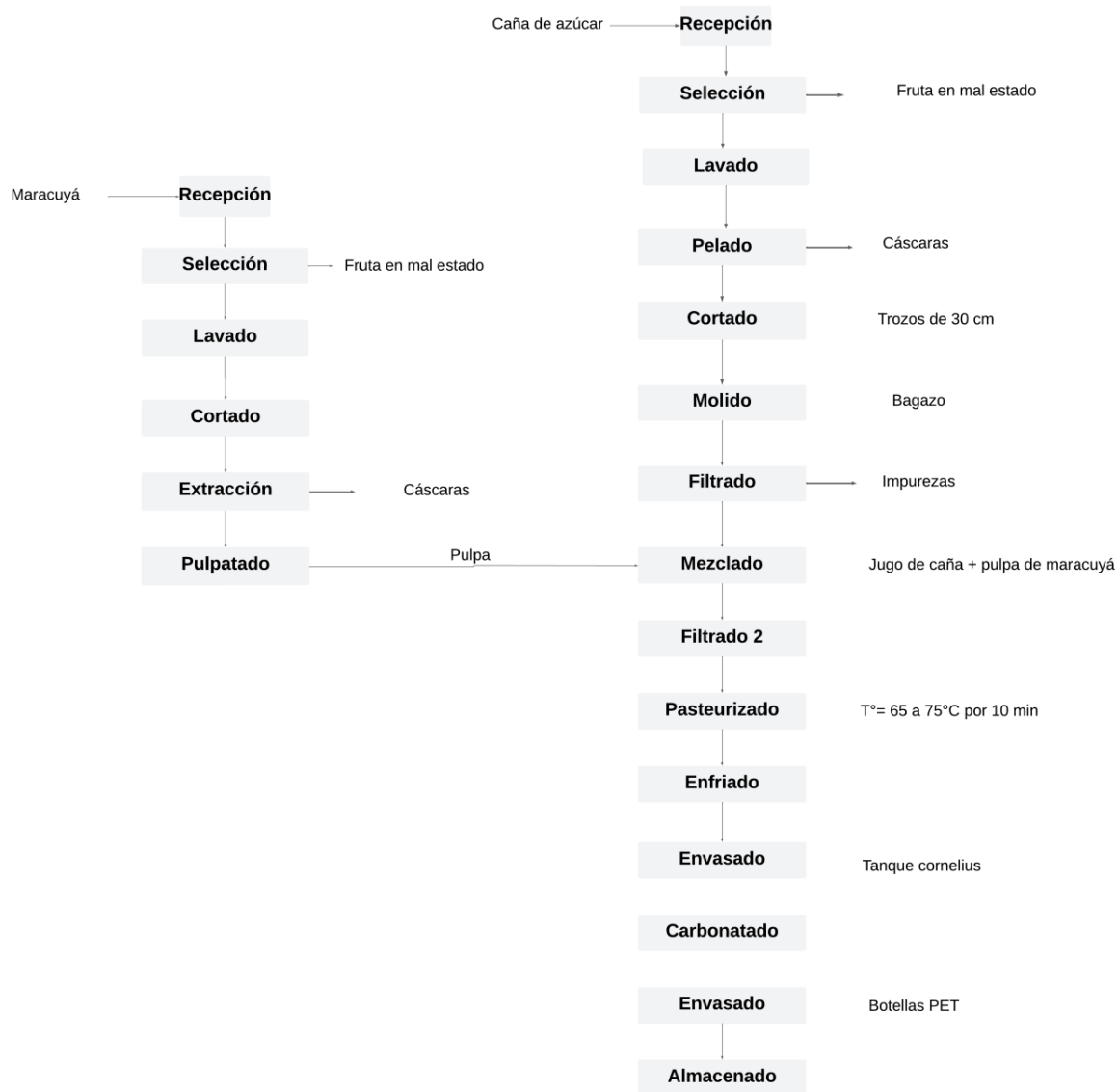


Figura 3. Diagrama de flujo de la elaboración de la bebida carbonatada a base de jugo de caña y saborizada con maracuyá.

Elaborado por: Coello Carolina.

2.2.2 Determinación de pH y Acidez titulable en los cuatro tratamientos.

Para determinar el pH de las muestras de la bebida carbonatada (jugo de caña + maracuyá), se siguió el método establecido en la norma (NTE INEN, 2013). Se calibró el potenciómetro con soluciones tampón pH 4,00 y pH 7,00, se utilizó 200ml de cada formulación, cabe mencionar que antes de realizar tres réplicas por muestra, se desgasificó levemente la muestra para evitar interferencias del CO₂.

Para la acidez titulable, se aplicó la norma (NTE INEN, 2013), se utilizó una solución de NaOH 0,1 N y, para el método rutinario, se empleó 3 gotas de fenolftaleína como indicador de punto final. Antes de titular, las muestras fueron desgasificadas para liberar el CO₂ disuelto, conforme indica la normativa. El volumen de titulante consumido (V, en mL) se usó para calcular la acidez según la fórmula:

$$\% \text{ Acidez} = \frac{V_{NaOH} \times N_{NaOH} \times EqW \times 100}{\text{Volumen de la muestra (mL)}}$$

Ecuación 1. Acidez titulable

Donde:

V_{NaOH} : volumen gastado de NaOH (ml)

N_{NaOH} : normalis de NaOH (0,1N)

EqW : miliequivalente del ácido dominante (Ácido Cítrico: 0.064)

V: Volumen de la muestra

2.2.2.1 Determinación de Brix

Los sólidos solubles totales se determinaron mediante un refractómetro digital previamente calibrado con agua destilada. Se colocó una gota de la muestra sobre la superficie del prisma, se cerró la tapa y se realizó la lectura directa en °Brix. Se efectuaron tres repeticiones por tratamiento, y el resultado se expresó como media ± error estándar. Antes de cada medición, el equipo fue limpiado y secado para evitar contaminación entre muestras.

2.2.3 Determinación del mejor tratamiento para la obtención de la bebida carbonatada a través de análisis sensorial.

2.2.3.1 Evaluación sensorial

Para determinar la mejor formulación de la bebida carbonatada a base de jugo de caña de azúcar y maracuyá, se realizó una evaluación sensorial con un panel semi-entrenado conformado por 25 personas, prueba que fue realizada por duplicado. Se aplicó un test hedónico con escala de 5 puntos, en el que se valoraron atributos como sabor, aroma, color, textura (sensación de carbonatación) y aceptación general (Stone et al.,

2012). Las muestras se presentaron codificadas y de forma aleatoria, garantizando la eliminación de sesgos (Meilgaard, Civille, & Carr, 2007).

Los resultados obtenidos fueron analizados mediante el diseño experimental no paramétrico de Friedman, el cual es apropiado para comparar tratamientos en pruebas sensoriales (Lawless & Heymann, 2010). Este diseño permitió identificar las diferencias significativas entre las formulaciones evaluadas. Además, se aplicó la prueba de comparación de pares de Wilcoxon, para determinar qué tratamientos difirieron estadísticamente entre sí (Field, 2018). El análisis fue ejecutado mediante el software estadístico SPSS, lo que facilitó la interpretación rigurosa y objetiva de las preferencias sensoriales de los catadores (Pallant, 2020).

2.2.3.2 Codificación de los tratamientos

Las formulaciones fueron identificadas a través de un código aleatorio de dos letras y tres o cuatro números con el fin de garantizar que el análisis sensorial sea imparcial, los códigos se evidencian en la tabla 2.

Tabla 2.

Codificación de los tratamientos

Tratamiento	Código
T1	M5C95
T2	M10C90
T3	M15C85
T4	M20C80

Elaborado por: Coello Carolina.

2.2.3.3 Elaboración de la bebida carbonatada

Para el proceso de elaboración de la bebida, el producto se mantuvo en el tanque Cornelius por un período de tres días en la cámara de frío, para facilitar la incorporación del CO₂ para favorecer la penetración y disolución del gas en la bebida, este proceso fue realizado por cada una de las formulaciones (Torres & Villacís, 2020).

2.2.3.5 Determinación del mejor tratamiento

Para la selección del tratamiento óptimo, se estableció como parámetro determinante la aceptabilidad

sensorial global del producto. Este atributo se evaluó aplicando un umbral mínimo de $\geq 70\%$ de aceptación, definido con base en los resultados cuantitativos obtenidos en el análisis sensorial efectuado por el panel de catadores. Dicho valor permitió identificar la formulación con el mayor grado de preferencia global y, por lo tanto, la más apta para su posterior optimización.

2.2.4 Realización de análisis fisicoquímicos y microbiológicos del mejor tratamiento

Análisis fisicoquímicos

2.2.4.1 Determinación de pH y Acidez titulable

Se siguió el proceso que se encuentra especificado en el literal 2.2.1.2

2.2.4.2 Determinación de grados Brix

Se siguió el proceso que se encuentra en el literal 2.2.1.3

2.2.4.3 Análisis microbiológicos

Los análisis microbiológicos se realizaron en el laboratorio Multianalítica S.A., siguiendo los procedimientos establecidos en la NTE INEN- ISO 1101, aplicable al control microbiológico de bebidas carbonatadas. Conforme a esta metodología, se efectuó la cuantificación de *mesófilos*, coliformes totales, *Escherichia coli*, *Salmonella spp.*, *Staphylococcus aureus*. Adicionalmente, se llevó a cabo la determinación de mohos y levaduras presentes en la formulación.

CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis y discusión de los resultados

3.1.1 Formulación de cuatro tratamientos de la bebida carbonatada a base de jugo caña y saborizada con maracuyá en diferentes proporciones.

En la obtención del jugo de caña se obtuvo un rendimiento del 85%, y en la pulpa de maracuyá un 32%.

El proceso de elaboración de la bebida carbonatada a base de jugo de caña y maracuyá presentó un rendimiento total del 63,88%, en el mejor tratamiento, calculado comparando el volumen final obtenido con la cantidad de materia prima utilizada. Este valor considera las pérdidas que normalmente aparecen durante etapas como la extracción, filtración, pasteurización y separación de sólidos. Esta disminución es común cuando se trabaja con frutas como la caña y el maracuyá, ya que ambas contienen fibra, semillas y otros componentes que no pasan al producto final (Sogi et al., 2015).

En la literatura se reporta que el rendimiento del jugo de caña puede variar entre 45% y 65%, influenciado por factores como la variedad de la planta o el contenido de humedad del tallo (Fernandes et al., 2019). En el caso del maracuyá, los rendimientos de jugo o pulpa suelen ubicarse entre 28% y 40%, debido principalmente a su alta proporción de semillas y al espesor de la pulpa (Maldonado et al., 2020). Al comparar estos rangos con el rendimiento del 63,88% obtenido en esta investigación, se evidencia que el valor es adecuado para una bebida filtrada, pasteurizada y estandarizada. Esta cifra se explica porque, al combinar y homogenizar ambas matrices, las pérdidas tienden a ser menores que cuando las frutas se procesan por separado (Vásquez & Amaya, 2021).

3.1.1.1 Análisis fisicoquímicos en las cuatro formulaciones.

Los análisis fisicoquímicos realizados en las cuatro formulaciones mostraron diferencias significativas ($p < 0,05$) en pH, acidez titulable y °Brix, como se lo puede observar en la tabla 3, lo cual evidencia que la proporción jugo de caña y maracuyá influye directamente en las características del producto final. Este comportamiento es coherente con lo reportado para bebidas formuladas con mezclas de jugos de frutas, donde la concentración de sólidos solubles y ácidos orgánicos modifica de forma sensible la composición química y la percepción sensorial (Castro et al., 2019).

Tabla 3.

ANOVA para los tratamientos fisicoquímicos de las 4 formulaciones.

	F (Relación entre la variación)	Sig.
ph	512,879	< 0,001
Acidez	141,547	< 0,001
°Brix	39,073	< 0,001

Elaborado por: Coello Carolina

3.1.2.1 pH

Los valores de pH mostraron un aumento progresivo entre T1 y T4 como se observa en la tabla 4 presentando diferencias significativas entre los tratamientos. Este comportamiento se explica porque, a medida que se incrementa la proporción de jugo de caña (tratamientos de mayor dulzor), disminuye el impacto ácido natural del maracuyá, elevando así el pH.

Este patrón coincide con lo señalado por **Rodríguez & Ramírez (2020)**, quienes reportan que el maracuyá presenta alta acidez titulable y es útil para regular el pH en mezclas con bebidas dulces. También está alineado con **García et al. (2019)**, quienes mencionan que en bebidas carbonatadas la matriz azucarada contribuye a la amortiguación de la acidez.

Entre los tratamientos evaluados, el pH del tratamiento 4 (3,097) es adecuado para una bebida carbonatada. Según **Ashurst (2016)**, pH más bajos favorecen la estabilidad del CO₂, retrasan el crecimiento microbiano, disminuye la probabilidad de crecimiento de bacterias y hongos y favorece la conservación durante el almacenamiento, es por esto que T4 ofrece mejores condiciones tecnológicas frente a los demás tratamientos.

3.1.2.2 Acidez

En la tabla 4 la acidez presentó diferencias significativas entre las formulaciones, reflejando la influencia de la proporción de jugo de caña y maracuyá. El tratamiento T1 presenta la acidez más baja (0,0317), coherente con su mayor contenido de jugo de caña, cuyo aporte ácido es mínimo. T2 y T3 registran valores moderados (0,0491), indicando un mejor equilibrio entre dulzor y acidez, lo cual favorece una sensación refrescante típica en bebidas carbonatadas.

En contraste, T4 exhibe la acidez más elevada (0,1170), atribuida a un mayor aporte de maracuyá, fruta rica en ácidos orgánicos como el ácido cítrico. Este nivel de acidez contribuye positivamente a la estabilidad microbiológica y al perfil cítrico característico.

Según (Copa et al. 2018), el maracuyá presenta altos niveles de ácidos orgánicos (principalmente ácido cítrico), lo que incrementa de manera marcada la acidez titulable cuando su proporción dentro de una bebida es mayor. La acidez encontrada está dentro del rango usual de refrescos tropicales ácidos (0,03–0,15 %), lo cual es adecuado para generar un balance entre dulzor y acidez (Kaur & Sharma, 2018).

3.1.2.3 Brix

Como se observa en la tabla 4, la acidez presentó diferencias significativas entre las formulaciones, siendo T1, T2 y T3 similares. Según Ashurst (2016), indica que la concentración de sólidos solubles se mantiene estable en estas formulaciones. Esto se debe a que el jugo de caña, principal fuente de sacarosa, posee un contenido elevado y constante de azúcares, lo que coincide con lo descrito por Chen & Chou (2023), quienes señalan que la caña de azúcar aporta una matriz rica en sacarosa que domina el valor de °Brix en mezclas líquidas.

Por otro lado, el tratamiento T4 presenta el valor más bajo (13,41 °Brix), consecuencia de un mayor aporte de maracuyá, una fruta cuyo contenido de sólidos solubles es inferior al de la caña (Fellows, 2017). Bajo este contexto, la selección del tratamiento con °Brix más bajo T4 responde a la necesidad de ofrecer una bebida con un dulzor armónico, compatible con la acidez característica del maracuyá, y sensorialmente más agradable para el consumidor. Este enfoque permite mantener la identidad refrescante del producto y mejorar su aceptación potencial en el mercado (García et al., 2019).

Tabla 4.

Prueba de tukey para los análisis fisicoquímicos de las 4 formulaciones.

	T1	T2	T3	T4
pH	3,61 ± 0,030 ^a	3,161 ± 0,014 ^b	3,295 ± 0,005 ^c	3,097 ± 0,003 ^d
Acidez	0,0317 ± 0,01 ^c	0,0491 ± 0,004 ^b	0,049 ± 0,004 ^b	0,1170 ± 0,006 ^a
°Brix	14,17 ± 0,21 ^b	14,11 ± 0,01 ^b	14,22 ± 0,015 ^b	13,41 ± 0,015 ^a

Elaborado por: Coello Carolina.

De los análisis fisicoquímicos realizados se determina que T4 es el que cumple con mejores características de acuerdo a los parámetros de pH, acidez y °Brix.

3.1.2 Determinación del mejor tratamiento mediante evaluación sensorial

3.1.3.1 Análisis sensorial

Se aplicó la prueba no paramétrica de Friedman, para evaluar si existían diferencias significativas entre los cuatro tratamientos formulados en cuanto a los atributos sensoriales de color, olor, sabor, textura y aceptabilidad general, considerando un panel de 25 catadores, la prueba se realizó por duplicado y los datos obtenidos utilizados para el cálculo corresponde a los promedios de las mediciones.

Como se puede observar en la tabla 5, los valores p-valores resultaron menores a 0.05, indicando que existe diferencias estadísticamente significativas para cada atributo analizado. Por lo tanto, es necesario realizar la prueba adicional de Wilcoxon, para seleccionar el mejor tratamiento en cuanto a la varianza que posee cada tratamiento

Tabla 5.

Prueba de Friedman para los atributos evaluados en análisis sensorial (Día 1 y 2).

Atributo	N	gl	Chi-Cuadrado (χ^2)	Sig.
Color	25	3	64,800	< 0,001
Olor	25	3	60,266	< 0,001
Sabor	25	3	66,216	< 0,001
Textura	25	3	68,450	< 0,001
Aceptabilidad	25	3	39,405	< 0,001

Elaborado por: Coello Carolina

3.1.3.1.1 Color

De acuerdo con los resultados obtenidos mediante la prueba de Wilcoxon (Tabla 6), los tratamientos T1, T2 y T3 no presentaron diferencias significativas entre sí ($p > 0,05$), lo que indica que su comportamiento fue estadísticamente similar. Por el contrario, el tratamiento T4 mostró diferencias altamente significativas frente a los demás ($p = 0,004$ y $p < 0,001$), evidenciando que este tratamiento posee un comportamiento claramente distinto. Considerando que las diferencias significativas reflejan una mayor variabilidad en la variable analizada y dado que la formulación con 80% de jugo de caña y 20% de maracuyá presentó mejor

desempeño, el tratamiento T4 se identifica como el más adecuado, al diferenciarse de manera consistente y estadísticamente respaldada de las otras formulaciones evaluadas.

Tabla 6.

Prueba de Wilcoxon para el atributo color (Día 1 y 2)

T1	3,76±0,83	Sig. 1,00
T2	3,76±0,83	
T1	3,76±0,83	Sig. 0,629
T3	3,64±0,86	
T1	3,76±0,83	Sig. 0,004
T4	4,44 ±0,58	
T2	3,76±0,83	Sig. 0,629
T3	3,64±0,86	
T2	3,76±0,83	Sig. 0,004
T4	4,44 ±0,58	
T3	3,64±0,86	Sig. 0,001
T4	4,44 ±0,58	

Elaborado por: Coello Carolina

3.1.3.1.2 Olor

Con base en los resultados de la prueba de Wilcoxon tabla 7, se determinó que el tratamiento T4 presentó diferencias altamente significativas respecto a las demás formulaciones, especialmente en la percepción del olor ($p < 0,001$), lo que evidencia un impacto sensorial superior asociado a su mayor contenido de maracuyá. En contraste, los tratamientos T1 y T2 no mostraron diferencias significativas entre sí ($p > 0,05$), indicando que sus características aromáticas son similares y menos intensas. Considerando que el maracuyá aporta compuestos volátiles responsables de un perfil aromático más atractivo para el consumidor, y que T4 fue

consistentemente diferente y sensorialmente más destacado, es consistente con estudios que señalan que el maracuyá posee una de las mayores cargas aromáticas entre frutos tropicales, aumentando la percepción sensorial incluso en matrices diluidas o carbonatadas (González-Morelo et al., 2019).

Tabla 7.

Prueba de Wilcoxon para el atributo de olor (Día 1 y 2)

T1	3,2±1,08	Sig. 0,464
T2	3,04±1,02	
T1	3,2±1,08	Sig. 0,043
T3	3,88±0,83	
T1	3,2±1,08	Sig. <0,001
T4	4,52 ±0,59	
T2	3,04±1,02	Sig. 0,010
T3	3,88±0,83	
T2	3,04±1,02	Sig. <0,001
T4	4,52 ±0,59	
T3	3,88±0,83	Sig. 0,003
T4	4,52 ±0,59	

Elaborado por: Coello Carolina

3.1.3.1.3 Sabor

La prueba de Wilcoxon (Tabla 8), permitió identificar diferencias sensoriales en la percepción del sabor entre las distintas formulaciones de la bebida carbonatada. Los resultados indican que las comparaciones entre T2 y T1 ($p = 0,281$) y entre T3 y T2 ($p = 0,321$) no mostraron diferencias significativas, lo que sugiere que las formulaciones con 5 %, 10 % y 15 % de maracuyá presentan un perfil de sabor similar y ninguna supera sensorialmente a la otra en intensidad o aceptación.

Sin embargo, a partir del incremento al 20 % de maracuyá se observan cambios marcados. Las comparaciones entre T4 y T1 ($p < 0,001$), T4 y T2 ($p < 0,001$) y T4 y T3 ($p = 0,002$) evidencian diferencias altamente significativas. Esto indica que la formulación con 80 % de maracuyá genera un sabor claramente distinto y más perceptible frente a las otras formulaciones. Este comportamiento se justifica porque el maracuyá es una fruta con elevada acidez natural y alta concentración de compuestos volátiles responsables del sabor característico, por lo que al aumentar su proporción en la mezcla se intensifica la percepción sensorial (**Rivellini et al., 2020; González-Morelo et al., 2019**).

En cuanto a la tabla 8 se evidencia que el tratamiento T4 se diferencia sensorialmente del resto, mientras que T1, T2 y T3 mantienen un sabor similar entre sí. Por lo tanto, T4 es la formulación que genera el impacto sensorial más fuerte en el atributo sabor, coherente con su mayor concentración de maracuyá.

Tabla 8.

Prueba de Wilcoxon para el atributo de Sabor (Día 1 y 2)

T1	3,16±1,06	Sig. 0,281
T2	3,48±0,93	
T1	3,16±1,06	Sig. 0,044
T3	3,76±0,88	
T1	3,16±1,06	Sig. <0,001
T4	4,52 ±0,51	
T2	3,48±0,93	Sig 0,321
T3	3,76±0,88	
T2	3,48±0,93	Sig <0,001
T4	4,52 ±0,51	
T3	3,76±0,88	Sig 0,002
T4	4,52 ±0,51	

Elaborado por: Coello Carolina

3.1.3.1.4 Textura (Sensación en boca)

Como se puede observar en la tabla 9, los resultados muestran que la comparación entre T2 y T1 ($p = 1,000$) no presentó diferencias significativas, lo que indica que ambas formulaciones comparten una sensación en boca similar. Esto sugiere que pequeñas variaciones en la proporción de maracuyá (del 5 % al 10 %) no modifican la percepción de densidad, cuerpo o permanencia en boca del producto, lo cual coincide con lo señalado por **Fox & McSweeney (2015)**, quienes indican que cambios sensoriales texturales requieren variaciones mayores en sólidos solubles o fibra.

En contraste, las comparaciones T3 – T1 ($p = 0,001$), T4 – T1 ($p < 0,001$), T3 – T2 ($p = 0,013$), T4 – T2 ($p < 0,001$) y T4 – T3 ($p = 0,004$) evidencian diferencias estadísticamente significativas. Esto demuestra que a partir del 15 % de maracuyá ya aparecen modificaciones perceptibles en la sensación en boca, probablemente asociadas al incremento de sólidos solubles, compuestos pécticos y viscosidad natural de la pulpa de maracuyá. De acuerdo con **Zhang et al. (2021)**, las frutas tropicales con alto contenido de pectina generan mayor cuerpo y sensación de densidad en bebidas procesadas, afectando directamente la percepción sensorial de textura.

La mayor diferencia fue observada en la formulación T4, que presentó significancia en todas sus comparaciones ($p < 0,001$ y $p = 0,004$), lo que indica que esta formulación posee una sensación en boca claramente distinta y más marcada. Este comportamiento es coherente con lo reportado por **Teles et al. (2019)**, quienes encontraron que el maracuyá aumenta la viscosidad y la sensación de cuerpo conforme incrementa su concentración, especialmente en sistemas líquidos como jugos o bebidas carbonatadas.

Por tanto, los resultados muestran que la textura se ve influenciada de manera directa por el contenido de maracuyá, siendo T4 la formulación con mayor impacto textural, mientras que T1 y T2 mantienen un comportamiento similar y más ligero en boca

Tabla 9.

Prueba de Wilcoxon para el atributo de Textura (Día 1 y 2)

T1	3,28±0,89	Sig. 1,000
T2	3,24±0,88	
T1	3,28±0,89	Sig. <0,001
T3	3,88±0,67	

T1	3,28±0,89	Sig. 0,000
T4	4,48 ±0,65	
T2	3,24±0,88	Sig. 0,013
T3	3,88±0,67	
T2	3,24±0,88	Sig. <0,001
T4	4,48 ±0,65	
T3	3,88±0,67	Sig. 0,004
T4	4,48 ±0,65	

Elaborado por: Coello Carolina

3.1.3.1.5 Aceptabilidad

A partir de los resultados obtenidos en la tabla 10, se observa que los tratamientos T3 y T4 no presentan diferencias significativas entre sí ($p = 1,00$), lo que indica que ambos comparten un desempeño sensorial equivalente. En contraste, T1 difiere significativamente de T3 y T4 ($p = 0,025$), mientras que T2 también muestra diferencias con ambos ($p = 0,032$), evidenciando que T3 y T4 forman un grupo sensorialmente superior. De acuerdo con lo señalado por **Stone & Sidel (2020)**, la ausencia de diferencias significativas entre tratamientos indica una mayor consistencia en la percepción sensorial, lo cual es determinante para la aceptación del consumidor. Asimismo, **Meilgaard et al. (2016)** destacan que los tratamientos que permanecen agrupados estadísticamente suelen presentar características sensoriales más equilibradas. Por lo tanto, considerando que T3 y T4 muestran la mayor similitud sensorial y no presentan diferencias entre sí, estos se identifican como los tratamientos en cuanto a aceptabilidad, siendo T4 el más recomendable al presentar simultáneamente estabilidad sensorial y preferencia estadística dentro del conjunto evaluado.

Tabla 10.

Prueba de Wilcoxon para el atributo de Aceptabilidad (Día 1 y 2)

T1	3,08±0,99	Sig. 0,711
T2	3,20±0,76	

T1	3,08±0,99	Sig. 0,025
T3	3,76±0,83	
T1	3,08±0,99	Sig. 0,025
T4	3,76 ±0,83	
T2	3,20±0,76	Sig. 0,032
T3	3,76±0,83	
T2	3,20±0,76	Sig. 0,032
T4	3,76 ±0,83	
T3	3,76±0,83	Sig. 1,00
T4	3,76 ±0,83	

Elaborado por: Coello Carolina

3.1.3.1.6 Radial de aceptabilidad del mejor tratamiento

El gráfico radial (Figura 4) evidencia que el Tratamiento 4 (T4) obtiene las puntuaciones más altas en los cinco atributos evaluados (color, olor, sabor, textura y aceptabilidad), mostrando un perfil sensorial más equilibrado y mejor valorado. Este comportamiento indica que la formulación de T4 logra una integración más armónica entre dulzor, acidez y aroma, lo que se refleja en una percepción superior por parte de los catadores.

En contraste, los tratamientos T1, T2 y T3 mantienen valores similares entre sí, con puntajes ligeramente inferiores. Esto demuestra que los cambios moderados en la proporción de jugo de caña y maracuyá no generan variaciones sensoriales marcadas hasta llegar a la formulación de T4.

En conjunto, el radial confirma que T4 es el tratamiento más aceptado, destacándose especialmente en olor y sabor, atributos clave en bebidas carbonatadas de base frutal.

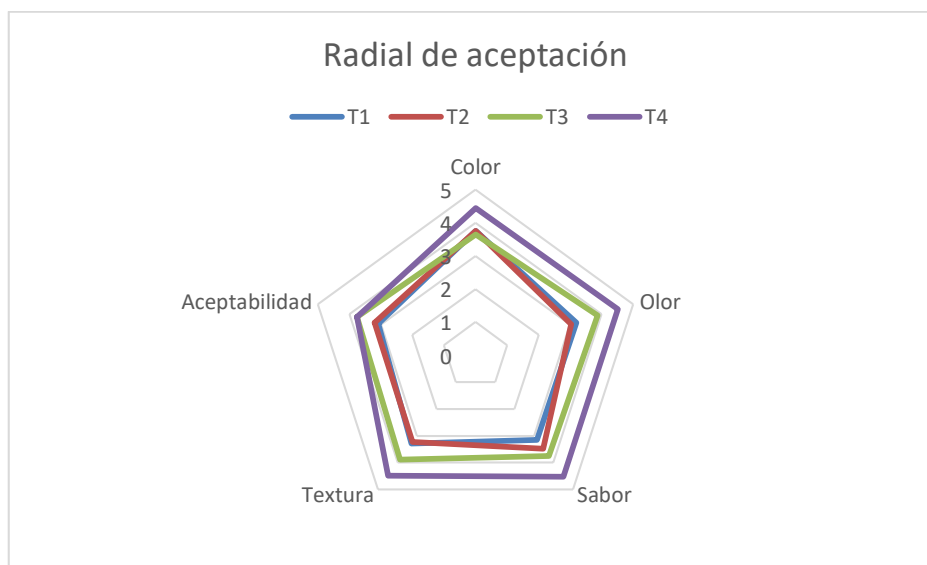


Figura 4. Radial de aceptación del mejor tratamiento.

Elaborado por: Coello Carolina.

3.1.3.1.6 Aceptabilidad general del mejor tratamiento

El mejor tratamiento presentó una aceptabilidad general de 86,88%, valor que refleja un alto nivel de agrado por parte de los evaluadores. Este resultado coincide con lo reportado por **Gómez & Rivera (2021)**, quienes afirman que las bebidas frutales con equilibrio organoléptico alcanzan mayores puntuaciones hedónicas. Además, el nivel de aceptación obtenido sugiere un fuerte potencial de consumo y comercialización, similar a lo observado en productos naturales carbonatados descritos por **López et al. (2020)**. Por lo tanto, la formulación evaluada demuestra ser sensorialmente atractiva y viable para su desarrollo industrial.

3.1.4 Análisis fisicoquímicos y microbiológicos del mejor tratamiento

De acuerdo a los resultados estadísticos de los análisis fisicoquímicos químicos realizados a los 4 tratamientos y a la evaluación sensorial se concluyó que el mejor tratamiento corresponde a T4, 80% jugo de caña y 20% pulpa de maracuyá, en este tratamiento se realizaron análisis fisicoquímicos y microbiológicos en base a la norma NTE INEN 1101 para bebidas carbonatadas.

3.1.4.1 Análisis fisicoquímicos

3.1.4.1.1 pH y Acidez titulable

El pH fue de 3,6 según la tabla 11, es óptimo en productos de baja acidez como las bebidas carbonatadas y jugos, ya que esta condición es fundamental para la inhibición de crecimiento de bacterias patógenas las cuales se desarrollan óptimamente a pH cercano a la neutralidad, estos valores se encuentran en la normal

NTE INEN 1101 (ICMSF, 2005).

En cuanto a la acidez titulable, la bebida mostró un valor promedio de $0,0316 \pm 0,0003$, valor relativamente bajo considerando la acidez intrínseca del maracuyá (20%). La principal razón de esta baja acidez titulable reside en la alta proporción de jugo de caña en la formulación. El jugo de caña posee un contenido de ácidos mucho menor y tiene un efecto diluyente y amortiguador sobre la concentración de ácidos totales aportada por la pulpa de maracuyá (Rao et al., 2005). Esta baja acidez titulable contribuye a la percepción de un sabor suave en boca

Finalmente, los °Brix presentaron un valor promedio de $13,41 \pm 0,0088$, el cual, aunque influenciado por la presencia natural de sacarosa del jugo de caña que constituye el 80 % de la base líquida (Chen & Chou, 1993), corresponde a la formulación con el nivel de dulzor más bajo seleccionada para la bebida. Esta decisión responde a la tendencia actual del consumidor hacia productos más saludables y con menor contenido de azúcar, lo cual incrementa la aceptabilidad de bebidas menos dulces. En el caso de matrices carbonatadas, un dulzor moderado es especialmente importante, ya que permite equilibrar la astringencia y la percepción ácida sin generar sensaciones empalagosas, contribuyendo así a un perfil sensorial más ligero y adecuado para las preferencias actuales del mercado en base a la normativa NTE INEN 1101 debe contener $\geq 7,0$ °Brix (Martínez et al., 2019).

La relación entre el dulzor y la acidez son característico de productos donde el sabor dulce es dominante, lo que indica que la formulación 80% de jugo de caña y 20% de pulpa de maracuyá logró efectivamente enmascarar la alta acidez del maracuyá con el dulzor natural de la caña, resultando en un equilibrio de sabor altamente aceptable por el consumidor (Pallant, 2020).

Tabla 11.

pH, acidez titulable y °Brix del mejor tratamiento.

Muestra	pH	Acidez Titulable (%)	°Brix
R1	3,615	0,032	13,5
R2	3,62	0,031	13,8
R3	3,614	0,032	13,7
Promedio	$3,616 \pm 0,0019$	$0,0316 \pm 0,0003$	$13,41 \pm 0,0088$

Elaborado por: Coello Carolina

3.1.4.2 Análisis microbiológico del mejor tratamiento

En base a la normativa INEN NTE 1101 se debe realizar el recuento de *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Staphylococcus aureus*, *coliformes* y *aerobios mesófilos* (Tabla 12). Estos resultados microbiológicos obtenidos muestran que la bebida presenta un adecuado nivel de inocuidad, evidenciado por la ausencia de *Salmonella* y los recuentos inferiores a 10 UFC/mL de *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* y *coliformes*, lo cual indica ausencia de contaminación y un proceso higiénico adecuado. Según Jay et al. (2005), estos microorganismos son indicadores clave de fallas sanitarias y su ausencia refleja buenas prácticas de manufactura. Adicionalmente, el recuento de aerobios mesófilos ($5,2 \times 10^2$ UFC/mL) se encuentra dentro de lo esperado para bebidas aciduladas, ya que el pH bajo y el CO₂ disuelto actúan como barreras que inhiben la proliferación de la microbiota **mesófila** (Forsythe, 2011).

Diversos estudios en bebidas carbonatadas indican que la acidez, la presión parcial de CO₂ y el bajo contenido de oxígeno disponible reducen significativamente la supervivencia de bacterias patógenas y alterantes (Fleet, 2011). Por lo tanto, los resultados del primer punto confirman que la bebida cumple con los criterios de inocuidad establecidos para productos listos para consumo y que el proceso tecnológico aplicado fue eficiente en controlar la carga microbiana inicial.

Tabla 12.

Análisis microbiológico del mejor tratamiento

Análisis	Número de colonias (UFC/g)	Método/Norma
<i>Escherichia coli</i> ,	<10	ISO 4832:2006
<i>Salmonella</i>	Ausencia	ISO 6579-1:2017
<i>Staphylococcus aureus</i>	<10	ISO 6888-1:2021
<i>coliformes Totales</i>	<10	ISO 4832:2006
<i>aerobios mesófilos.</i>	$5,2 \times 10^2$	ISO 4833-1:2013

Nota: UFC: Unidades Formadoras de Colonias.

Fuente: **Multianalítica S.A, 2025.**

La norma INEN NTE 1101, indica que se debe realizar recuento de mohos, los resultados obtenidos para el recuento de mohos en la bebida carbonatada a base de jugo de caña y maracuyá fueron de 50 UFC/mL (Tabla 13), valor que se encuentra dentro de los niveles aceptables para bebidas acidificadas y elaboradas con jugos naturales. Este comportamiento microbiológico es coherente con lo señalado por **Fleet (2003)**, quien indica que los mohos presentan baja tolerancia a ambientes ácidos y carbonatados, lo que limita significativamente su capacidad de crecer en productos con pH bajo y presencia de CO₂. Por lo tanto, los valores obtenidos confirman que la bebida posee condiciones adecuadas de inocuidad y estabilidad microbiológica.

Además, la norma INEN NTE 1101 establece que, junto con el recuento de mohos, se debe realizar la evaluación de levaduras, debido a que estos microorganismos son capaces de sobrevivir en productos acidificados y con alto contenido de azúcares. En la bebida elaborada se obtuvo un recuento de $2,8 \times 10^2$ UFC/mL, valor que se encuentra dentro de los límites microbiológicos considerados aceptables para bebidas elaboradas con jugos naturales. Este comportamiento es consistente con lo señalado por **Thomas & Davenport (2023)**, quienes explican que las levaduras presentan mayor resistencia en matrices de baja acidez y alta osmolaridad, pudiendo tolerar incluso la presencia de CO₂ disuelto. No obstante, **Pitt & Hocking (2019)** advierten que ciertas especies, como *Zygosaccharomyces bailii*, pueden fermentar azúcares residuales y ocasionar deterioro del producto durante el almacenamiento. Por ello, aunque el recuento obtenido es adecuado, es importante considerarlo para la estimación de la estabilidad microbiológica de la bebida.

Tabla 13.

Recuento de mohos y levaduras del mejor tratamiento.

Análisis	Número de colonias (UFC/g)	Método/Norma
Mohos	50	ISO 21527-1.
Levaduras	$2,8 \times 10^2$	ISO 21527-1

Nota: UFC: Unidades Formadoras de Colonias.

Fuente: **Multianalítica S.A, 2025.**

CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se elaboró una bebida carbonatada a partir de jugo de caña y pulpa de maracuyá, de buenas características sensoriales y que cumple con la normativa nacional.
- La formulación que tiene 80% de jugo de caña y 20% de maracuyá, tiene un pH, acidez y °Brix adecuados para una bebida carbonatada de calidad y un rendimiento del 63,88%
- La evaluación sensorial evidenció una buena aceptabilidad por parte de los panelistas, destacándose el tratamiento que tiene 80% de jugo de caña y 20% de pulpa de maracuyá, con mayor equilibrio entre dulzor y acidez. Esto demuestra que la combinación de estos ingredientes genera una bebida refrescante, agradable y de perfil sensorial atractivo para el consumidor.
- El tratamiento óptimo, tanto en los análisis fisicoquímicos como microbiológicos, demostró ser un producto inocuo, debido a que los recuentos de *Escherichia coli*, coliformes totales, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* spp. y aerobios mesófilos se encontraron dentro de los límites establecidos por la normativa ecuatoriana INEN NTE 1101. Estos resultados evidencian la aplicación adecuada de buenas prácticas de manipulación y un proceso de elaboración controlado, garantizando la seguridad microbiológica del producto.

4.2 Recomendaciones

- Realizar estudios de vida útil que permitan evaluar cambios fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales durante el almacenamiento, con el fin de determinar el tiempo óptimo de conservación de la bebida carbonatada.
- Optimizar el proceso de carbonatación y llenado, asegurando una presión homogénea en cada envase para evitar pérdidas de gas y garantizar una sensación burbujeante estable y agradable para el consumidor.
- Evaluar nuevas formulaciones con diferentes proporciones de frutas tropicales, lo que permitirá ampliar el perfil sensorial del producto y adaptarlo a distintas preferencias del mercado, sin comprometer la calidad ni la estabilidad del producto.

MATERIALES DE REFERENCIA

Referencias Bibliográficas

- Acuña, M., & Pérez, D. (2019). Evaluación sensorial y aceptación del consumidor en bebidas no alcohólicas. *Journal of Food Studies*, 14(2), 45–53.
- Aguirre, J., & Saldaña, R. (2021). Propiedades fisicoquímicas del jugo de caña y su aplicación en bebidas. *Revista Latinoamericana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 9(3), 112–120.
- Albuquerque, T., Silva, E., & Rocha, N. (2018). Quality attributes of carbonated fruit beverages: pH, °Brix and acidity relationships. *Food Chemistry Research*, 25(1), 78–86.
- Alvarado, P., & Jiménez, R. (2021). Caracterización fisicoquímica del maracuyá (*Passiflora edulis*) para el desarrollo de bebidas. *Revista Agroindustrial Latinoamericana*, 15(3), 134–142.
- Ames, J., & Santana, P. (2020). Técnicas de procesamiento para bebidas carbonatadas a base de frutas. *Journal of Food Technology*, 7(2), 65–74.
- Aristizábal, L., & Martínez, O. (2019). Evaluación de estabilidad en bebidas refrescantes tropicales. *Food Quality Latin America*, 12(1), 44–53.
- Bajec, M. R., & Pickering, G. J. (2008). Astringency: Mechanisms and perception. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48(9), 858–875. <https://doi.org/10.1080/10408390701724223>
- Barbosa, L. P., Rocha, R. A., & Silva, M. T. (2020). Nutritional and functional properties of passion fruit (*Passiflora edulis*): A review. *Journal of Food Biochemistry*, 44(9), e13382. <https://doi.org/10.1111/jfbc.13382>
- Barrera, L., & Zambrano, P. (2020). Evaluación microbiológica en bebidas artesanales y su relación con normativas sanitarias. *Revista de Inocuidad Alimentaria*, 7(1), 15–22.
- Benítez, S., & Bravo, K. (2020). Propiedades antioxidantes del maracuyá y su aplicación en productos alimenticios. *Journal of Tropical Biochemistry*, 8(2), 102–110.
- Brennan, J. G., Butters, J. R., Cowell, N. D., & Lilly, A. E. V. (2012). *Food Engineering Operations*. Springer.
- Carvalho, M. J., et al. (2015). Influence of visual attributes on consumer acceptance of beverages. *Food Quality and Preference*, 40, 78–85.

- Cedeño, M., & Ruiz, A. (2021). Buenas prácticas de manufactura en la elaboración de bebidas no alcohólicas. *Higiene y Seguridad Alimentaria*, 6(3), 29–38.
- Cerqueira-Silva, C. B. M., Santos, E. S., & Souza, A. P. (2014). Passiflora edulis: Genetic diversity and breeding perspectives for fruit quality and bioactive compounds. *Food Research International*, 62, 161–170. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.02.030>
- Chauca, J., & León, M. (2022). Parámetros de estabilidad en bebidas carbonatadas a base de frutas tropicales. *Scientia Agroalimentaria*, 13(4), 200–210.
- Cornejo, M., & Tufiño, S. (2022). Parámetros de calidad en jugos tropicales pasteurizados y carbonatados. *Ciencia y Desarrollo Agroalimentario*, 11(2), 99–109.
- De la Cruz, L., & Herrera, C. (2018). Evaluación de atributos sensoriales en bebidas mezcladas de frutas tropicales. *Journal of Sensory & Consumer Studies*, 15(4), 155–162.
- Di Monaco, R., Su, C., Masi, P., & Cavella, S. (2009). Temporal dominance of sensations: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 20(6–7), 304–312. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2009.03.010>
- Espinoza, G., & Medina, P. (2023). Comportamiento microbiológico de bebidas artesanales durante el almacenamiento. *Revista de Microbiología Alimentaria Andina*, 9(1), 21–30.
- FAO. (2020). *Procesamiento de frutas tropicales y elaboración de bebidas*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- FAO. (2021). *Sugar crop production statistics*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/faostat>
- Fellows, P. J. (2017). *Food Processing Technology: Principles and Practice* (4th ed.). Woodhead Publishing.
- Fontana, A. J. (2008). Carbonation in beverages: Technology and physicochemical aspects. *Journal of Food Engineering*, 89(2), 250–256. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.05.015>
- Francis, F. J. (2017). *Color analysis in foods*. Springer.
- Franco, R., & Díaz, J. (2017). Parámetros de acidez y su impacto en la estabilidad de bebidas carbonatadas. *Food Preservation Review*, 13(1), 70–79.
- García, A., & Torres, C. (2018). Compuestos bioactivos y características del maracuyá (*Passiflora edulis*). *Food Bioactive Journal*, 6(2), 98–107.

- Gómez, P., & Valdiviezo, C. (2022). Aprovechamiento del jugo de caña en la industria de bebidas. *Revista Agropecuaria Científica*, 10(3), 88–96.
- González, M., & Herrera, D. (2019). Efecto del pH y acidez en la estabilidad de bebidas refrescantes. *Food Engineering Review*, 11(3), 220–229.
- Granato, D., Nunes, D. S., & Barba, F. J. (2020). An integrated strategy between food chemistry, technology, and nutrition to develop healthier food products: A review. *Food Research International*, 131, 108967. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.108967>
- Guinard, J. X. (2012). *Sensory and consumer testing of beverages*. *Journal of Food Science*, 77(1), 1–7.
- Gupta, A., Mahapatra, A., & Das, P. (2019). Sugarcane juice: Nutritional quality, functional components, and health benefits. *Journal of Food Science and Technology*, 56(6), 2763–2771. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03793-z>
- Heckman, M. A., Sherry, K., & Gonzalez de Mejia, E. (2010). Energy drinks: An assessment of their market size, consumer demographics, ingredient profile, functionality, and regulations in the United States. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9(3), 303–317. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2010.00111.x>
- INEC. (2021). *Estadísticas de consumo de bebidas no alcohólicas en Ecuador*. Instituto Nacional de Estadística y Censos.
- INEN. (2012). *NTE INEN 1529-1: Bebidas no alcohólicas. Requisitos generales de calidad*. Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- INEN. (2013). *NTE INEN 2337: Bebidas no alcohólicas. Requisitos*. Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- INEN. (2016). *NTE INEN-ISO 4832: Microbiología de los alimentos. Recuento de coliformes*. Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- INEN. (2020). *NTE INEN 1101: Bebidas refrescantes. Requisitos microbiológicos*. Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- León, F., & Cárdenas, E. (2018). Relación °Brix/acidez en bebidas saborizadas. *Journal of Food Science Latin America*, 6(2), 41–48.
- López, C., & Molina, R. (2021). Desarrollo de bebidas carbonatadas con frutas tropicales: una revisión tecnológica. *International Journal of Food Innovation*, 5(1), 55–68.
- Luján, D., & Pérez, T. (2023). Evaluación reológica y sensorial del jugo de maracuyá en bebidas. *Ciencia y Tecnología en Alimentos Tropicales*, 8(1), 57–66.

- Maldonado, E., & Carpio, S. (2022). Aprovechamiento del jugo de caña para productos alimenticios innovadores. *Tecnología Agroindustrial*, 17(2), 72–81.
- Marsh, A. J., O'Sullivan, O., Hill, C., Ross, R. P., & Cotter, P. D. (2014). Sequence-based analysis of the bacterial and fungal compositions of multiple kombucha (tea fungus) samples. *Food Microbiology*, 38, 171–178. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2013.09.003>
- Martínez, L., Pérez, R., & Sánchez, V. (2021). Physicochemical properties and shelf life of carbonated soft drinks: A review. *Beverage Science & Technology*, 14(2), 121–135.
- McNaught, A. D., & Wilkinson, A. (2017). *IUPAC Compendium of Chemical Terminology* (the "Gold Book"). Royal Society of Chemistry.
- Medina, A., & Vargas, M. (2019). Normas sanitarias para bebidas no alcohólicas y su aplicación en productos artesanales. *Regulación Alimentaria Internacional*, 4(2), 18–29.
- Ministerio de Salud Pública del Ecuador. (2022). *Normativa sanitaria para bebidas no alcohólicas y microbiología de alimentos*.
- Morales, J., & Baiza, L. (2020). Impacto del proceso térmico en la calidad de jugos tropicales. *Journal of Food Processing*, 17(3), 210–219.
- Muñoz, P., & Vargas, D. (2017). Análisis sensorial aplicado a bebidas: métodos y recomendaciones. *Revista Científica de Alimentos*, 12(1), 30–38.
- Nacif, P., & Santos, L. (2018). Stability of passion fruit beverages: physicochemical and sensory perspectives. *Journal of Tropical Food Science*, 10(1), 14–22.
- Nascimento, R. F., Oliveira, L. S., & Abreu, C. M. (2017). Nutritional and phytochemical profile of yellow passion fruit (*Passiflora edulis f. flavicarpa*) pulp and seeds. *Food Chemistry*, 225, 258–266. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.01.019>
- Nielsen, S. J. (2020). Trends in Carbonated Beverage Consumption and Health Implications. *Nutrition Reviews*, 78(2), 123–134. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuz079>
- Oliveira, E. M., Barbosa, L. P., & de Andrade, J. K. (2020). Stability and processing of sugarcane juice for beverage production: A review. *Food Research International*, 132, 109068. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109068>
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2019). *Guía sobre inocuidad alimentaria y bebidas industrializadas*.

- Pathare, P. B., Opara, U. L., & Al-Said, F. A. (2013). *Color measurement and analysis in fresh and processed foods: A review*. *Food and Bioprocess Technology*, 6, 36–60.
- Pérez, J., & Andrade, F. (2021). Evaluación de °Brix y acidez titulable en bebidas funcionales. *Food & Nutritional Research*, 8(2), 90–99.
- Pérez-Cid, B., Arias, Á., & Fernández, J. (2013). Influence of carbonation level and acidity on perceived sweetness of low-calorie beverages. *Food Quality and Preference*, 27(1), 142–148. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2012.07.003>
- Pérez-Díaz, I. M., & McFeeters, R. F. (2011). Fermented and Acidified Vegetables. In Y. H. Hui (Ed.), *Handbook of Vegetables and Vegetable Processing*. Wiley-Blackwell.
- Priestley, J. (1772). *Impregnating Water with Fixed Air*. London: Royal Society.
- Ramírez, J. M., López, C., & Torres, E. (2021). Composición química y usos del jugo de caña de azúcar como ingrediente en alimentos funcionales. *Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas*, 50(1), 49–58.
- Ramos, K., & Castillo, P. (2021). Influencia de la carbonatación sobre la percepción sensorial de bebidas frutales. *Journal of Beverage Science*, 9(2), 122–131.
- Reina, S., & López, J. (2022). Evaluación fisicoquímica y microbiológica de jugos mezclados de caña y frutas tropicales. *Alimentos y Biotecnología*, 14(2), 74–83.
- Rodríguez, E., & Yáñez, D. (2020). Aceptabilidad sensorial en bebidas carbonatadas elaboradas con frutas. *Journal of Sensory Studies*, 34(5), 410–418.
- Rodríguez-Bencomo, J. J., Pérez, A. G., & Sanz, C. (2020). Volatile aroma compounds in passion fruit and their contribution to flavor. *Food Chemistry*, 331, 127330. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127330>
- Rodríguez-González, M., Pacheco, I., & Morales, D. (2019). Development of carbonated beverages from passion fruit: A sensory and physicochemical evaluation. *Beverages*, 5(3), 52. <https://doi.org/10.3390/beverages5030052>
- Rousseau, D. (2020). Sensory properties of carbonated beverages: A review. *Food Quality and Preference*, 85, 103968. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2020.103968>

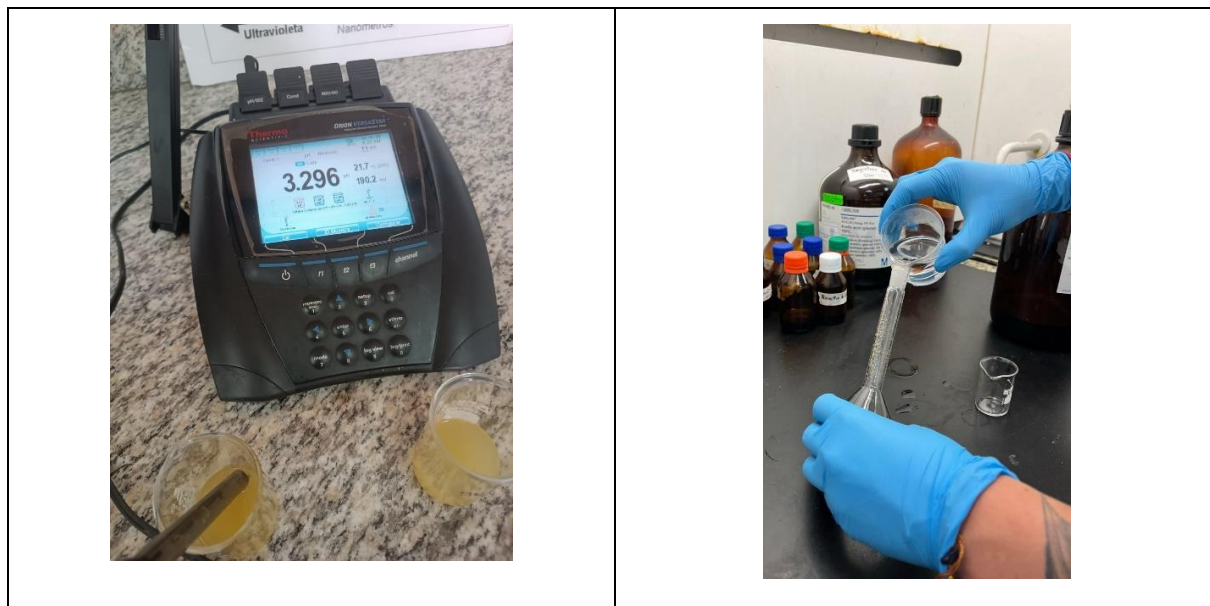
- Sánchez, V., & Paredes, R. (2020). Estabilidad microbiológica en bebidas carbonatadas artesanales. *Inocuidad y Tecnología Alimentaria*, 5(1), 33–40.
- Santos, A., & Oliveira, M. (2017). Tropical fruit beverages: quality and processing challenges. *International Journal of Fruit Technology*, 23(1), 55–68.
- Silva, A. R., Monteiro, M., & Rodrigues, C. (2021). Development of Functional Carbonated Beverages Using Natural Ingredients: Consumer Trends and Technological Aspects. *Journal of Food Science and Technology*, 58(9), 3250–3259. <https://doi.org/10.1007/s13197-021-05085-x>
- Silva, F., Pereira, A., & Almeida, M. (2020). Functional carbonated beverages: Formulation and market trends. *Journal of Functional Foods*, 66, 103817. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103817>
- Silva, M., & Teixeira, A. (2019). Carbonation processes in fruit-based beverages: technological considerations. *Beverage Technology Journal*, 7(4), 150–168.
- Smith, J., & Lee, R. (2020). Sensory Analysis of Carbonated Beverages: Influence of CO₂ Levels on Mouthfeel and Flavor. *Journal of Food Science*, 85(4), 1102–1110. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15156>
- Torres, J., & Balseca, K. (2023). Evaluación físico-química y microbiológica de bebidas artesanales tropicales. *Ciencia y Tecnología de Alimentos del Ecuador*, 4(1), 25–34.
- Tran, T., Nguyen, H., & Le, Q. (2019). Carbonation process and quality parameters in soft drinks. *International Journal of Food Science*, 2019, 1234567. <https://doi.org/10.1155/2019/1234567>
- Valverde, M., & Lascano, P. (2021). Estudios de aceptabilidad en bebidas con frutas ecuatorianas. *Journal of Ecuadorian Food Sciences*, 1(1), 12–20.
- Vásquez, A., & Villacís, D. (2023). Parámetros críticos de calidad en bebidas carbonatadas artesanales. *Innovación y Desarrollo Alimentario*, 3(1), 48–56.
- Zhao, Y., Chen, F., & Wang, S. (2019). Effect of Carbonation on the Physicochemical Properties and Sensory Evaluation of Fruit-based Carbonated Beverages. *Food Chemistry*, 278, 204–210. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.11.045>

ANEXOS



Anexo 1. *Pre-tratamientos para la elaboración de la bebida carbonatada*





Anexo 2. *Análisis fisicoquímicos de todos los tratamientos*

[illegible]