



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE ALIMENTOS

**Propiedades fisicoquímicas y térmicas del ketchup elaborado a base de
banano (Musa acuminata)**

**PALTIN MACAS LUIS RONALD
INGENIERO EN ALIMENTOS**

**ARTEAGA JUNCO KELLY JOHANNA
INGENIERA EN ALIMENTOS**

**MACHALA
2024**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE ALIMENTOS

**Propiedades fisicoquímicas y térmicas del ketchup elaborado a base
de banano (*Musa acuminata*)**

**PALTIN MACAS LUIS RONALD
INGENIERO EN ALIMENTOS**

**ARTEAGA JUNCO KELLY JOHANNA
INGENIERA EN ALIMENTOS**

**MACHALA
2024**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE ALIMENTOS

TRABAJOS EXPERIMENTALES

Propiedades fisicoquímicas y térmicas del ketchup elaborado a base de banano (*Musa acuminata*)

**PALTIN MACAS LUIS RONALD
INGENIERO EN ALIMENTOS**

**ARTEAGA JUNCO KELLY JOHANNA
INGENIERA EN ALIMENTOS**

CUENCA MAYORGA FABIAN PATRICIO

**MACHALA
2024**



TT_2024D2_Arteaga_Paltín

9%
Textos sospechosos



10% Similitudes

1% similitudes entre comillas (ignorado)
< 1% entre las fuentes mencionadas

0% Idiomas no reconocidos

Nombre del documento: TT_2024D2_Arteaga_Paltín.docx
ID del documento: e1ad992f0f99e15b668a212b99fe5c39a2eec679
Tamaño del documento original: 1,58 MB
Autores: []

Depositante: Cuenca Mayorga Fabián Patricio
Fecha de depósito: 17/2/2025
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 17/2/2025

Número de palabras: 13.035
Número de caracteres: 86.243

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.utmachala.edu.ec https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/23490/1/Trabajo_Titulacion_3903.pdf	2%		Palabras idénticas: 2% (297 palabras)
2	dspace.unl.edu.ec Proyecto de inversión para la creación de una empresa product... http://dspace.unl.edu.ec/bitstream/123456789/10877/1/TESIS_JESICA_ROMERO.pdf 10 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 2% (251 palabras)
3	Documento de otro usuario #c2bfa9 El documento proviene de otro grupo 11 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (146 palabras)
4	repositorio.utmachala.edu.ec https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/16561/1/TTUACA-2021-IA-DE00027.pdf 5 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (146 palabras)
5	repositorio.unp.edu.pe Obtención de bioetanol a partir del banano orgánico (Mus... http://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1954 4 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (109 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repository.unilasallista.edu.co https://repository.unilasallista.edu.co/server/api/core/bitstreams/71b28416-02a1-4a4e-9622-112...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (33 palabras)
2	Documento de otro usuario #bbad4b El documento proviene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (32 palabras)
3	diariocorreo.com.ec Diario Correo El diario de todos https://diariocorreo.com.ec/85206/ciudad/industria-bananera-se-congrega-en-el-oro-en-el-mach...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (37 palabras)
4	repositorio.uteq.edu.ec https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/4e91b339-8a92-4ac0-841c-77211d704...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (24 palabras)
5	repositorio.utmachala.edu.ec https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/22498/1/Trabajo_Titulacion_2605.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (25 palabras)

Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas) Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

- [https://doi.org/10.1016/0260-8774\(85\)](https://doi.org/10.1016/0260-8774(85))
- <https://doi.org/10.3390/>
- <https://www.scribd.com/document/343346792/Ketchup>
- <https://tarjomefa.com/wp-content/uploads/2017/08/7266-English-TarjomeFa-1.pdf>

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

Los que suscriben, PALTIN MACAS LUIS RONALD y ARTEAGA JUNCO KELLY JOHANNA, en calidad de autores del siguiente trabajo escrito titulado Propiedades fisicoquímicas y térmicas del ketchup elaborado a base de banano (*Musa acuminata*), otorgan a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tienen potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

Los autores declaran que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

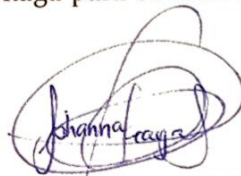
Los autores como garantes de la autoría de la obra y en relación a la misma, declaran que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asumen la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.



PALTIN MACAS LUIS RONALD

0706127545



ARTEAGA JUNCO KELLY JOHANNA

0107305492

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento al Ing. Fabián Cuenca, mi tutor de trabajo, por su valiosa orientación y apoyo durante el desarrollo de esta investigación. Su guía ha sido fundamental para la culminación de este proyecto.

A mis padres, por creer en mí, confiar en mis capacidades y brindarme su apoyo incondicional en cada etapa de mi formación. Su amor y sacrificio han sido pilares fundamentales en este logro.

A mis queridas amigas Rosa, Andrea, Damaris, Paulina y Yulissa, con quienes compartí cada ciclo académico, superando juntas los desafíos y aprendiendo unas de otras. Gracias por su compañía, apoyo y por estar siempre dispuestas a ayudarme a seguir adelante.

A mi mejor amiga, Karelys, quien estuvo conmigo hasta el último momento, brindándome su ayuda incondicional para concluir este trabajo.

A mis superiores/ líderes en el trabajo, por su comprensión y flexibilidad, permitiéndome equilibrar mis responsabilidades laborales y académicas durante estos últimos años. Su apoyo fue clave para poder alcanzar esta meta.

A mi compañero de tesis, por reafirmar mi capacidad de trabajo para llevar a cabo este proyecto.

Y, con especial gratitud, a mi José, por su amor, paciencia y constante apoyo. Gracias por enseñarme a mantener la calma, confiar en el proceso y seguir adelante con determinación.

A todos ustedes, mi más profundo agradecimiento. Este logro también es suyo.

Kelly Johanna Arteaga Junco.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme la fuerza y la luz en este camino.

A mis padres, por su amor incondicional, por cada sacrificio y por ser mi mayor inspiración. Nunca terminaré de agradecerles todo lo que han hecho por mí.

A mi familia, por su apoyo y confianza, por estar siempre a mi lado con palabras de aliento y cariño.

A mi asesor de tesis, Ing. Fabián Cuenca, por su guía y paciencia, y a mis profesores, por compartir conmigo su conocimiento y motivarme a seguir adelante.

A mis amigos y compañeros, por su apoyo inquebrantable y por hacer de este viaje una experiencia inolvidable.

A todos los que, de una u otra forma, formaron parte de este proceso, gracias de corazón.

Con gratitud infinita,

Luis Ronald Paltin Macas

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, fuente de fortaleza y guía en cada paso de mi vida. A mis padres y mis hermanas, por su amor incondicional, apoyo y motivación constante en este camino. A mi querido José, por estar siempre a mi lado, brindándome su apoyo y aliento en cada momento de este proceso.

Y, sobre todo, me dedico este logro a mí misma, por mi esfuerzo, dedicación y perseverancia.

Gracias a todos por ser mi inspiración y mi mayor impulso para seguir adelante.

Kelly Johanna Arteaga Junco

DEDICATORIA

A mis amados padres,

No tengo palabras suficientes para expresar la gratitud y el amor que siento por ustedes. Desde mis primeros pasos han sido mi guía, mi fortaleza y mi mayor inspiración. Su amor incondicional, su paciencia infinita y su apoyo constante han sido el motor que me ha impulsado a seguir adelante, incluso en los momentos más difíciles.

Cada sacrificio que hicieron, cada consejo que me dieron y cada palabra de aliento que me ofrecieron han dejado una huella imborrable en mi corazón.

Este logro no es solo mío, sino también suyo, porque sin su amor, sin sus enseñanzas y sin su apoyo inquebrantable, este camino habría sido mucho más difícil de recorrer. Hoy, con humildad y emoción, les dedico este trabajo como una pequeña muestra de todo lo que han significado para mí. Una pequeña retribución ya que jamás tendré suficiente tiempo en la vida para devolverles todo lo que han hecho por mí.

Del mismo modo, se lo dedico a mi pequeño retoño desde el primer instante que supe de su existencia me llenó el corazón con un amor indescriptible.

Con amor eterno y gratitud infinita,

Luis Ronald Paltin Macas

RESUMEN

Este proyecto tiene como objetivo desarrollar una salsa Kétchup a base de banano, aprovechando el banano no exportable como materia prima, con el fin de reducir el desperdicio agrícola y proporcionar un producto innovador y sostenible. En la industria alimentaria, el banano es una fruta ampliamente cultivada y consumida, pero una parte significativa de su producción es descartada debido a defectos estéticos o de tamaño. La investigación explora la creación de una salsa Kétchup utilizando la pulpa de banano, evaluando su viabilidad desde el punto de vista sensorial, físico-químico y económico.

El primer paso del proyecto fue la formulación de la salsa, que se realizó de manera empírica. Se llevaron a cabo pruebas y ajustes sucesivos de ingredientes hasta lograr una mezcla con las características deseadas en términos de sabor, textura y estabilidad. Durante estas pruebas, las proporciones de ingredientes fueron ajustadas según el volumen de producto deseado, manteniendo constantes los porcentajes de especias y sal, mientras que otros ingredientes fueron modificados para optimizar el perfil del producto.

Para garantizar la calidad del producto final, se realizaron evaluaciones sensoriales en los laboratorios de la Facultad de Ciencias Químicas y de la Salud, con un panel semi-entrenado de 15 personas. Se evaluaron diez atributos del Kétchup de banano, incluyendo color, sabor, textura, dulzor, acidez, balance de sabor, y aceptación global, utilizando una escala hedónica de 5 puntos. Los resultados obtenidos de la evaluación sensorial fueron procesados mediante análisis estadísticos, utilizando el software Minitab® versión 19 para realizar un diseño de bloques y un análisis de varianza, lo que permitió identificar la formulación más aceptada por los consumidores.

Además, se utilizó la programación lineal como herramienta para optimizar los parámetros de costos, sabor y producción. Este modelo matemático permitió determinar la mejor combinación de ingredientes y procesos, asegurando una formulación equilibrada y económicamente viable. La programación lineal ayudó a maximizar los ingresos y minimizar los costos de producción, garantizando que el proceso fuera lo más eficiente posible.

Las propiedades térmicas de la salsa Kétchup de banano, como la conductividad térmica, el calor específico y la densidad, fueron determinadas utilizando las ecuaciones propuestas por Choi y Okos. Estas ecuaciones permitieron una predicción precisa de las propiedades

térmicas del producto, lo cual es esencial para el diseño y la optimización de los procesos de conservación y almacenamiento del Kétchup. Las propiedades obtenidas también garantizan que el producto mantenga su calidad durante su almacenamiento y distribución.

En conclusión, el proyecto demuestra que es posible elaborar una salsa Kétchup de banano con características sensoriales satisfactorias y propiedades físico-químicas adecuadas, mientras que también se promueve el aprovechamiento de la producción no exportable de banano, contribuyendo a la reducción del desperdicio y ofreciendo una alternativa viable y sostenible en la industria alimentaria.

Palabras clave: Kétchup de banana, sostenibilidad, propiedades físico-químicas, optimización de costos, aceptación sensorial.

ABSTRACT

This project focuses on the development of banana-based ketchup, aiming to optimize the product's quality and production efficiency. The key objective was to create a balanced and economically viable formulation for the banana ketchup, addressing the challenge of flavor profile, cost, and production parameters. A linear programming model was used to maximize ingredient utilization and production efficiency. This method provided an optimized formulation while ensuring the desired flavor and texture characteristics.

The banana ketchup underwent a series of sensory evaluations conducted by a semi-trained panel of 15 people. These evaluations focused on attributes such as color, taste, texture, sweetness, acidity, and aroma, using a 5-point hedonic scale. The results were analyzed statistically using the Minitab software, which allowed for the determination of the preferred formulation based on global acceptance.

Thermal properties of the ketchup were analyzed using the equations proposed by Choi and Okos, allowing for precise determination of thermal conductivity, specific heat, and density based on the composition of the product. The thermal properties were essential in ensuring the quality and stability of the final product during storage and production processes.

The final product formulation was obtained empirically through a series of tests and adjustments. The quantities of ingredients were adjusted based on the desired volume of the final product, ensuring a stable and homogeneous texture while maintaining constant percentages of spices and salt.

In conclusion, this project highlights the potential of using banana as a base ingredient for ketchup, with a focus on optimizing the production process and ensuring a high-quality end product. By combining linear programming for production optimization and thorough thermal and sensory analysis, this project contributes to the development of innovative, sustainable food products in the agricultural and food industries.

Keywords: Banana ketchup, sustainability, physicochemical properties, cost optimization, sensory acceptance.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	1
AGRADECIMIENTOS	2
DEDICATORIA	3
DEDICATORIA	4
RESUMEN	5
ABSTRACT	7
ÍNDICE	8
INTRODUCCIÓN	13
OBJETIVOS	16
Objetivo general	16
Objetivos específicos	16
HIPÓTESIS	17
Hipótesis alternativa (Hi)	17
Hipótesis nula (Ho)	17
1. MARCO TEÓRICO	18
1.1 Generalidades del banano	18
<i>1.1.1 Origen del banano</i>	<i>18</i>
<i>1.1.2 Taxonomía del banano</i>	<i>19</i>
<i>1.1.3 Importancia del banano</i>	<i>19</i>
<i>1.1.4 Descripción botánica</i>	<i>20</i>
<i>1.1.5 Características físico - químicas del banano</i>	<i>21</i>
<i>1.1.6 Índice de maduración del banano</i>	<i>22</i>
<i>1.1.7 Variedades del banano</i>	<i>23</i>
<i>1.1.8 Composición nutricional del banano</i>	<i>24</i>
<i>1.1.9 Producción de banano en Ecuador</i>	<i>24</i>
1.2 Generalidades del Kétchup	25
<i>1.2.1 Orígenes del Kétchup</i>	<i>25</i>
1.3 Pasta de tomate	27
<i>1.3.1 Valor nutricional de la pasta de tomate</i>	<i>28</i>
<i>1.3.2 Composición físico - química de la pasta de tomate</i>	<i>28</i>
1.5 Ingredientes adicionales	29

1. 6 Propiedades térmicas	29
<i>1.6.1 Conductividad térmica</i>	30
<i>1.6.2 Calor específico</i>	30
<i>1.6.3 Densidad</i>	30
1.7 Programación Lineal	30
2. METODOLOGIA	32
2.1 Ubicación de la investigación	32
2.2 Tipo de Investigación	32
2.3 Materia prima	32
2.4 Preparación de la muestra	33
<i>2.4.1 Obtención de la pulpa de banana</i>	33
2.5 Formulación de la Kétchup a base de banano	33
<i>2.5.1 Diagrama de flujo de la elaboración del Kétchup de banano</i>	33
<i>2.5.2 Descripción del diagrama de flujo del proceso de elaboración de la Kétchup a base de banano</i>	34
2.6 Evaluación sensorial de la Kétchup elaborada a base de banano.	35
2.7 Evaluación fisicoquímica de la Kétchup de banano	36
<i>2.7.1 Determinación de Humedad</i>	36
<i>2.7.2 Determinación de Proteínas</i>	36
<i>2.7.3 Determinación de Cenizas</i>	36
<i>2.7.4 Determinación de Grasas</i>	37
<i>2.7.5 Determinación de carbohidratos</i>	38
2.8 Evaluación de las propiedades térmicas	39
2.9 Programación Lineal	40
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41
3.1 Evaluación sensorial	41
<i>3.1.1 Color</i>	41
<i>3.1.2 Textura</i>	41
<i>3.1.3 Dulzor</i>	41
<i>3.1.4 Acidez</i>	42
<i>3.1.5 Uniformidad</i>	42
<i>3.1.6 Sabor</i>	42
<i>3.1.7 Balance de sabor</i>	43

3.1.8	<i>Intensidad de aroma</i>	43
3.1.9	<i>Atractivo de aroma</i>	44
3.2	Análisis de las propiedades fisicoquímicas de la Kétchup de banano	45
3.3	Propiedades térmicas	46
3.4	Optimización del Perfil de Sabor, Costos y Producción mediante Programación Lineal	47
3.4.1	Modelo 1: Optimización del Perfil de Sabor	47
3.4.2	Modelo 2: Minimización de Costos	48
3.4.3	Modelo 3: Maximización de la Eficiencia en la Producción	50
3.4.4	Modelo 4: Minimización de Costos de Producción	51
	CONCLUSIÓN	54
	RECOMENDACIONES	55
	BIBLIOGRAFÍA	56
	ANEXOS	62

ÍNDICE DE TABLAS

- Tabla 1.** Taxonomía del banano19
- Tabla 2.** Composición nutricional del banano por cada 100 g24
- Tabla 3.** Requisitos microbiológicos27
- Tabla 4.** Valor nutricional de la pasta de tomate28
- Tabla 5.** Composición físico-química de la pasta de tomate28
- Tabla 6.** Formulación de la Kétchup de banana33
- Tabla 7.** Ecuaciones empíricas para determinar las propiedades térmicas a partir de los componentes de los alimentos39
- Tabla 8.** Diseño de bloques - Color41
- Tabla 9.** Diseño de bloques - textura41
- Tabla 10.** Diseño de bloques - Dulzor41
- Tabla 11.** Diseño de bloques - Acidez42
- Tabla 12.** Diseño de bloques - Uniformidad42
- Tabla 13.** Diseño de bloques - Sabor42
- Tabla 14.** Diseño de bloques – Balance de sabor43
- Tabla 15.** Diseño de bloques – Intensidad de aroma43
- Tabla 16.** Diseño de bloques – atractivo de aroma44
- Tabla 17.** Diseño de bloques - aceptación global44
- Tabla 18.** Composición de la Kétchup de banano45
- Tabla 19.** Composición de la Kétchup de tomate tradicional45

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Cruce de diploides al origen genético de *Musa paradisiaca* 18
- Figura 2.** Anatomía del banano. 21
- Figura 3.** Etapa de maduración del banano 22
- Figura 4.** Participación en la superficie plantada 25
- Figura 5.** Diagrama de flujo del proceso de elaboración de la Kétchup a base de banano 34
- Figura 6.** Resolución del modelo matemático 1 mediante Python 48
- Figura 7.** Resolución del modelo matemático 2 mediante Python 50
- Figura 8.** Resolución del modelo matemático 3 mediante Python 52
- Figura 9.** Resolución del modelo matemático 4 mediante Python 53

INTRODUCCIÓN

El Ecuador es considerado como líder en la producción y exportación de banano a nivel global, en el año 2022 de enero a noviembre de acuerdo con la Asociación de Exportadores de Banano del Ecuador (2022), el país exportó 234,42 millones de cajas de banano, de esa cifra la Unión Europea abarca el 26,67 % de participación de las exportaciones globales, posicionándose como principal destino de exportación (León et al., 2024).

La provincia de El Oro, ubicada en la región costera de Ecuador, es reconocida como una de las principales zonas productoras de banano en el país y a nivel mundial. Este cultivo es de vital importancia para la economía local, generando empleo y contribuyendo significativamente a las exportaciones nacionales. El banano, tanto en su variedad Cavendish (destinada mayormente a la exportación) como en otras variedades, ha sido el motor económico de El Oro durante décadas, sin embargo, junto con los beneficios que trae este cultivo masivo, también surgen desafíos considerables, como el desperdicio de bananas que no cumplen con los estándares estéticos o de tamaño para la exportación (León et al., 2024).

Según el MAGAP en el año 2018 se registraron 7 millones de toneladas métricas de producción nacional, donde el 95% es exportado y el 5% es considerado como residuo, lo que genera pérdidas económicas y un impacto ambiental negativo debido al desaprovechamiento de estos recursos. Ante este escenario, surge la necesidad de implementar estrategias de aprovechamiento integral de esta fruta, buscando nuevas formas de transformar este excedente en productos de valor agregado.

Teniendo en cuenta que la mayoría de la población consume algún tipo de aderezo en sus comidas, especialmente el ketchup de tomate el cual es utilizado como acompañante en la comida rápida, surge la motivación de desarrollar una alternativa innovadora al ketchup tradicional. Esta propuesta busca ofrecer un producto más saludable, accesible y sostenible. Asimismo, el proyecto tiene como objetivo aprovechar el desperdicio de banano, una fruta que con frecuencia es descartada por no cumplir con los estándares de exportación, transformándola en un producto con valor agregado que contribuya a la sostenibilidad ambiental.

En este contexto, el desarrollo del "Ketchup de Banana", no solo representa una solución para reducir el desperdicio, sino también una oportunidad para diversificar el uso de la fruta,

generando nuevas líneas de negocio para productores locales. Esta iniciativa se alinea con las tendencias globales hacia la sostenibilidad y el aprovechamiento de recursos alimenticios que de otro modo serían desechados, fortaleciendo la economía circular en la provincia de El Oro (Paredes, 2024).

Por lo tanto, uno de los objetivos de este trabajo es obtener un producto tipo aderezo similar a la Kétchup de tomate, usando banano como materia prima en sustitución parcial a la pasta de tomate. Este avance aspira no solo a beneficiarse de una fruta de gran valor nutricional, que a menudo se desperdicia por no satisfacer los estándares de exportación, sino también a presentar una opción innovadora que pueda rivalizar en el mercado debido a sus características funcionales, su atractivo perfil sensorial y su viabilidad económica (Placencia et al., 2023).

El desaprovechamiento de frutas que no satisfacen los criterios de exportación supone un reto considerable en el sector agrícola, impactando tanto en la economía de los productores como en el entorno ambiental. Aunque estas frutas son adecuadas para el consumo humano, su mayor descarte se debe a factores estéticos, de tamaño o calidad visual, lo que provoca pérdidas económicas significativas y contribuye al incremento de los desechos orgánicos (Correa et al., 2023).

En el caso del banano, un porcentaje significativo de la producción no exportable se desecha, lo que evidencia una oportunidad desaprovechada para transformar estas frutas en productos con valor agregado. Este problema no solo afecta la sostenibilidad del sector agrícola, sino que también limita el desarrollo de alternativas innovadoras que puedan diversificar los productos derivados del banano y atender nuevas demandas del mercado. Por lo tanto, resulta esencial proponer soluciones sostenibles que permitan reducir el desperdicio y convertir estas frutas en productos funcionales, nutritivos y comercialmente viables (Capa et al., 2016).

El desarrollo del *Kétchup de Banana* responde a la necesidad de innovar en el mercado alimenticio, promoviendo la diversificación de productos derivados de frutas tropicales, con un enfoque particular en el aprovechamiento de recursos locales del cantón Machala, conocido como la "Capital Bananera del Mundo" (Gil et al., 2024). Esta región ecuatoriana es reconocida por su alta producción de bananas, un cultivo que representa una parte fundamental de su economía y cultura. Sin embargo, una cantidad significativa de este fruto

es desaprovechada debido a factores como la sobreproducción, defectos estéticos o una rápida maduración (Cantos et al., 2023).

La elaboración de un *Kétchup de Banana* no solo contribuirá a reducir el desperdicio alimentario en el cantón Machala, sino que también ofrecerá una alternativa económica y sostenible para dar valor agregado a la materia prima local. Este producto podría convertirse en una nueva fuente de ingresos para pequeños y medianos productores bananeros, así como para emprendimientos que busquen diversificar sus opciones de mercado. Además, el desarrollo de esta iniciativa fortalecería la economía local y generaría empleos en actividades relacionadas con el procesamiento, envasado y comercialización del producto (Cantos et al., 2023).

Desde una perspectiva ambiental, el aprovechamiento de bananas descartadas o subutilizadas podría disminuir el impacto negativo asociado al desperdicio alimentario, promoviendo prácticas más sostenibles en la región. A nivel de consumo, el *Kétchup de Banana* representa una alternativa innovadora, saludable y nutritiva a las salsas tradicionales basadas en tomate, destacándose por su perfil único de sabor, su aporte de fibra dietética y su potencial para satisfacer las demandas de mercados especializados como el de alimentos funcionales, veganos y libres de gluten (Placencia et al., 2023).

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar las propiedades físico-químicas y térmicas del Kétchup elaborado a base de banano, para determinar su viabilidad como alternativa al Kétchup tradicional de tomate.

Objetivos específicos

- Evaluar las propiedades sensoriales y térmicas del kétchup con el fin de determinar su aceptabilidad y características por parte de los consumidores.
- Optimizar la utilización del banano en un producto con valor agregado mediante la elaboración de kétchup.
- Desarrollar una formulación en donde se encuentre el equilibrio adecuado entre sabor, textura y estabilidad, con el propósito de establecer un producto viable.
- Demostrar, a través de un modelo matemático lineal, la influencia de las proporciones de los ingredientes principales en las propiedades sensoriales y fisicoquímicas del Kétchup de Banana, garantizando un equilibrio óptimo entre sabor, textura y estabilidad del producto.

HIPÓTESIS

Hipótesis alternativa (Hi)

Es posible obtener un producto sucedáneo del Ketchup a partir del banano, el cuál podría competir favorablemente con el de tomate en aspectos de calidad y comercialización

Hipótesis nula (Ho)

No es posible obtener un producto sucedáneo del Ketchup a partir del banano, el cuál podría competir favorablemente con el de tomate en aspectos de calidad y comercialización.

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Generalidades del banano

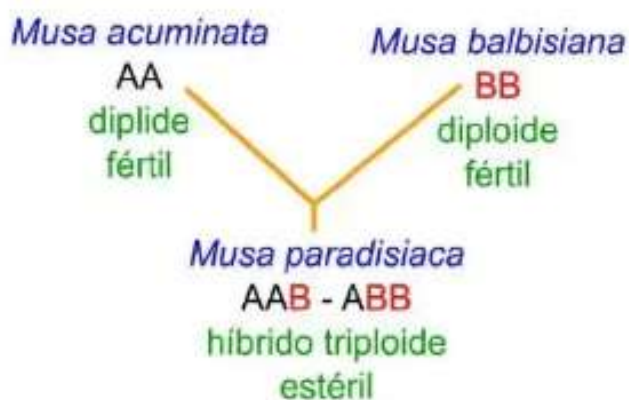
1.1.1 Origen del banano

El nombre científico *Musa × paradisiaca* (o *Musa paradisiaca* L) y los nombres comunes banano, banana, plátano, cambur, topocho, maduro y guineo hacen referencia a un gran número de plantas herbáceas del género *Musa*, híbridos obtenidos horticulturalmente a partir de las especies silvestres *Musa acuminata* y *Musa balbisiana* como cultivares genéticamente puros de estas especies (Ñañez, 2020).

Musa x paradisiaca es un híbrido originado del cruce natural entre dos especies silvestres: *Musa acuminata* y *Musa balbisiana*. Este híbrido se originó en el sudeste asiático hace unos 10000 años, específicamente en regiones como Malasia, Indonesia y Filipinas, donde las dos especies parentales son nativas (Ñañez, 2020). En tiempos anteriores esta planta herbácea se producía por medio de semillas, en la actualidad, los vínculos naturales han provocado una gran diversidad genética por lo que ha permitido la aparición de variedades sin semillas (Pineda, 2021).

Los dos factores principales en la evolución del plátano fueron: el desarrollo de la potencialidad genética de la partenocarpia vegetativa y al mismo tiempo el desarrollo de la esterilidad genética. Los plátanos más antiguos fueron, por lo tanto, linajes diploides comestibles de *Musa acuminata colla*.

Figura 1. Cruce de diploides al origen genético de *Musa paradisiaca*



Fuente: Pineda, 2021

Las musáceas se originaron en el sudeste asiático. *Musa acuminata* proviene de la península de Malasia o de islas cercanas y posteriormente fue introducida en regiones como Filipinas e India. En estos lugares, se mezcló con ejemplares de *Musa balbisiana*, dando lugar a híbridos de los cuales derivan los plátanos y guineos actuales (Ñañez, 2020).

De acuerdo con Hakkinen (2013) el banano es una planta gigante monocotiledónea, con una altura entre 1.5 y 6 metros, cuyo pseudotallo se forma a partir de la unión de vainas foliares. Su cultivo se adapta bien al clima tropical, con temperaturas y lluvias moderadas que favorecen un crecimiento uniforme durante el año (Pineda, 2021).

1.1.2 Taxonomía del banano

Tabla 1. Taxonomía del banano

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsidae
Subclase	Monocotiledoneae
Orden	Escitaminales (Zingiberales)
Familia	Musaceae
Subfamilia	Musoideae
Género	Musa
Especie	Paradisiaca
Nombre científico o binomial	<i>Musa paradisiaca</i> L.
Origen	Asia meridional

Nota: Adaptado de Tinoco (2023).

1.1.3 Importancia del banano

El cultivo de banano es actualmente una de las actividades agrícolas más relevantes para la economía nacional, siendo esencial para el desarrollo económico en los países productores. Este cultivo no solo aporta significativamente al comercio de exportación, sino que también genera oportunidades de empleo, siendo un elemento clave para la seguridad alimentaria de amplios sectores de la población (Tigasi, 2017).

Al ser un producto de exportación, este cultivo constituye de una manera crucial a la economía de los países de importes menores y con insuficiencia de alimentos, como lo son

Honduras, Guatemala, Camerún y Filipinas. Con respecto a calidad es la fruta con más exportación a nivel mundial (Suárez, 2019).

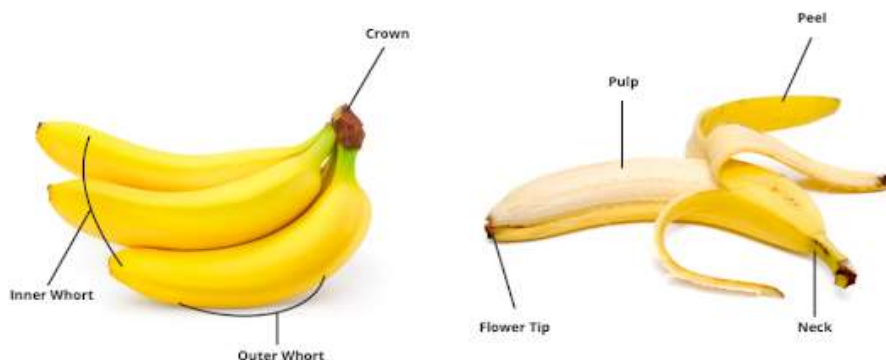
1.1.4 Descripción botánica

El fruto que se forma partiendo de los ovarios de las flores pistiladas que muestran un gran aumento en volumen; la parte comestible es el resultado del engrosamiento de las paredes del ovario convertido en una masa parenquimatosa cargada de azúcar y almidón (Galan et al., 2018).

A continuación, se describen las principales partes de la planta:

- **Sistema radicular:** sostiene la planta y absorbe nutrientes, desarrollándose mejor en suelos livianos y franco-arenosos, donde puede alcanzar más de 3 metros de longitud (Pineda, 2021).
- **Rizoma o bulbo:** Su estructura es cilíndrica, gruesa y carnosa, con entrenudos vestigiales, es fundamental para la planta, por su almacenamiento de reserva energéticas (Galan et al., 2018).
- **Hojas:** son de forma espiral y grandes de una longitud de 2 a 4m, con una anchura de 50 cm, su número o producción de hojas, depende de su variedad y edad de la planta. Tienen una función directa en el crecimiento y producción de la planta, su función es la fotosíntesis (Galan et al., 2018).
- **Pseudotallo:** El banano no tiene tronco verdadero; sus vainas foliares forman un pseudotallo vertical de hasta 6 metros, que almacena agua, almidón y nutrientes de la fotosíntesis para sostener el peso del fruto. La altura y grosor del pseudotallo varían según la variedad (Galan et al., 2018).
- **Fruto:** forma cilíndrica, alargada y ligeramente curvada, con una pulpa comestible suave y rica en almidón, de sabor dulce y sin semillas. Sus racimos están compuestos por manos, cada una con 30 a 70 frutos, o "dedos", que miden entre 20 y 40 cm de largo y de 4 a 7 cm de diámetro (Pineda, 2021).

Figura 2. Anatomía del banano.



Fuente: Ma et al., (2022)

1.1.5 Características físico - químicas del banano

El banano tiene una forma alargada conocida de forma comercial como “dedo”, con un diámetro que varía y contiene una ligera curvatura. Su longitud oscila entre 17 a 22 cm, mientras que su diámetro puede variar entre 3.10 a 3.81 cm, esto dependerá de los estándares de calidad (Vásquez et al., 2019).

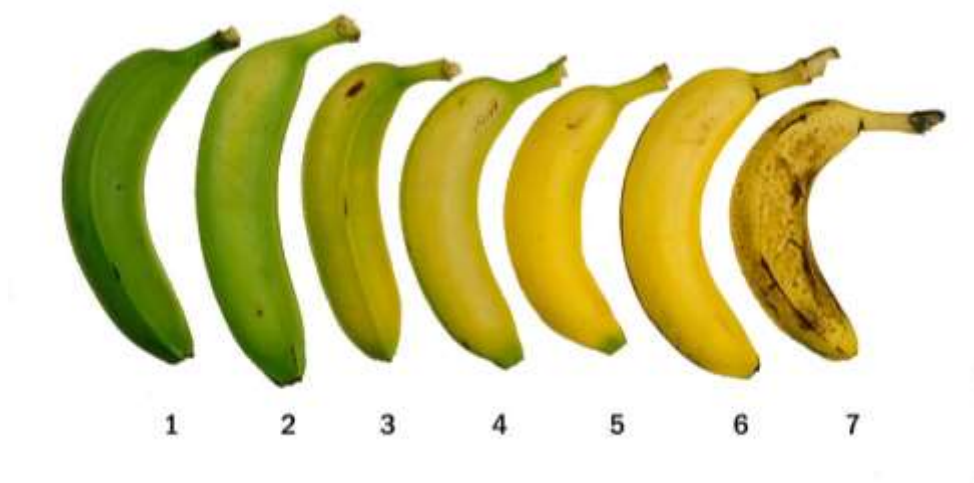
Su color va a variar dependiendo de su estado de maduración: verde intenso durante su crecimiento, amarillo en maduración y marrón cuando esta sobre madurado. Dependiendo del estado de maduración, se distingue el sabor dulce y su textura blanda. Su aroma característico proviene de sustancias volátiles, como butiratos, ésteres de acetato, alcoholes y cetonas (Chevez, 2020).

- **Sólidos solubles (°Brix):** El banano tiene compuestos solubles como el agua, azúcares, ácidos, vitamina C, aminoácidos y pectina, que conforman los sólidos solubles de la fruta. Los sólidos solubles totales es un indicador clave de calidad postcosecha, pueden ser utilizados como indicador para determinar el estado de madurez de la fruta. Durante el proceso de maduración del banano, el contenido de sólidos solubles totales va a incrementar. En su grado de madurez se observa que existen casos donde los SST alcanzan un pico antes de disminuir, eso se debe posiblemente a la conservación de azúcares en la pulpa del banano, pero también existen casos donde los SST continúan aumentando a medida que avanza su maduración (Gómez et al., 2002).

- **Acidez y pH:** Ambos parámetros son utilizados para evaluar la calidad de consumo y actúan como indicadores de madurez. Los ácidos desempeñan un papel clave en la calidad postcosecha, ya que el sabor depende del equilibrio entre el azúcar y la acidez, lo que hace que medir la acidez postcosecha sea esencial para evaluar el sabor de la fruta (Millán & Ciro, 2005).
- **Cambios del pH y de la acidez titular de la pulpa:** El pH del banano disminuye según su índice de maduración, aunque su intensidad va a depender según el tipo de cultivo. Inicialmente, el estado verde del banano va a contener un pH alto, pero este va a descender a medida que la fruta vaya madurando. Sus ácidos orgánicos van a disminuir también debido a la respiración o conservación de sus azúcares, lo que ayuda a equilibrar el sabor dulce y ácido característico de la fruta madura. La acidez titulable, que aumenta durante la maduración, es un indicador útil para determinar su estado de madurez (Chevez, 2020).

1.1.6 Índice de maduración del banano

Figura 3. Etapa de maduración del banano



Fuente: Ma et al., (2022)

El proceso de maduración del banano se clasifica en siete etapas, según el cambio en el color de su cáscara. Estas etapas incluyen: completamente verde (EM1: días 1-4), verde con indicios de amarillo (EM2: días 5-6), predominancia de verde sobre amarillo (EM3: días 7-8), predominancia de amarillo sobre verde (EM4: días 9-10), amarillo con bordes verdes (EM5: días 11-12), completamente amarillo (EM6: días 13-15), y amarillo con manchas marrones (EM7: después del día 15) (Ma et al., 2022).

1.1.7 Variedades del banano

Ecuador ofrece al mercado internacional varias variedades de banano, destacándose por su calidad y reconocimiento en el comercio mundial. Las principales variedades exportadas son: Williams, Valery, Cavendish, Orito y Rojo (Suárez, 2019).

- **Williams:** destaca por su alta productividad y la calidad de su fruto. Es una planta semienana con un pseudotallo robusto y un extenso sistema radicular, características que le otorgan mayor resistencia frente a los vientos y reducen el riesgo de volcamiento.
- **Valery:** presenta un fuste vigoroso y alto, con hojas dispuestas hacia arriba, su racimo es levemente cónico, es más resistente a enfermedades. Además, se adapta bien a climas húmedos y permite una mejora genética avanzada.
- **Cavendish:** Esta variedad se subdivide en las siguientes variedades (Suárez, 2019):
 - **Cavendish enano:** La planta tiene un porte grande con hojas anchas, es tolerante al viento y la sequía. Produce frutos medianos de buena calidad, aunque su cáscara delgada los hace vulnerables a daños durante el transporte.
 - **Grand naine:** Porte medio, las bananas son de mayor tamaño que el Cavendish Enano, de cáscara más gruesa y sabor menos intenso.
 - **Orito:** El banano orito o baby banana (*Musa Acuminata AA*) es una variedad más pequeña que el banano común, con un tamaño promedio de 9 a 14 centímetros. Se cultiva en zonas tropicales con humedad promedio de 16% y es adaptable a diversos tipos de suelos. A diferencia de otras variedades, su producción no es estacional, lo que permite una cosecha continua durante todo el año.
 - **Rojo:** originario de Ecuador, es apreciado por su coloración vibrante y sabor único con un toque de frambuesa. Se reconoce por su piel rojizo-marrón, casi púrpura, cuando está listo para consumir (Suárez, 2019).

1.1.7.1 Periodo vegetativo

De 300 a 360 días, según la variedad (Vida útil: 3 – 4 años). Según Sharrock et al (2014) la principal diferencia entre un plátano y un banano es el contenido de humedad, el plátano tiene en promedio 65% de humedad y el banano alrededor del 83% de humedad (Ñañez, 2020).

1.1.8 Composición nutricional del banano

Tabla 2. Composición nutricional del banano por cada 100 g

Componentes	En 100g de fruta madura
Agua	70 g
Grasa	0,3 g
Carbohidratos	27 g
Proteínas	1,2 g
Fibra	0,5 g
Magnesio	30 – 35 mg
Potasio	385 – 500 mg
Fosforo	22 – 30 mg
Calcio	3 – 8 mg
Hierro	0,42 – 0,6 mg
Zinc	0,18 mg

Nota: Adaptado de Martínez-Solórzano & Rey-Brina (2021)

1.1.9 Producción de banano en Ecuador

El cultivo de banano y sus industrias asociadas generan empleo para más de un millón de familias, lo que equivale a aproximadamente 2,5 millones de personas, representando cerca del 17 % de la población actual que depende, directa o indirectamente, de esta industria. El banano ecuatoriano tiene un mercado diversificado, exportándose principalmente a la Unión Europea (42%), Estados Unidos (21%), Rusia (20%) y el Cono Sur (6%), mientras que el 11% se destina a mercados secundarios como Medio Oriente, Europa del Este, África del Norte y Asia (Cedeño, 2020).

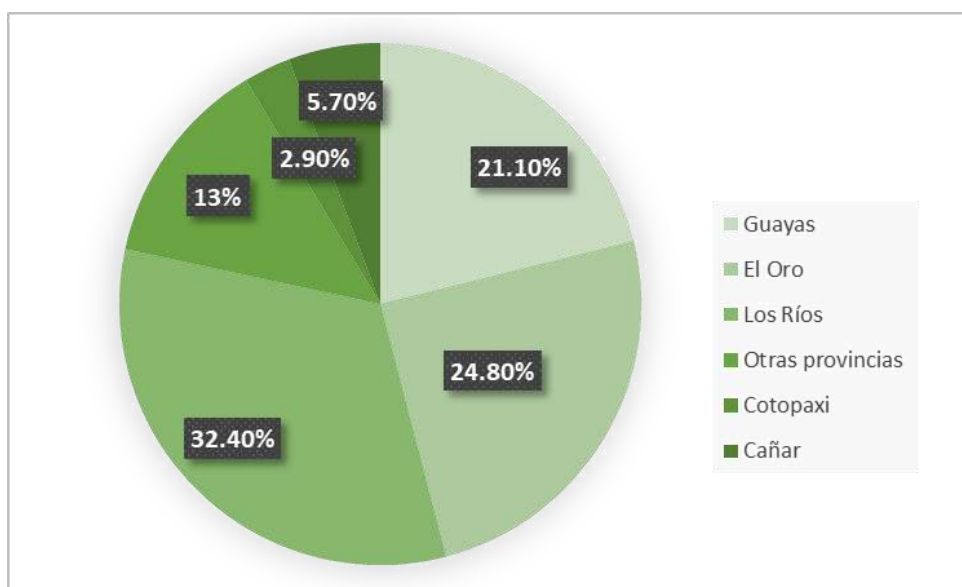
En Ecuador, la siembra de banano abarca 230,000 hectáreas, concentrándose principalmente en las provincias de Guayas, Los Ríos y El Oro (92%), mientras que el 8% restante se distribuye entre otras siete provincias. Los rendimientos dependen de factores como el nivel de tecnificación, la zona de cultivo y el tamaño de la explotación. Existen tres niveles de manejo del cultivo: tecnificado, semi-tecnificado y no tecnificado, cada uno con impactos directos en la productividad. El rendimiento promedio nacional es de 1,700 cajas por hectárea al año, cifra inferior a la de competidores como Colombia (2,200 cajas/ha), Costa Rica (2,500 cajas/ha) y Filipinas (3,000 cajas/ha) (Serrano et al., 2020).

El cultivo de plátano (*Musa AAB*) es un pilar clave para la socioeconomía y la seguridad alimentaria del país. Según datos del INEC (2011), existen 144,981 hectáreas de plátano, de las cuales 86,712 se manejan como monocultivo y 58,269 están asociadas con otros cultivos. La principal área de producción, conocida como el triángulo platanero, comprende las

provincias de Manabí, Santo Domingo y Los Ríos, con 52,612, 14,249 y 13,376 hectáreas, respectivamente (Cedeño, 2020).

El Oro cuenta con 4 mil productores de banano y un total de 47 mil 347 hectáreas de banano registradas en el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) (Crespo, 2023). Este predominio también conlleva un impacto ambiental notable, ubicando a El Oro entre las áreas agrícolas más afectadas por la contaminación relacionada con esta actividad (Zhiminaicela et al., 2020). La provincia ocupa el segundo lugar en producción nacional de banano, aportando un 24.8 %, solo superada por Los Ríos, que alcanza un 32.4 % de la producción total (INEC, 2019).

Figura 4. Participación en la superficie plantada



Fuente: (INEC, 2019)

Además, El Oro alberga una gran proporción de pequeños productores, lo que resalta su importancia socioeconómica en la región. A pesar de esto, las condiciones climáticas y los desafíos logísticos han limitado la productividad y la competitividad frente a otros países productores como Costa Rica y Filipinas (Alvarado, 2022).

1.2 Generalidades del Kétchup

1.2.1 Orígenes del Kétchup

El kétchup tiene su origen en el *ketsiap chino*, una salsa picante utilizada para acompañar pescados y carnes, que originalmente no incluía tomate. Los ingleses conocieron esta salsa en el siglo XVIII cuando la importaron del archipiélago malayo. El kétchup moderno, tal como

se conoce hoy, fue desarrollado por Henry J. Heinz, quien en 1876 añadió tomate a la receta tradicional. Aunque no inventó el concepto, tuvo la idea de incorporar salsa de tomate y lo comercializó con gran éxito ese mismo año. Más tarde, en 1990, Heinz introdujo el primer envase de ketchup hecho de plástico reciclable en Estados Unidos, marcando un avance que luego se extendió a nivel mundial (Aguilera & Zapata, 2022).

Existen diferentes teorías sobre el origen del término «ketchup». Según el Diccionario de la Real Academia Española, proviene del chino «koechiap», que significa «salsa de pescado en escabeche». Otra teoría sugiere que el término tiene su origen en «ke-tsiap», una palabra de la isla de Amoy, cercana a China. Además, algunos estudios proponen que el término pudiese derivar de la palabra «kechap» en el idioma maya yucateco.

A finales del siglo XVII, tanto el nombre «ketchup» como muestras de esta salsa llegaron a Inglaterra, donde el término apareció por primera vez en publicaciones en 1690, bajo la forma «cátsup» (Ortega, 2010). Sin embargo, lo que todas las teorías comparten es la vinculación de este término con las primeras versiones de la salsa, antes de incluir el tomate como ingrediente principal.

De acuerdo con la normativa INEN (2010) define a la salsa de tomate (Catsuo o Catchup, Ketchup) como el producto obtenido a partir de frutos sanos, limpios y maduros de tomate de la variedad «*Lycopersicum esculentum L.*», por trituración, tamizado y posterior concentración de la fase líquida, o por dilución de la pasta (concentrado) de tomate, adicionado de sal, vinagres, especias, condimentos y sustancias edulcorantes nutritivas y aditivos alimentarios permitidos por la norma, el cual es sometido a un tratamiento térmico adecuado asegurando su conservación.

Algunas disposiciones encontradas en la norma INEN (2010) nos dice que:

- Para sazonar el producto se podrá agregar: sal yodada, especias, cebolla, ajo y otros condimentos permitidos y ají (salsa picante).
- El vinagre empleado en la elaboración del producto debe proceder de un proceso adecuado de fermentación, en sustitución a este se podrá utilizar ácido acético diluido grado alimenticio, no se permite la utilización de ácido acético glacial.
- Se podrán agregar los siguientes edulcorantes nutritivos: dextrosa anhidra, dextrosa monohidratada, jarabe de glucosa, entre otros.

En cuanto a los aditivos alimentarios, estos deben cumplir con lo establecido en la NTE INEN 2 074:

- No se permite la adición de colorantes a las salsas
- Ácidos orgánicos grado alimentario (ascórbico, cítrico, tartárico, málico)
- Conservantes: se permite el uso de ácido sórbico, benzoico o sale de sodio y potasio una dosis máxima de 1000 mg/kg solos o mezclados en una dosis máxima de 1250 mg/kg.

El producto debe estar exento de microorganismos capaces de desarrollarse en condiciones normales de almacenamiento. No debe contener ninguna sustancia tóxica originada por microorganismos, y cumplir con lo establecido en la siguiente tabla:

Tabla 3. Requisitos microbiológicos

REQUISITO	n	c	M	M	MÉTODO DE ENSAYO
Contenido de mohos (hifas), número de campos positivos en 100 campos (método de Howard) %			40	-	NTE INEN 1529-12
Bacterias acidúricas UFC/g	5	0	<10	-	NTE INEN 1529-5 Utilizando agar Termo acidurans, incubado a 55 °C por 48 horas

Nota: Adaptada de INEN (2010)

1.3 Pasta de tomate

La pasta de tomate es un concentrado elaborado a partir de tomates, retirándoles la piel y las semillas, obteniendo una textura pastosa y con un color rojo intenso característico. Este producto puede utilizarse como base para preparar ketchup o puede ser diluida para obtener jugo de tomate. La pasta de tomate debe presentar un color rojo uniforme esto siento propio de los tomates maduros, y deben estar libres de decoloraciones (Calapucha, 2020).

1.3.1 Valor nutricional de la pasta de tomate

Tabla 4. Valor nutricional de la pasta de tomate

Grasas totales	0,5 g
Ácidos grasos saturados	0.1 g
Ácidos grasos poliinsaturados	0.2 g
Ácidos grasos monoinsaturados	0.1 g
Colesterol	0 mg
Sodio	59 mg
Potasio	1,014 mg
Carbohidratos	19 g
Fibra alimentaria	4,1 g
Azúcares	12 g
Proteínas	4.3 g
Calcio	36 mg
Vitamina C	21.9 mg

Fuente: Adaptado de Calapucha (2020)

1.3.2 Composición físico - química de la pasta de tomate

Tabla 5. Composición físico-química de la pasta de tomate

PARÁMETRO	ESPECIFICACIÓN
° Brix	9 – 10,5
% Acidez (Ac. Acético)	0,55 – 0,70
pH	3,70 – 4,3

Nota: Adaptado de Alimentos Mida (2021)

1.4 Melaza

La melaza es producto líquido oscuro, espeso y viscoso que resulta del proceso de refinamiento de azúcares como la sacarosa, glucosa y fructosa extraída de la caña de azúcar. Este líquido contiene sales, compuestos no fermentables y melanoidinas, que son formadas a partir de la interacción entre azúcares y aminoácidos (Gutiérrez et al., 2023). En la agricultura la melaza es utilizada con frecuencia en aplicaciones foliares que ayuda a los cultivos a enfrentar situaciones de estrés, donde actúan como una fuente de nitrógeno similares a los aminoácidos. Además, su uso puede incrementar la disponibilidad de nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio, así como mejorar el contenido de materia orgánica en el suelo, lo que contribuye a aumentar los rendimientos agrícolas (Méndez, 2024).

1.5 Ingredientes adicionales

1.5.1 Vinagre: el vinagre se describe como un líquido adecuado para el consumo humano que se obtiene a través de un proceso de doble fermentación: primero alcohólica y luego acética, utilizando productos de origen agrícola (Curioso, 2022).

1.5.2 Azúcar: el término azúcares hace referencia a un conjunto de compuestos formados por carbono, hidrógeno y oxígeno, los cuales se agrupan según su estructura química en monosacáridos, disacáridos y oligosacáridos. Los monosacáridos, que representan la forma de azúcar que el organismo puede absorber, están compuestos por monómeros con entre 3 y 7 átomos de carbono (Lisbona et al., 2013).

1.5.3 Sal: la sal actúa como conservante, potenciador de sabor y regulador de textura, en este caso realza el sabor ayuda a estabilizar la emulsión del producto, prolongando la vida útil al inhibir el crecimiento de microorganismos.

1.5.4 Orégano: se trata de una planta herbácea perenne que, según sus características botánicas, es una especie aromática destacada por su elevado contenido de aceites esenciales, lo que la hace ampliamente utilizada (Lachos & Lopez, 2022).

1.5.5 Pimienta: la pimienta es una especia derivada de los frutos secos de la planta *Piper nigrum*, estos frutos (granos) se recolectan en distintos grados de maduración y se someten a diversos procesos para producir diferentes variedades de pimienta: negra, blanca, verde y roja, cada una con sabores y aromas distintivos (Baliga & Jain, 2020).

1.5.6 Comino: el comino (*Cuminum cyminum*) es una planta herbácea de ciclo anual que pertenece a la familia Apiaceae. Es nativa de la región del Mediterráneo oriental y el sureste asiático, sus semillas se caracterizan por su sabor cálido, con matices terrosos, un toque ligeramente amargo y un perfil especiado único (Vasudevan & Parthasarathy, 2008).

1.6 Propiedades térmicas

Las propiedades térmicas son factores fundamentales que influyen en la habilidad de los alimentos para transferir, almacenar y conducir el calor. Estas características son cruciales en la planificación y optimización de los métodos de conservación y preparación de alimentos, garantizando tanto la calidad como la seguridad de los productos alimenticios (Chiozzi, V et al., 2022). Entre las principales propiedades tenemos las siguientes:

1.6.1 Conductividad térmica

Es la medida de la capacidad para conducir calor de un material. Para alimentos depende principalmente de su composición. Sin embargo, tienen también influencia factores como sus espacios vacíos (forma, tamaño y orientación), su homogeneidad, entre otros (Zegarra, 2014).

1.6.2 Calor específico

El calor específico se define como la energía necesaria para elevar un grado la temperatura de la unidad de masa (Ibarz, 2008). El valor del calor específico varía ligeramente con la temperatura.

1.6.3 Densidad

La densidad establece la relación entre la masa de una sustancia y el volumen que ocupa. Se representa mediante la fórmula $\rho=V/m$, donde ρ corresponde a la densidad, m a la masa y v al volumen. Generalmente, la densidad se expresa en unidades como g/cm^3 o kg/m^3 (Raviolo et al., 2022).

Las propiedades térmicas son cruciales en la industria alimentaria, ya que facilitan el desarrollo de procesos térmicos seguros como la pasteurización, el secado, la esterilización y la congelación. Estos métodos son vitales para eliminar patógenos y asegurar la seguridad de los alimentos, al mismo tiempo que se mantiene su calidad nutricional y sensorial (Chiozzi, V et al., 2022). Choi y Okos establecieron ecuaciones que modelan las propiedades térmicas y la densidad de los alimentos dentro de un rango de temperatura de -40 a 150 °C. Estas ecuaciones tienen en cuenta la influencia de los principales componentes alimenticios, como carbohidratos, grasas, proteínas, cenizas, humedad y agua, en el comportamiento térmico del producto. Su modelo proporciona una herramienta precisa para predecir cómo varían estas propiedades en función de la composición del alimento y la temperatura, facilitando el diseño y optimización de procesos térmicos en la industria alimentaria (Mwape, M.C et al., 2023).

1.7 Programación Lineal

La programación lineal es una herramienta de optimización que permite gestionar eficientemente recursos limitados en la producción de bienes o servicios, con el objetivo de obtener el máximo rendimiento. En el ámbito industrial y empresarial, su aplicación se centra en dos enfoques principales (Salas, 2017):

- *Maximización:* Se busca obtener la mayor rentabilidad, ya sea en términos de ingresos, eficiencia productiva o calidad del producto.

- **Minimización:** Se pretende reducir costos operativos y desperdicios sin afectar el desempeño del sistema.

Esta técnica es ampliamente utilizada en diversos sectores, como la economía, la industria, las finanzas y la producción, permitiendo la toma de decisiones estratégicas para mejorar la productividad y rentabilidad de las empresas (Masiá, 2020). Un problema de Programación Lineal se compone de una función objetivo que puede ser optimizada, ya sea maximizándola o minimizándola, junto con un conjunto de restricciones que deben ser respetadas. Específicamente, para que un problema sea considerado dentro de este enfoque, debe cumplir con ciertas condiciones establecidas (Fedossova, A. et al., 2011):

- **Proporcionalidad:** cada variable en la función objetivo y en las restricciones influye de manera directamente proporcional a su valor. Es decir, las variables deben mantener una relación lineal, sin exponenciales ni términos no lineales. Su única modificación permitida es estar multiplicadas por un coeficiente constante.
- **Aditividad:** en un modelo de Programación Lineal, cada función se compone de la suma de variables, cada una multiplicada por su respectivo coeficiente. No se permite la interacción entre variables mediante multiplicaciones, garantizando así la linealidad del modelo.
- **Divisibilidad:** las variables pueden asumir cualquier valor que cumpla con las restricciones establecidas, sin la necesidad de ser números enteros, lo que permite soluciones fraccionarias dentro del dominio del problema.
- **Certidumbre:** todos los parámetros son constantes conocidas.

En un problema de Programación Lineal, se asume que las variables de decisión son estrictamente no negativas, lo que se conoce como restricciones de no negatividad. Cada problema presenta restricciones específicas que deben cumplirse y que pueden expresarse mediante ecuaciones o desigualdades, ya sean estrictas o no estrictas. Considerando estas premisas, los elementos algebraicos de un problema de Programación Lineal son los siguientes (Fedossova, A. et al., 2011):

- Función objetivo (z), (que se debe maximizar o minimizar).
- Restricciones que deben cumplirse (cada una puede ser igualdad o desigualdad).
- Restricciones de no negatividad.

2. METODOLOGIA

2.1 Ubicación de la investigación

Esta investigación se realizó en los laboratorios del Área de alimentos de la Facultad de Ciencias Químicas y de la Salud de la Universidad Técnica de Machala, ubicada en el kilómetro 5 ½ vía Machala – Pasaje, provincia de El Oro.

2.2 Tipo de Investigación

Este estudio tiene un enfoque experimental, ya que se llevó a cabo la elaboración de ketchup a base de banano, seguido de una evaluación sensorial para analizar sus características organolépticas. Posteriormente, se realizó su caracterización fisicoquímica para determinar sus propiedades y calidad.

2.3 Materia prima

En este trabajo, optamos por utilizar bananos dentro de un grado de maduración 5, debido a que los bananos que se encuentran en esta etapa resultaron ser los más adecuados para alcanzar las características deseadas en el producto final. En este punto, los frutos presentan un balance ideal de azúcares naturales, lo que contribuye a un sabor dulce y distintivo en el Ketchup de Banana, además de ofrecer una textura apropiada para su procesamiento. Asimismo, este nivel de maduración facilita un manejo más eficiente durante las etapas de elaboración. La selección de las bananas de acuerdo a su grado de maduración se determinó de manera visual, basándonos en criterios establecidos, como el color de la cáscara (completamente amarillo o con pequeñas manchas marrones) lo que refleja el desarrollo óptimo de los compuestos sensoriales de la fruta.

El banano usado para realizar la parte experimental de la investigación fue obtenido en la provincia de El Oro – Cantón Machala en los puestos comerciales de la calle carrera 7ma Oeste. La pasta de tomate, especias, vinagre, azúcar, sal fueron adquiridos en el Hipermarket el cual se encuentra ubicado centro comercial paseo shopping, mientras que la melaza fue obtenida de la camaronera «El Garrido», ubicada en la parroquia Tendales kilómetro 1.

2.4 Preparación de la muestra

2.4.1 Obtención de la pulpa de banana

Los bananos deben de encontrarse con un índice de madurez 5 cerciorándonos de que no presenten abolladuras o golpes. Para realizar la pulpa de banano se procedió a lavar y pelar la fruta, luego se la troceó para ubicarla en un procesador, posteriormente se la cernió para obtener una textura más suave, libre de fibras o trozos grandes.

2.5 Formulación de la Kétchup a base de banano

La formulación de la salsa se desarrolló de manera empírica mediante pruebas y ajustes sucesivos hasta alcanzar las características óptimas de sabor, textura y estabilidad. Durante este proceso, se mantuvieron constantes los porcentajes de especias y sal, mientras que las proporciones de los demás ingredientes fueron modificadas para lograr un equilibrio adecuado en el producto final. A continuación, se presenta la formulación definitiva, detallando las cantidades necesarias de cada componente para la elaboración de 500 g de salsa.

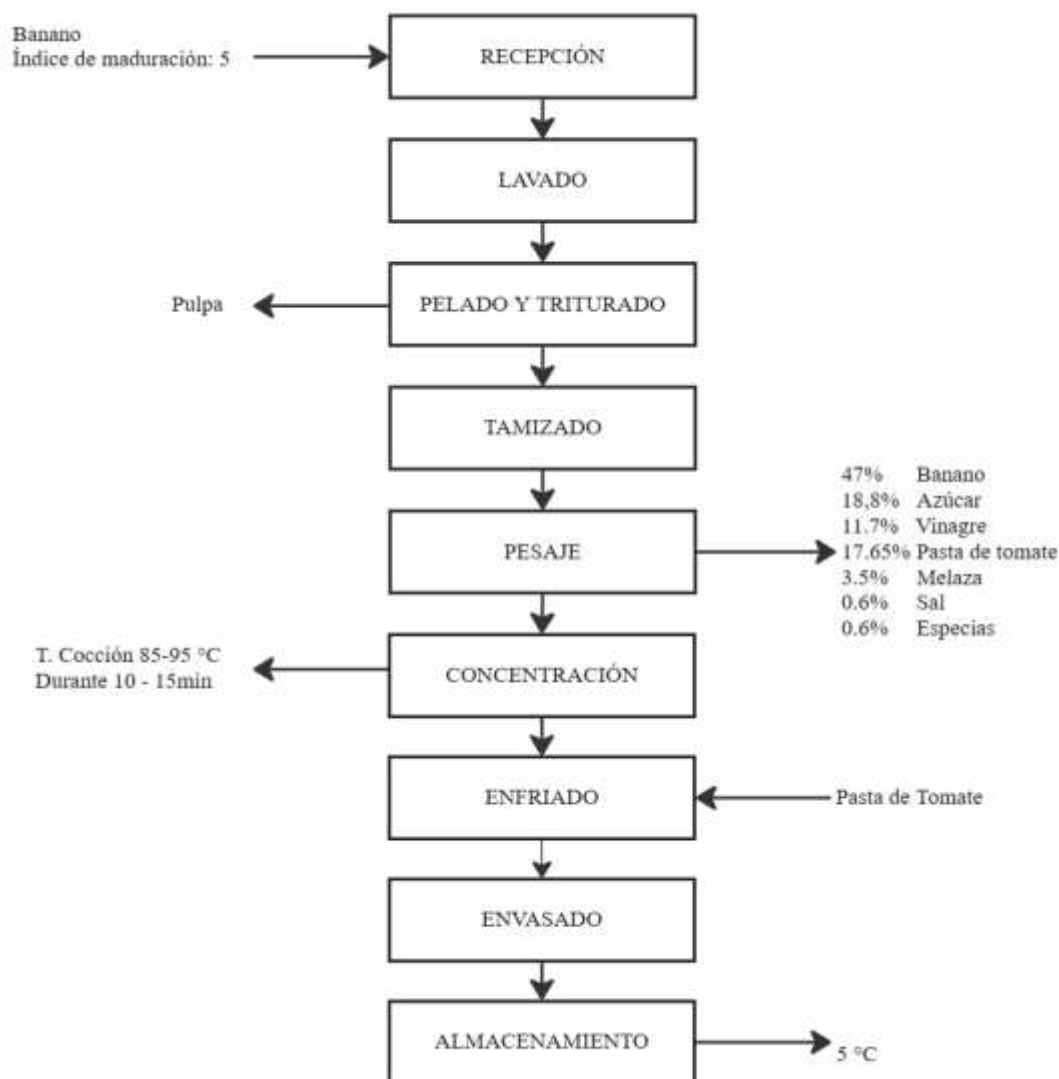
Tabla 6. Formulación de la Kétchup de banana

INGREDIENTES	CANTIDAD	%
Banana	400 g	47,06
Vinagre	100 mL	11,76
Azúcar	160 g	18,82
Sal	5 g	0,59
Especias	5 g	0,59
Pasta de tomate	150 g	17,65
Melaza	30 g	3,53

Fuente: *Elaboración propia*

2.5.1 Diagrama de flujo de la elaboración del Kétchup de banano

Figura 5. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de la Kétchup a base de banano



Fuente: Elaboración propia

2.5.2 Descripción del diagrama de flujo del proceso de elaboración de la Kétchup a base de banano

Recepción: en esta etapa se inspecciona las bananas a utilizar mientras que se recepta los demás ingredientes, como bananos, azúcares, especias, vinagre y aditivos.

Lavado: se realizó un lavado para eliminar suciedad e impurezas de las bananas.

Pelado y triturado: en esta operación procedemos a retirar la cáscara del banano, posteriormente se corta los bananos en trozos para obtener la pulpa.

Tamizado: en esta operación se tamiza la pulpa con el fin de obtener una textura más uniforme.

Pesaje: se pesa todos los ingredientes a utilizar en la elaboración de la salsa de acuerdo con la formulación planteada, en una balanza analítica.

Concentración: En esta etapa, todos los ingredientes, excepto la pasta de tomate, se mezclan en un bowl y luego se llevan a la hornilla, donde se calientan hasta alcanzar una textura homogénea y la consistencia deseada. Después de que la mezcla se encuentre fría se procede a añadir la pasta.

Enfriado: en esta etapa se enfría la mezcla, para posteriormente agregar la pasta de tomate.

Envasado: La salsa se introduce en envases esterilizados y se sellan para garantizar la conservación.

Almacenamiento: se mantiene en lugar fresco o refrigeración.

2.6 Evaluación sensorial de la Kétchup elaborada a base de banano.

La evaluación sensorial se llevó a cabo en los laboratorios de la Facultad de Ciencias Químicas y de la Salud, con la participación de un panel semi-entrenado conformado por 15 personas. Su propósito fue determinar la preferencia entre las formulaciones desarrolladas mediante una prueba sensorial de tipo afectivo.

Los catadores evaluaron un total de 10 atributos sensoriales en las muestras, incluyendo color, sabor, textura, dulzor, uniformidad, acidez, balance de sabor, atractivo e intensidad del aroma, y aceptación global. Cada atributo fue calificado mediante una escala hedónica estructurada del 1 al 5, donde 1 correspondía a la calificación más baja y 5 a la más alta.

Los datos obtenidos fueron analizados con el software estadístico Minitab® versión 19. Se aplicó un diseño de bloques y posteriormente se realizó un análisis estadístico para calcular el análisis de varianza (ANOVA). Para identificar la formulación con mayor aceptación, se tomó como referencia el parámetro de aceptación global, verificando a través del ANOVA si existían diferencias significativas entre las muestras y, de ser así, determinar la preferida.

2.7 Evaluación fisicoquímica de la Kétchup de banano

2.7.1 Determinación de Humedad

El contenido de humedad de la muestra ganadora, destacada por su alta aceptación en el análisis sensorial, se determinó utilizando una termobalanza MB90 (OHAUS Corporation, Parsippany, Estados Unidos). Las muestras fueron pesadas cuidadosamente en la termobalanza antes de iniciar el proceso de secado. El análisis se realizó por duplicado para asegurar resultados confiables y reproducibles. El procedimiento implicó el secado de las muestras a una temperatura constante de 105 °C mediante un sistema de calentamiento halógeno, seleccionado por su eficacia en proporcionar datos rápidos y precisos.

2.7.2 Determinación de Proteínas

El análisis de proteínas se realizó utilizando el método Kjeldahl, el cual determina el contenido de nitrógeno en una muestra. A partir de este valor, se calcula la cantidad de proteína, asumiendo una relación específica entre nitrógeno y proteína para el alimento evaluado. Este método se divide en tres etapas principales: digestión o mineralización, donde el nitrógeno orgánico se transforma en amoníaco; destilación, en la que el amoníaco es separado y capturado; y valoración, donde se cuantifica el nitrógeno presente para estimar el contenido proteico (García & Fernandez, 2012).

2.7.3 Determinación de Cenizas

Para este análisis, se empleó un crisol de porcelana, se pesaron alrededor de 6.32 gramos de la muestra de interés y se colocaron en el crisol de porcelana tarado. Este crisol se utilizó para garantizar que no hubiera interferencias en el peso final debido al contenedor. El crisol con la muestra fue colocado en una mufla MF-14 (Hanyang Science Lab Co., Ltd., Seúl, República de Corea), con capacidad máxima de 4600 W y temperatura máxima de 1200 °C. Se programó la mufla para alcanzar y mantener una temperatura constante de 550 °C durante 6 horas. Esta temperatura y duración permitieron la completa incineración de la muestra, eliminando los componentes orgánicos y dejando únicamente el residuo de cenizas. Tras el proceso de incineración, el crisol se retiró de la mufla y se dejó enfriar durante aproximadamente 20 minutos. Este enfriamiento es crucial para evitar cambios en el peso debido a la absorción de humedad del aire. Una vez enfriado, el crisol con las cenizas se pesó con precisión. El porcentaje de cenizas fue calculado con la siguiente ecuación:

$$\%Cenizas = \frac{Peso_{(crisol+ceniza)} - Peso_{(crisolvacío)}}{gmuestra} \cdot 100$$

Dónde:

- *Peso (crisol + ceniza)*, hace referencia a la sumatoria del peso del crisol y la ceniza de la muestra.
- *Peso (crisol vacío)*, se refiere únicamente al peso del crisol.
- **g muestra:** gramos utilizados de muestra

2.7.4 Determinación de Grasas

El procedimiento comenzó con el pesaje de un balón volumétrico vacío de 110 mL, utilizado como referencia base. Posteriormente, se tomaron 8,54 g de muestra, las cuales se colocaron en un matraz al que se añadieron 150 mL de acetato de etilo como disolvente para realizar la extracción. Para evitar la evaporación del disolvente, se cubrió el matraz con papel de aluminio y se sometió a un baño de ultrasonido (Thermo Fischer, Waltham, Estados Unidos) durante 30 minutos, operando a una frecuencia de 40-50 kHz. Una vez finalizado el proceso de extracción, la mezcla se filtró a través de un papel filtro colocado en un embudo, permitiendo separar la fase líquida de los residuos sólidos. El filtrado obtenido se transfirió al balón volumétrico previamente pesado y, posteriormente, al evaporador rotatorio (Heidolph GmbH, Schwabach, Alemania). Este equipo, compuesto por una unidad de vacío (Vacuubrand GmbH + CO KG, Wertheim am Main, Alemania) y una unidad de refrigeración ALPHA RA 8 (Lauda Dr. R. Wobser GmbH & CO. KG, Lauda-Königshofen, Alemania), facilitó la condensación del disolvente mediante un diferencial de temperaturas. El proceso se llevó a cabo a 40 °C con una velocidad de rotación de 30 rpm y un vacío inicial de 220 atm, adecuado para trabajar con acetato de etilo. Finalmente, este método permitió aislar y obtener el aceite de la muestra, el cual fue recogido y almacenado para su posterior análisis. El porcentaje de grasa se calculó usando la siguiente fórmula:

$$\%Grasa = \frac{Pesodebalónconaceiteconcentrado - Pesodebalónvacío}{Pesodelamuestra} \cdot 100$$

Dónde:

- ***Peso de balón con aceite concentrado:*** masa del balón con grasa
- ***Peso de balón vacío:*** masa del balón vacío
- ***Peso de la muestra:*** masa de la muestra

2.7.5 Determinación de carbohidratos

Se determinó el contenido de carbohidratos calculando el porcentaje restante después de determinar los principales componentes de la muestra. La fórmula empleada para calcular el porcentaje de carbohidratos es la siguiente:

$$\%Carbohidratos = 100 - (\%Grasa + \%Proteínas + \%Cenizas + \%Humedad)$$

Dónde:

% Grasa, % Proteínas, % Cenizas y % Humedad es la cantidad obtenida de dicho porcentaje.

2.8 Evaluación de las propiedades térmicas

El modelo matemático empleado para determinar las propiedades termo físicas del ketchup de banana se fundamenta en las ecuaciones establecidas por Choi y Okos, las cuales permiten calcular la conductividad térmica, el calor específico y la densidad en función de la composición del alimento. Dichas ecuaciones consideran la influencia de los principales componentes, como agua, proteínas, carbohidratos, grasas y cenizas, proporcionando una predicción precisa del comportamiento térmico del producto.

Las ecuaciones propuestas por Choi y Okos, según Mwape et al. (2023), fueron utilizadas para la determinación de las propiedades térmicas permitiendo obtener una evaluación precisa y garantizando la coherencia y confiabilidad de los resultados obtenidos.

Tabla 7. Ecuaciones empíricas para determinar las propiedades térmicas a partir de los componentes de los alimentos

Conductividad térmica W/(m·°C)	$AguaK_w = 5,7109x10^{-1} + 1,7625x10^{-3}t - 6,7036x10^{-6}t^2$
	$ProteínaK_p = 1,7881x10^{-1} + 1,1958x10^{-3}t - 2,7178x10^{-6}t^2$
	$GrasaK_f = 1,8071x10^{-1} - 2,7604x10^{-3}t - 1,7749x10^{-7}t^2$
	$CarbsK_{cho} = 2,0141x10^{-1} + 1,3874x10^{-3}t - 4,3312x10^{-6}t^2$
	$CenizasK_{as} = 3,2962x10^{-1} + 1,4011x10^{-3}t - 2,9069x10^{-6}t^2$
Densidad $\left(\frac{kg}{m^3}\right)$	$Agua\rho_w = 9,9718x10^2 + 3,1439x10^{-3}t - 3,7574x10^{-3}t^2$
	$Proteína\rho_p = 1,3299x10^3 - 5,1840x10^{-1}t$
	$Grasa\rho_f = 9,2559x10^2 - 4,1757x10^{-1}t$
	$Carbohidratos\rho_{carbs} = 1,5991x10^3 - 3,1046x10^{-1}t$
	$Ceniza\rho_{as} = 2,4238x10^3 - 2,8063x10^{-1}t$
Calor específico J/(kg·°C)	$AguaCp_w = 4,1762x10^3 - 9,0864x10^{-2}t + 5,4731x10^{-3}t^2$
	$ProteínaCp_p = 2,0082x10^3 + 1,2089t - 1,3129x10^{-3}t^2$
	$GrasaCp_f = 1,9842x10^3 + 1,4733t - 4,8008x10^{-3}t^2$
	$CarbohidratosCp_{carbs} = 1,5488x10^3 + 1,9625t - 5,9399x10^{-3}t^2$
	$CenizaCp_{as} = 1,0926x10^3 + 1,8896t - 3,6817x10^{-3}t^2$

Nota: Adaptado de (Mwape et al., 2023)

2.9 Programación Lineal

Con el objetivo de optimizar los costos, el perfil de sabor y la eficiencia en la producción, se empleó la programación lineal como herramienta de análisis. Esta metodología permitió maximizar el rendimiento de los ingredientes y los procesos, garantizando una formulación equilibrada y económicamente viable para la elaboración del ketchup de banano. El proceso se desarrolló en las siguientes etapas:

- a- Definición de la función objetivo
- b- Identificación de las variables de decisión
- c- Planteamiento de restricciones
- d- Resolución del modelo

Para la resolución del modelo se usó el software Python, aprovechando sus bibliotecas especializadas en optimización como PuLP, para formular y resolver el problema de programación lineal.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Evaluación sensorial

3.1.1 Color

Tabla 8. Diseño de bloques - Color

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Formulación	1	24.300	24.3000	65.42	0.000
Panelistas	14	7.467	0.5333	1.44	0.254
Error	14	5.200	0.3714		
Total	29	36.967			

A través del análisis obtenido mediante ANOVA, se identificaron diferencias significativas, dado que el valor de P resultó ser menor a 0.05. Esto indica que se pueden distinguir dos tonalidades diferentes en cada muestra evaluada. Al examinar las respuestas de los panelistas, se concluye que la muestra 222 presenta una mayor aceptación en términos de color.

3.1.2 Textura

Tabla 9. Diseño de bloques - textura

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Formulación	1	0.3000	0.3000	0.68	0.424
Panelistas	14	8.4667	0.6048	1.37	0.284
Error	14	6.2000	0.4429		
Total	29	14.9667			

En el análisis del parámetro de textura, se determinó que no existen diferencias significativas, ya que el valor de P es mayor a 0.05. Esto coincide con las observaciones de los catadores, quienes señalaron que las muestras presentan una textura similar, respaldando así los resultados obtenidos mediante ANOVA.

3.1.3 Dulzor

Tabla 10. Diseño de bloques - Dulzor

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Formulación	1	5.633	5.6333	42.25	0.000
Panelistas	14	5.867	0.4190	3.14	0.020
Error	14	1.867	0.1333		
Total	29	13.367			

El análisis del parámetro de dulzor en nuestras muestras revela la presencia de diferencias significativas, como lo indica el valor de $P > 0.05$. Estas diferencias podrían estar influenciadas por la incorporación de melaza, un ingrediente que contribuye con un característico sabor agridulce al producto.

3.1.4 Acidez

Tabla 11. Diseño de bloques - Acidez

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Formulación	1	0.0000	0.00000	0.00	1.000
Panelistas	14	26.8000	1.91429	6.70	0.001
Error	14	4.0000	0.28571		
Total	29	30.8000			

Según el análisis de diseño de bloques en relación con la acidez, se obtuvo un valor p de 1,000, lo que indica que no hay diferencias significativas. Las muestras 221 y 222 tienen un nivel de acidez similar.

3.1.5 Uniformidad

Tabla 12. Diseño de bloques - Uniformidad

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Formulación	1	0.3000	0.3000	0.68	0.424
Panelistas	14	15.8000	1.1286	2.55	0.046
Error	14	6.2000	0.4429		
Total	29	22.3000			

En el diseño de bloques, el análisis del atributo de uniformidad arrojó un valor de $p > 0.05$ (0.424), lo que sugiere que no hay diferencias significativas entre las muestras. Este resultado puede atribuirse a la utilización de la misma técnica y al tiempo de cocción uniforme en ambas muestras.

3.1.6 Sabor

Tabla 13. Diseño de bloques - Sabor

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Formulación	1	8.533	8.5333	21.85	0.000
Panelistas	14	20.667	1.4762	3.78	0.009
Error	14	5.467	0.3905		
Total	29	34.667			

En cuanto al parámetro del sabor, el diseño de bloques arroja un valor $p < 0.05$, lo que nos permite concluir que existen diferencias significativas según los resultados de los análisis sensoriales. Se estima que la muestra 222 tiene un mejor sabor en comparación con la muestra 221.

3.1.7 Balance de sabor

Tabla 14. Diseño de bloques – Balance de sabor

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Formulación	1	4.800	4.8000	21.00	0.000
Panelistas	14	4.800	0.3429	1.50	0.229
Error	14	3.200	0.2286		
Total	29	12.800			

El análisis del parámetro de balance de sabor reveló diferencias significativas, dado que el valor de p es menor a 0.05. Esto coincide con las percepciones de los catadores, quienes señalaron un sabor desigual entre las muestras. La muestra 222 destacó como la ganadora al obtener un mayor porcentaje de aceptación, lo cual respalda los resultados obtenidos en el análisis ANOVA.

3.1.8 Intensidad de aroma

Tabla 15. Diseño de bloques – Intensidad de aroma

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Formulación	1	0.3000	0.3000	0.51	0.486
Panelistas	14	14.8667	1.0619	1.81	0.139
Error	14	8.2000	0.5857		
Total	29	23.3667			

De acuerdo con los resultados del diseño de bloques, el análisis ANOVA indica que no hay diferencias significativas, ya que se obtuvo un valor de $p > 0.05$ (0.486) para el parámetro de intensidad de aroma. Asimismo, los panelistas presentaron un valor de $p > 0.05$, lo que refleja una paridad de opiniones.

3.1.9 Atractivo de aroma

Tabla 16. Diseño de bloques – atractivo de aroma

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Formulación	1	4.033	4.0333	22.89	0.000
Panelistas	14	8.467	0.6048	3.43	0.014
Error	14	2.467	0.1762		
Total	29	14.967			

De acuerdo con el diseño de bloques aplicado al atributo de atractivo de aroma, se obtuvo un valor de p de 0.00 ($p < 0.05$), lo que indica diferencias significativas en la evaluación de este parámetro, así como una influencia notable de los panelistas. La muestra 222 destacó como la mejor valorada, alcanzando un promedio de 3.73 y siendo considerada la ganadora.

3.1.10 Aceptación global

Tabla 17. Diseño de bloques - aceptación global

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Formulación	1	5.633	5.6333	42.25	0.000
Panelistas	14	5.867	0.4190	3.14	0.020
Error	14	1.867	0.1333		
Total	29	13.367			

Respecto al parámetro de aceptación global, el análisis mediante diseño de bloques mostró un valor de $p < 0.05$ (0.00), lo que indica la presencia de diferencias significativas según los resultados obtenidos en los análisis sensoriales. Asimismo, se identificaron diferencias significativas entre las evaluaciones de las panelistas, evidenciando que una de las muestras destacó por su mayor nivel de aceptación. En este caso, la muestra 222 obtuvo la calificación más alta en comparación con la muestra 221.

Los resultados del análisis estadístico de la evaluación sensorial indican que la muestra M222 fue la mejor calificada y la que obtuvo la mayor aceptación por parte de los panelistas.

3.2 Análisis de las propiedades fisicoquímicas de la Kétchup de banano

En la siguiente tabla se presentan los valores obtenidos en la evaluación fisicoquímica de la Kétchup de banano:

Tabla 18. Composición de la Kétchup de banano

Componente	(%)
Humedad	49,61
Proteínas	1,63
Cenizas	1,77
Grasas	2,5
Hidratos de carbono	44,49

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19. Composición de la Kétchup de tomate tradicional

Componente	(%)
Humedad	65
Proteínas	1 - 2
Cenizas	2
Grasas	0.5
Hidratos de carbono	30

Fuente: Adaptado de (Echarrys et al., 2002)

La comparación entre los valores obtenidos en el análisis de la Kétchup de banano y con los reportados en Echarrys et al., (2002), para un kétchup tradicional muestra diferencias significativas con respecto a su composición físico-química, lo que puede influir en sus características sensoriales, nutricionales y tecnológicas. En cuanto a la humedad, la muestra analizada presentó un valor de 49,61%, notablemente inferior al 65% reportado en la bibliografía. Esta menor cantidad de agua podría indicar un producto más concentrado, lo que influye en su viscosidad, estabilidad y vida útil, haciéndolo potencialmente menos susceptible al crecimiento microbiano.

Respecto al contenido de proteínas, la formulación de kétchup de banano presentó un 1,63%, dentro del rango bibliográfico de 1 - 2%, lo que sugiere una composición proteica similar a la de un kétchup tradicional, sin cambios significativos en este parámetro.

El contenido de cenizas (minerales) fue de 1,77%, levemente menor al 2% referenciado. Esta ligera variación podría estar relacionada con diferencias en la cantidad y tipo de especias, sal y otros ingredientes minerales empleados en la formulación.

En el caso de las grasas, se observó un valor de 2,5%, significativamente superior al 0,5% encontrado en la bibliografía. Esta diferencia puede atribuirse a la presencia de ingredientes adicionales en la formulación, como la banana, que podría aportar cierta cantidad de lípidos naturales. Finalmente, el contenido de hidratos de carbono en la muestra analizada fue de 44,49%, considerablemente mayor que el 30% bibliográfico. Este aumento puede estar asociado con la presencia de azúcares naturales provenientes del banano y otros ingredientes utilizados en la formulación, lo que probablemente contribuya a un sabor más dulce y una textura más densa.

En general, estas diferencias sugieren que el ketchup de banano es un producto con menor humedad, mayor concentración de sólidos, mayor contenido de carbohidratos y grasas, lo que puede influir en su textura, dulzura y estabilidad en comparación con un ketchup tradicional.

3.3 Propiedades térmicas

Después de haber aplicado las ecuaciones de Choi y Okos, se obtuvieron los siguientes resultados para la Ketchup de banano: una conductividad térmica (k) de 0,442 W/(m·°C), una densidad de 1205,79 kg/m³ y un calor específico (C_p) de 2900,77 J/(kg·°C).

En comparación, según Sharoba et al. (2005), la densidad de un ketchup tradicional es de 1160,7 kg/m³, mientras que, de acuerdo con Drusas y Saravacos (1985), la conductividad térmica es de 0,595 W/(m·°C) y el calor específico de 3302 J/(kg·°C). Estas diferencias pueden atribuirse a la variación en la composición de los ingredientes, especialmente el contenido de agua, carbohidratos y grasas, que afectan directamente las propiedades térmicas del producto.

El mayor valor de densidad en la Ketchup de banano sugiere una textura más densa y posiblemente mayor estabilidad en almacenamiento. Sin embargo, su menor conductividad térmica y calor específico indican que podría requerir más tiempo para calentarse o enfriarse en comparación con el ketchup tradicional, lo que puede influir en su procesamiento industrial (Hernández, 2019).

3.4 Optimización del Perfil de Sabor, Costos y Producción mediante Programación Lineal

A través de la programación lineal se obtuvo los siguientes modelos para optimizar el perfil de sabor, producción y la minimización de costos:

3.4.1 Modelo 1: Optimización del Perfil de Sabor

Este modelo busca maximizar los atributos sensoriales relacionados con el sabor (aceptación, dulzor, acidez, balance, etc.),

3.4.1.1 Variables de decisión

Las cantidades de cada ingrediente:

- X_1 : Cantidad de banana (g) x_1
- X_2 : Cantidad de vinagre (g)
- X_3 : Cantidad de azúcar (g)
- X_4 : Cantidad de sal (g)
- X_5 : Cantidad de especias (g)
- X_6 : Cantidad de pasta de tomate (g)
- X_7 : Cantidad de melaza (g)

3.4.1.2 Función objetivo

Maximizar el perfil de sabor, considerando la influencia ponderada de cada ingrediente en los atributos sensoriales:

$$Z_1 = w_1 * x_1 + w_2 * x_2 + w_3 * x_3 + w_4 * x_4 + w_5 * x_5 + w_6 * x_6 + w_7 * x_7$$

Dónde:

w_1, w_2, \dots, w_7 son pesos que representan la contribución de cada ingrediente al perfil de sabor.

3.4.1.3 Restricciones

- Suma total de ingredientes: $x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 = 850$ g
- Límites por ingrediente:
 - x_1 (banana): $300 \leq x_1 \leq 500$
 - x_2 (vinagre): $80 \leq x_2 \leq 120$

- x_3 (azúcar): $140 \leq x_3 \leq 180$
- x_4 (sal): $4 \leq x_4 \leq 6$
- x_5 (especias): $4 \leq x_5 \leq 6$
- x_6 (pasta de tomate): $130 \leq x_6 \leq 170$
- x_7 (melaza): $20 \leq x_7 \leq 40$

Figura 6. Resolución del modelo matemático 1 mediante Python

```

▶ # Resolver Modelo 1
print("\nResolviendo Modelo 1: Optimización del Perfil de Sabor")
model_sabor.solve()
for var in variables.values():
    print(f"{var.name}: {var.value()} g")
print(f"Valor objetivo (Perfil de Sabor): {model_sabor.objective.value()}")

```



```

Resolviendo Modelo 1: Optimización del Perfil de Sabor
x1: 328.0 g
x2: 120.0 g
x3: 180.0 g
x4: 6.0 g
x5: 6.0 g
x6: 170.0 g
x7: 40.0 g
Valor objetivo (Perfil de Sabor): 702.4

```

Fuente: Elaboración propia

A partir de la resolución del modelo mediante Python, se determinó que para obtener 702,4 g de producto se requieren 328 g de banana, 120 g de vinagre, 180 g de azúcar, 6,0 g de sal y especias, 170 g de pasta de tomate y 40 g de melaza. Estos valores reflejan una formulación optimizada, asegurando un equilibrio en el perfil de sabor y en sus atributos sensoriales, lo que contribuye a una mejor aceptación del producto.

3.4.2 Modelo 2: Minimización de Costos

Este modelo busca minimizar el costo total de producción del producto.

3.4.2.1 Variables de decisión

En este caso se usan las mismas que en el Modelo 1:

Las cantidades de cada ingrediente:

- x_1 : Cantidad de banana (g)

- x_2 : Cantidad de vinagre (g)
- x_3 : Cantidad de azúcar (g)
- x_4 : Cantidad de sal (g)
- x_5 : Cantidad de especias (g)
- x_6 : Cantidad de pasta de tomate (g)
- x_7 : Cantidad de melaza (g)

3.4.2.2 *Función objetivo*

Minimizar el costo total del producto:

$$Z_2 = c_1 * x_1 + c_2 * x_2 + c_3 * x_3 + c_4 * x_4 + c_5 * x_5 + c_6 * x_6 + c_7 * x_7$$

Dónde:

c_1, c_2, \dots, c_7 son los costos por gramo de cada ingrediente.

3.4.2.3 *Restricciones*

Las mismas restricciones que el Modelo 1:

- Suma total de ingredientes: $x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 = 850$ g
- Límites por ingrediente:
 - x_1 (banana): $300 \leq x_1 \leq 500$
 - x_2 (vinagre): $80 \leq x_2 \leq 120$
 - x_3 (azúcar): $140 \leq x_3 \leq 180$
 - x_4 (sal): $4 \leq x_4 \leq 6$
 - x_5 (especias): $4 \leq x_5 \leq 6$
 - x_6 (pasta de tomate): $130 \leq x_6 \leq 170$
 - x_7 (melaza): $20 \leq x_7 \leq$

Figura 7. Resolución del modelo matemático 2 mediante Python

```
# Resolver Modelo 2
print("\nResolviendo Modelo 2: Minimización de Costos")
model_costos.solve()
for var in variables.values():
    print(f"{var.name}: {var.value()} g")
print(f"Valor objetivo (Costo Total): {model_costos.objective.value()}")
```

Resolviendo Modelo 2: Minimización de Costos
x1: 470.0 g
x2: 80.0 g
x3: 140.0 g
x4: 6.0 g
x5: 4.0 g
x6: 130.0 g
x7: 20.0 g
Valor objetivo (Costo Total): 27.42

Fuente: Elaboración propia

La inversión mínima necesaria para alcanzar la formulación óptima es de \$27,42, lo que demuestra que es posible reducir costos sin afectar la calidad del producto. Este resultado resalta la eficiencia en el uso de los recursos, garantizando un equilibrio entre rentabilidad y mantenimiento de las propiedades sensoriales del ketchup de banano. Así, se logra una producción más sostenible y económicamente viable.

3.4.3 Modelo 3: Maximización de la Eficiencia en la Producción

Este modelo busca optimizar la cantidad de insumos utilizados en la producción para maximizar la eficiencia y calidad del producto final.

3.4.3.1 Variables de decisión

- x₁: Cantidad de materia prima A (kg)
- x₂: Cantidad de materia prima B (kg)
- x₃: Cantidad de aditivos (kg)
- x₄: Cantidad de energía utilizada (kWh)
- x₅: Cantidad de mano de obra (horas)

3.4.3.2. *Función objetivo*

Maximizar la eficiencia de producción basada en la combinación óptima de insumos:

$$Z_1 = w_1 * x_1 + w_2 * x_2 + w_3 * x_3 + w_4 * x_4 + w_5 * x_5$$

3.4.3.3 *Restricciones*

- Capacidad máxima de producción: $x_1 + x_2 + x_3 \leq 1000$ (kg totales permitidos)
- Requerimientos mínimos de cada insumo:
 - $200 \leq x_1 \leq 500$
 - $150 \leq x_2 \leq 400$
 - $50 \leq x_3 \leq 150$
 - $100 \leq x_4 \leq 300$ (kWh)
 - $80 \leq x_5 \leq 200$ (horas de trabajo)

3.4.4 **Modelo 4: Minimización de Costos de Producción**

Este modelo busca reducir los costos totales manteniendo la producción dentro de los parámetros de calidad.

3.4.4.1 *Variables de decisión*

- x_1 : Cantidad de materia prima A (kg)
- x_2 : Cantidad de materia prima B (kg)
- x_3 : Cantidad de aditivos (kg)
- x_4 : Cantidad de energía utilizada (kWh)
- x_5 : Cantidad de mano de obra (horas)

3.4.4.2 *Función objetivo*

Minimizar el costo total de producción:

$$Z_2 = c_1 * x_1 + c_2 * x_2 + c_3 * x_3 + c_4 * x_4 + c_5 * x_5$$

3.4.4.3 Restricciones

- Capacidad máxima de producción: $x_1 + x_2 + x_3 \leq 1000$ (kg totales permitidos)
- Requerimientos mínimos de cada insumo:
 - $200 \leq x_1 \leq 500$
 - $150 \leq x_2 \leq 400$
 - $50 \leq x_3 \leq 150$
 - $100 \leq x_4 \leq 300$ (kWh)
 - $80 \leq x_5 \leq 200$ (horas de trabajo)

Figura 8. Resolución del modelo matemático 3 mediante Python

```
from pulp import LpMaximize, LpMinimize, LpProblem, LpVariable, lpSum

# Pesos y costos (modificar según corresponda)
w = [0.5, 0.8, 1.2, 0.9, 1.0, 1.1, 0.7] # Contribuciones al perfil de sabor
c = [0.02, 0.03, 0.05, 0.01, 0.04, 0.06, 0.03] # Costos por gramo de cada ingrediente

ingredient_limits = {
    "x1": (300, 500), # Banana
    "x2": (80, 120), # Vinagre
    "x3": (140, 180), # Azúcar
    "x4": (4, 6), # Sal
    "x5": (4, 6), # Especias
    "x6": (130, 170), # Pasta de tomate
    "x7": (20, 40) # Melaza
}

# Crear variables de decisión
variables = {name: LpVariable(name, lowBound=lim[0], upBound=lim[1]) for name, lim in ingredient_limits.items()}

# Modelo 1: Maximizar la producción
modelo_produccion = LpProblem("Maximizacion_Produccion", LpMaximize)
modelo_produccion += lpSum(w[i] * var for i, var in enumerate(variables.values())), "Produccion_Maxima"
modelo_produccion += lpSum(variables.values()) == 850, "Restriccion_Total"

# Resolver el modelo
modelo_produccion.solve()

# Guardar resultados de la primera optimización
valores_optimos = {var_name: var.value() for var_name, var in variables.items()}
```

Fuente: Elaboración propia

Figura 9. Resolución del modelo matemático 4 mediante Python

```
6] # Modelo 2: Minimizar costos manteniendo restricciones
modelo_costos = LpProblem("Minimizacion_Costos", LpMinimize)
modelo_costos += lpSum(c[i] * var for i, var in enumerate(variables.values())), "Costo_Total"
modelo_costos += lpSum(variables.values()) == 850, "Restriccion_Total"

# Resolver el modelo
modelo_costos.solve()

# Imprimir resultados
print("Optimización de la producción:")
for var_name, var in variables.items():
    print(f"{var_name}: {var.value()} g")

print("\nMinimización de costos:")
for var_name, var in variables.items():
    print(f"{var_name}: {var.value()} g")
```

```
↕ Optimización de la producción:
x1: 470.0 g
x2: 80.0 g
x3: 140.0 g
x4: 6.0 g
x5: 4.0 g
x6: 130.0 g
x7: 20.0 g

Minimización de costos:
x1: 470.0 g
x2: 80.0 g
x3: 140.0 g
x4: 6.0 g
x5: 4.0 g
x6: 130.0 g
x7: 20.0 g
```

Fuente: Elaboración propia

A través de la resolución de los modelos, se puede interpretar que la optimización de los insumos en la producción permite maximizar tanto la eficiencia como la calidad del producto final. Los resultados muestran las cantidades óptimas de cada ingrediente, garantizando el cumplimiento de los requisitos de formulación. Además, al aplicar la minimización de costos, se logró reducir el gasto total sin comprometer los parámetros de calidad, manteniendo la producción dentro del límite establecido de 850 g.

CONCLUSIÓN

El desarrollo del Kétchup de Banana demostró ser una alternativa viable y sostenible al kétchup tradicional de tomate. A través de la evaluación fisicoquímica, térmica y sensorial, se logró establecer una formulación equilibrada que optimiza el sabor, la textura y la estabilidad del producto. Los análisis sensoriales indicaron una buena aceptación por parte de los panelistas, destacando atributos como el dulzor aportado por la melaza, y la uniformidad del producto.

Desde el punto de vista tecnológico, el proceso de elaboración permitió aprovechar el potencial del banano como ingrediente base, destacando su capacidad para generar una textura y consistencia similares a la del kétchup convencional. Además, apoyados en un lenguaje de programación como lo es Python, la aplicación de modelos matemáticos para la optimización del perfil de sabor y costos contribuyó a mejorar la formulación y reducir gastos de producción.

Esta investigación también resalta el impacto positivo del Kétchup de Banana en la reducción del desperdicio de frutas que no cumplen con los estándares de exportación, promoviendo un modelo de economía circular. El producto puede abrir nuevas oportunidades de negocio para productores y emprendedores del sector alimentario.

En conclusión, el Kétchup de Banana representa una innovación con alto valor agregado, alineada con tendencias de sostenibilidad y diversificación de productos alimenticios. Por otro lado, sugerimos llevar a cabo futuras investigaciones para mejorar el tiempo de vida útil del producto y desarrollar estrategias de mercadeo que favorezcan su posicionamiento en el mercado.

RECOMENDACIONES

Para continuar con la investigación, se recomienda ampliar la evaluación sensorial, incorporando un panel de consumidores más grande y diverso, lo que permitirá obtener resultados más representativos y ajustados a las preferencias del mercado. Además, sería importante realizar estudios sobre la vida útil del ketchup de banana, evaluando su estabilidad en diferentes condiciones de almacenamiento para garantizar su calidad a lo largo del tiempo.

Por otro lado, sería interesante explorar nuevos mercados, evaluando la viabilidad de la comercialización en mercados internacionales. En términos de nutrición, se podría profundizar en el análisis de las propiedades nutricionales del ketchup de banana para resaltar sus beneficios saludables.

Finalmente, se sugiere continuar con la innovación en la formulación, incorporando ingredientes funcionales como probióticos o antioxidantes para aumentar el valor nutricional y atraer a un público más amplio.

BIBLIOGRAFÍA

Aguilera, N., & Zapata, L. (2022). *Kétchup. Calidad Nutricional de los Ketchup*. <https://www.odecu.cl/wp-content/uploads/2020/02/Informe-Estudio-Ketchup.pdf>

Alimentos MIDA C.A. (2021). *Pure de tomate (Passata) Ficha Técnica*. Alimentos MIDA. <https://www.alimentosmida.com/wp-content/uploads/2022/02/FT-PTA-007-Passata-1.pdf>

Alvarado, M. (2022, 21 junio). El Oro, la provincia que mira nuevos horizontes económicos. *www.vistazo.com*. <https://www.vistazo.com/portafolio/provincia-el-oro-nuevos-sectores-economicos-desarrollo-EB2012530>

Baliga, M. S., & Jain, A. (2020). Spice science: Bioactive compounds in pepper and their health benefits. *Journal of Medicinal Plants Research*, 14(5), 75–88.

Cáceres, P. (2001). *Aprovechamiento de los excedentes de banano de exportación: obtención de un producto tipo aderezo*. <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/4699>

Calapucha, K. (2020). “*ELABORACIÓN DE PASTA DE TOMATE CON LA UTILIZACIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE CHAGUARMISHQUI COMO EDULCORANTE NATURAL*”. DSPACE, ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO. <http://dspace.espoeh.edu.ec/bitstream/123456789/14215/1/27T00443.pdf>

Cantos-Villar, Emma & Ortiz Somovilla, Víctor & Domínguez, Irene & del Río, José. (2023). *Pérdida y Desperdicio de Frutas y Hortalizas Imperfectas*.

Carol, B. (2021). *EFFECTO DE LA EFICIENCIA DE DIFERENTES NUTRIENTES EDIFICOS A DISTINTOS NIVELES DE FERTILIZANTES EN EL CULTIVO DE BANANO*. CIA UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR [Trabajo de Titulación]. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/BONILLA%20PLUAS%20CAROL%20JOEL.pdf>

Cedeño, G. (2020). *Banano, plátano y otras musáceas – Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias*. <https://www.iniap.gob.ec/banano-platano-y-otras-musaceas/>

Chevez, H. (2020). "CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL BANANO MAQUEÑO RED DACCA (*Mussa acuminata*). Repositorio de la Universidad de Quevedo [Trabajo de Titulación]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/44a60047-2b23-4a27-b9d2-d99b5245ce6a/content>

Crespo, J. (2023). *Industria bananera se congrega en El Oro en el Machala Banana Time*. DIARIO CORREO. <https://diariocorreo.com.ec/85206/ciudad/industria-bananera-se-congrega-en-el-oro-en-el-machala-banana-ti-me#:~:text=El%20Oro%20cuenta%20con%204,de%20Agricultura%20y%20Ganader%C3%ADa%2C%20MAG>.

Curioso Valera, B. J. (2022). Obtención innovada del vinagre de manzana delicia (*malus domestica-red delicious*) por fermentación alcohólica (*saccharomyces cerevisiae*) seguido de una oxidación por acetobacter a nivel piloto para unidades familiares.

Drusas, A. E., & Saravacos, G. D. (1985). Thermal conductivity of tomato paste. *Journal of Food Engineering*, 4(3), 157-168. [https://doi.org/10.1016/0260-8774\(85\)90001-9](https://doi.org/10.1016/0260-8774(85)90001-9)Get rights and content

Echarrys, K. J., Ramírez, M., & Alejandra, O. (2002). Evaluación física y química de siete pastas de tomate para la obtención de salsa tipo ketchup. *Agronomía Tropical*, 52(3), 363-374.

Fedossova, A. Buitrago, O. Y. y Britto, R. A. (2011). Introducción a la programación lineal con aplicaciones en administración de operaciones: (1 ed.). Bogotá, Colegio de Estudios Superiores de Administración - CESA. <https://elibro.net/es/ereader/utmachala/222425?page=47>.

Galan, V., Rangel, A., Lopez, J., Bernardo, J., & Hernandez, P. (2018). Propagación del banano : técnicas tradicionales , nuevas tecnologías e innovaciones Banana propagation : traditional techniques . 22. <https://www.scielo.br/pdf/rbf/v40n4/0100-2945-rbf-40-4-e-574.pdf>

García, E., & Fernandez, I. (2012). *Determinación de proteínas de un alimento por el método Kjeldahl. Valoración con un ácido fuerte*. Riunet Universitat Politècnica de València

cia.

<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/16338/determinaci%C3%B3n%20de%20proteinas.pdf?sequence=1>

Gil, Javier & Clopatosky, Stephany & Roa Guerrero, Edgar. (2024). Tecnologías innovadoras para el manejo de frutales, énfasis en caducifolios, aguacate y frutas tropicales. *Revista Ciencia y Tecnología El Higo*. 14. 173-201. 10.5377/elhigo.v14i1.17977.

Gómez, G., Jurado, Y., & Arcilia, M. (2002). Comportamiento físico, químico y organoléptico de frutos de plátano Dominico-Hartón sometidos a diferentes sistemas de almacenamiento y tipos de empaques en el Quindío. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/16757>

Hernández, G. (2019). *Efecto del calentamiento en microondas usando lógica difusa para la predicción de la transferencia de calor en distintos alimentos*. Repositorio Universidad Nacional Autónoma de México [Trabajo de Tesis]. <https://ru.dgb.unam.mx/bitstream/20.500.14330/TES01000789119/3/0789119.pdf>

Ibarz, A. (2008). Operaciones unitarias en la ingeniería de alimentos: (ed.). Madrid, Spain: Mundi-Prensa. Recuperado de <https://elibro.net/es/ereader/utmachala/35857?page=341>.

Lachos Pintado, E. Y., & Lopez Perez, L. A. (2022). Actividad antibacteriana in vitro del aceite esencial de *Origanum vulgare* L.(Orégano) sobre *Staphylococcus aureus* ATCC 25923.

León Ajila, J. P., Espinosa Aguilar, M. A., Carvajal Romero, H. R., & Quezada Campo-verde, J. (2023). Análisis de la producción y comercialización de banano en la provincia de El Oro en el periodo 2018-2022. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(1), 7494-7507. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.4981

Ma, L., Liang, C., Cui, Y., Du, H., Liu, H., Zhu, L., Yu, Y., Lu, C., Benjakul, S., Brennan, C., & Brennan, M. A. (2022). Prediction of banana maturity based on the sweetness and color values of different segments during ripening. *Current Research in Food Science*, 5, 1808–1817. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2022.08.024>

Martínez-Solórzano, G. E., & Rey-Brina, J. C. (2021). Bananos (Musa AAA): Importancia, producción y comercio en tiempos de Covid-19. *Agronomía Mesoamericana*, 1034-1046. <https://doi.org/10.15517/am.v32i3.43610>

Masiá, A. (2020). *Introducción a la programación lineal y entera: métodos del Simplex y de B&B*. Diposit Universitat de Barcelona [Treball Final de Grau]. <https://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/178481/1/178481.pdf>

Méndez, N. (2024). “*EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE TOMATE RIÑÓN (Solanum lycopersicum L.) BAJO APLICACIONES DE MELAZA EN CHALTURA, ECUADOR*”. Repositorio de la Universidad Técnica del Norte [Trabajo de Titulación]. <https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/16324/2/03%20AGP%20437%20TRA%20BAJO%20DE%20GRADO.pdf>

Millán, L., & B, H. (2005). Caracterización mecánica y físico-química del banano tipo exportación (Cavendish Valery). *Revista Lasallista*, 58(2). <https://repository.unilasallista.edu.co/server/api/core/bitstreams/71b28416-02a1-4a4e-9622-112568ab0822/content>

Mwape, M.C.; Parmar, A.; Roman, F.; Azouma, Y.O.; Emmambux, N.M.; Hensel, O. (2023). Determination and Modeling of Proximate and Thermal Properties of De-Watered Cassava Mash (*Manihot esculenta* Crantz) and Gari (Gelatinized cassava mash) Traditionally Processed (In Situ) in Togo. *Energies* 16, 6836. <https://doi.org/10.3390/en16196836>

NTE INEN 1 026:2010. Salsa de Tomate. Requisitos. Norma Técnica Ecuatoriana. <https://es.scribd.com/document/639498555/SALSA-DE-TOMATE-REQUISITOS>

Ñañez, D. (2020). *Caracterización Morfológica Musa X Paradisiaca*. Scribd. <https://es.scribd.com/document/496576678/Caracterizacion-Morfologica-Musa-x-Paradisiaca-1>

Ortega, J. (2010). *Elaboración de Ketchup*. Scribd. <https://www.scribd.com/document/343346792/Ketchup>

Paredes, A. (2024). Banana ketchup: Food memory and forgotten labor across the Filipino homeland/diaspora divide. *Gastronomica: The Journal of Food and Culture*, 24(2), 32-42.

Pineda, J. (2021). *EVALUACIÓN DE DIFERENTES MÉTODOS DE APLICACIÓN DE FUNGICIDAS Y EXTRACTOS BOTÁNICOS PARA EL CONTROL DE PUDRICIÓN DE CORONA DE BANANO*.
<https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/16561/1/TTUACA-2021-IA-DE00027.pdf>

Placencia, S. G. P., Loquias, M. P., Lastomen, S. D. C., Orbeta, M. L. G., Digal, L. N., & Balgos, C. Q. (2023). *Estimating the Demand for Banana Ketchup in Rural and Urban Supermarkets in Davao Region, Philippines*. In *Abstracts from the Mindanao Symposium on the Future of Agrifood Systems*

Raviolo, A., Carabelli, P., & Ekkert, T. (2022). Aprendizaje del concepto de densidad: la comprensión de las relaciones entre las variables.

Salas, H. G. (2017). *Programación lineal aplicada* (2.^a ed.).
<https://www.ecoediciones.com/wp-content/uploads/2017/07/Programaci%C3%B3n-lineal-2ed.pdf>

Serrano, Lady & Sisalima, María & Velásquez, Nicole & Pineda, Yomira. (2020). Ecuador: Análisis comparativo de las Exportaciones de banano orgánico y convencional e incidencia en la Balanza Comercial, 2018. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*. 7. 38-46. 10.26423/rctu.v7i2.521.

Sharoba, A.M., Senge, B., El-Mansy, H.A., Bahol, H.ELM., & Blochwitz, R. (2005). Chemical, sensory and rheological properties of some comercial German and Egyptian tomato ketchups. *Food Res Technology*, 220(1). 142-151. <https://tarjomefa.com/wp-content/uploads/2017/08/7266-English-TarjomeFa-1.pdf>

Suárez, C. (2019). Efecto de hongos micorrízicos *Bacillus Spp* y fosforo en el desarrollo vegetativo de banano (*Musa paradisiaca*) variedad Williams en el cantón Valencia, provincia de Los Ríos. Tesis de grado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Los Ríos. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/3269>

Tigasi, C. (2017). Cultivo de alta densidad en banano (*Musa paradisíaca* Var. Cavendish). Tesis de grado, Universidad Técnica de Cotopaxi, La Maná. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/4119/1/UTC-PIM000084.pdf>

Tinoco, J. (2023). *EVALUACIÓN DEL EFECTO DE HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES (HMA) SOBRE LA ABSORCIÓN DE NUTRIENTES Y DESARROLLO VEGETATIVO EN EL CULTIVO DE BANANO CAVENDISH*. Repositorio de la Universidad Técnica de Machala [Trabajo de Titulación]. https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/22742/1/Trabajo_Titulacion_2795.pdf

Vasudevan, R., & Parthasarathy, V. A. (2008). *Cumin*. In Parthasarathy, V. A., Chempakam, B., & Zachariah, T. J. (Eds.), *Chemistry of Spices* (pp. 164-183). CABI.

Zegarra, G. (2014). *PROPIEDADES TÉRMICAS DE LOS ALIMENTOS – BALANCE DE MASAY OTRAS VARIABLES EN LA INDUSTRIA FRUTICOLA – FACTORES QUE INFLUYEN EN LA EVALUACION SENSORIAL DE LOS ALIMENTOS*. Repositorio Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa [Trabajo de Titulación]. <https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/8320a4b3-16b5-4efe-a01b-c3aca527dff4/content>

Zhiminaicela Cabrera, J. B., Quevedo Guerrero, J. N., & García Batista, R. M. (2020). La producción de banano en la Provincial de El Oro y su impacto en la agrobiodiversidad. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 3(3), 189-195

ANEXOS

Anexo 1. Escala hedónica en la evaluación sensorial

Color

1	Muy palido
2	Pálido
3	Aceptable
4	Atractivo
5	Muy atractivo

Textura

1	Muy liquida
2	Líquida
3	Aceptable
4	Espesa
5	Muy espesa

Acidez

1	Muy baja
2	Baja
3	Aceptable
4	Alta
5	Muy alta

Balance de sabor

1	Muy desequilibrado
2	Desequilibrado
3	Aceptable
4	Bien equilibrado
5	Muy equilibrado

Uniformidad

1	Muy grumosa
2	Grumosa
3	Aceptable
4	Homogénea
5	Muy homogénea

Sabor (Kétchup)

1	Muy suave
2	Suave
3	Aceptable
4	Intenso
5	Muy intenso

Intensidad de Aroma

1	Muy débil
2	Débil
3	Aceptable
4	Fuerte
5	Muy fuerte

Atractivo del aroma

1	Muy desagradable
2	Desagradable
3	Aceptable
4	Atractivo
5	Muy atractivo

Dulzor

1	Muy bajo
2	Bajo
3	Aceptable
4	Alto
5	Muy alto

Aceptación global

1	Muy malo
2	Malo
3	Aceptable
4	Bueno
5	Excelente

Anexo 2. Media de la evaluación sensorial

Promedios	
COLOR	
221	222
1.733	3.533
TEXTURA	
221	222
3.733	3.533
UNIFORMIDAD	
221	222
3.2	3.4
SABOR	
221	222
2.133	3.200
DULZOR	
221	222
3.333	3.600
ACIDEZ	
221	222
2.8	2.8
BALANCE DE SABOR	
221	222
2.8	3.6
INTENSIDAD DE AROMA	
221	222
3.133	3.333
ATRACTIVO DE AROMA	
221	222
3.000	3.733
ACEPTACIÓN GLOBAL	
221	222
3.000	3.867

Anexo 3. Evaluación sensorial



Anexo 4. Determinación de humedad de la muestra



Anexo 5. Elaboración de Kétchup de banana



Anexo 6. Determinación de grasa



Anexo 7. Determinación de Proteínas

Resultados de Análisis Químico de: ANALISIS DE PROTEINA				
Cód. Muestra	No. de Muestra	Identif. de Muestra	%	
			N Total	Proteína
4666	I	SALSA DE BANANO	0.26	1.63

Anexo 8. Determinación de cenizas



Anexo 9. Kéetchup de banano

