UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA

CARRERA DE ALIMENTOS

Tema: Revalorización de tallos de brócoli basado en residuos de exportadoras para el desarrollo de una premezcla de sopa en el marco de la economía circular

---

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

Autor: Marjory Ainhoa Chimbo Chato

Tutor: Dr. Carlos Santiago Moreno Miranda

Ambato – Ecuador

Julio - 2025

APROBACIÓN DEL TUTOR

Dr. Carlos Santiago Moreno Miranda

CERTIFICA:

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

Ambato, 17 de junio de 2025



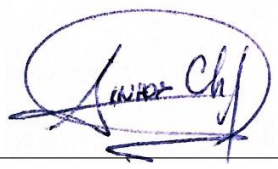
Dr. Carlos Santiago Moreno Miranda

1804285342

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Marjory Ainhoa Chimbo Chato, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Informe Final del Trabajo de Titulación, Opción Proyecto de Investigación, previo a la obtención del título de Ingeniera en Alimentos son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas bibliográficas.



Marjory Ainhoa Chimbo Chato

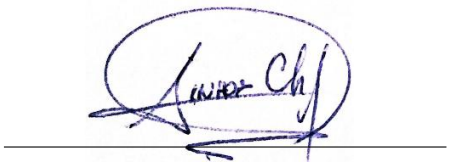
1850162015

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

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

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



Marjory Ainhoa Chimbo Chato

1850162015

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

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

Para constancia firman:

Firmado electrónicamente por:
FREDDY GEOVANNY DEL POZO LEON
Validar únicamente con FirmaEC

Presidente del Tribunal

Firmado electrónicamente por:
JACQUELINE DE LAS MERCEDES ORTIZ ESCOBAR
Validar únicamente con FirmaEC

Dra. Jacqueline de las Mercedes Ortiz Escobar

1802171353

Firmado electrónicamente por:
ANDREA VERONICA DELGADO RAMOS
Validar únicamente con FirmaEC

Mg. Andrea Verónica Delgado Ramos

0401305008

Ambato, 07 de julio de 2025

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi guía constante y fuente de fortaleza en cada paso de este camino.

A mis padres, Borix Chimbo y Alba Chato por su amor incondicional, sacrificios, enseñanzas y paciencia que han sido el cimiento de mi formación personal y profesional.

A mi familia, por su apoyo, comprensión y palabras de aliento en los momentos más desafiantes.

A mis padrinos, Ing, Luis Anda y Lucia Navarrete quienes han sido una segunda guía en mi vida, brindándome siempre su cariño, respaldo, confianza y consejos.

A los ingenieros que compartieron sus conocimientos en el transcurso de esta carrera, por su dedicación, exigencia y compromiso con mi formación académica.

A mis amigos, quienes con su compañía, motivación y amistad sincera hicieron de esta etapa una experiencia inolvidable.

Con profunda gratitud, a todos ustedes les dedico este logro.

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios, por concederme salud, sabiduría y perseverancia durante todo este proceso académico. A mis padres, padrinos y familia por brindarme palabras de aliento, apoyo y respaldo durante este proceso académico. Gracias por tenerme paciencia y motivarme para alcanzar este logro.

A los ingenieros y docentes que formaron parte de mi formación profesional, gracias por su paciencia, exigencia académica y compromiso con nuestra educación. Especialmente, a mi tutor el Dr. Carlos Moreno por guiarme y compartir su conocimiento en este proyecto. Sus enseñanzas permanecerán a lo largo de mi futura vida profesional.

A mis amigos, gracias por acogerme y acompañarme con su alegría, solidaridad y apoyo emocional a lo largo de esta carrera. Su carisma me impulsó a seguir adelante aun cuando quería rendirme.

A todos quienes, de alguna forma, aportaron a la culminación de este proyecto, mi más sincero agradecimiento.

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

APROBACIÓN DEL TUTOR ii

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN iii

DERECHOS DE AUTOR iv

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO v

DEDICATORIA vi

AGRADECIMIENTO vii

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS viii

ÍNDICE DE TABLAS xi

ÍNDICE DE FIGURAS xii

ÍNDICE DE ANEXOS xiii

RESUMEN EJECUTIVO xiv

ABSTRACT xv

1.CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO 1

1.1 Antecedentes Investigativos 1

1.1.1 Justificación 1

1.1.2 Revisión de literatura 1

1.1.2.1 Economía circular en la agroindustria global 1

1.1.2.2 Sostenibilidad en la producción agrícola en diferentes sectores en Ecuador 2

1.1.2.3 Transición a la economía circular en Ecuador en el sector de frutas y hortalizas 3

1.1.2.4 La agroindustria en el Ecuador y la situación de las agroexportadoras de brócoli en Cotopaxi 3

1.1.3 Marco teórico 4

1.1.3.1 Premezcla para sopas o sopa instantánea 4

1.1.3.2 Análisis bromatológicos 8

1.1.3.3 Economía circular 8

1.2 Objetivos 10

1.2.1 Objetivo General 10

1.2.2 Objetivos Específicos 10

2.CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA. 11
2.1 Materiales..... 11
2.2 Métodos 13
2.2.1 Obtener harina de brócoli a partir de tallos, siguiendo un protocolo preestablecido, para su evaluación de caracterización funcional. 13
2.2.1.1 Recuperación de los tallos de brócoli..... 13
2.2.1.2 Análisis fisicoquímicos de los tallos de brócoli 13
2.2.1.3 Elaboración de harina de tallos de brócoli 14
2.2.1.4 Caracterización de funcionalidad de la harina de tallos de brócoli..... 15
2.2.2 Evaluar en términos sensoriales formulaciones de sopas hechas a partir de premezclas que contienen harina de tallos de brócoli como ingrediente principal, considerando criterios como olor, sabor, viscosidad, color y aceptabilidad. 16
2.2.2.1 Formulaciones y elaboración de las premezclas para sopas 16
2.2.2.2 Preparación de la muestra para la cata 17
2.2.2.3 Tabulación de datos 17
2.2.2.4 Análisis físico-químico y bromatológico de la premezcla para sopas 17
2.2.3 Analizar la viabilidad económica y ambiental del uso de los tallos de brócoli como materia prima en la premezcla, dentro de un enfoque de economía circular. 23
2.2.3.1 Estudio de rentabilidad de la producción de la harina de brócoli 23
2.2.3.2 Analizar la viabilidad ambiental 23
3.CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN 24
3.1 Análisis y discusión de los resultados 24
3.1.1 Obtener harina de brócoli a partir de tallos, siguiendo un protocolo preestablecido, para su evaluación de caracterización funcional. 24
3.1.1.1 Recuperación de los tallos de brócoli..... 24
3.1.1.2 Análisis fisicoquímicos de los tallos de brócoli 24
3.1.1.3 Elaboración de harina de tallos de brócoli 25
3.1.1.4 Caracterización de funcionalidad de la harina de tallos de brócoli..... 29
3.1.1 Evaluar en términos sensoriales formulaciones de sopas hechas a partir de premezclas que contienen harina de tallos de brócoli como ingrediente principal, considerando criterios como olor, sabor, viscosidad, color y aceptabilidad. 30
3.1.1.1 Elaboración de la premezcla de sopa o sopa instantánea..... 30
3.1.1.2 Catación de las muestras..... 31
3.1.1.3 Resultados del diseño experimental 32
3.1.1.4 Análisis físico-químico y bromatológico de la premezcla para sopas 37
3.1.2 Analizar la viabilidad económica y ambiental del uso de los tallos de brócoli como materia prima en la premezcla, dentro de un enfoque de economía circular. 39
3.1.2.1 Estudio de costos de la producción de la premezcla para sopas 39

3.1.2.2 Análisis de la viabilidad ambiental 42
4.CAPITULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 44
4.1 Conclusiones 44
4.2 Recomendaciones 44
5.MATERIALES DE REFERENCIA 46
6.ANEXOS 52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición nutricional de la Brassica oleracea var. itálica (Brócoli). 5
Tabla 2. Recursos materiales. 11
Tabla 3. Formulaciones 16
Tabla 4. Análisis físico-químico de los tallos de brócoli provenientes de la exportadora Nintanga. 25
Tabla 5. Caracterización funcional de la harina de tallos de brócoli. 29
Tabla 6. Granulometría de la harina de tallos de brócoli. 30
Tabla 7. Estadística de la influencia de la harina de brócoli en todos los tratamientos. 33
Tabla 8. Estadística de la influencia de la maicena en todos los tratamientos. 34
Tabla 9. Estadística de la influencia de la harina de brócoli y maicena en todos los tratamientos. 36
Tabla 10. Análisis físico-químico de la premezcla para sopas de la formulación C. 37
Tabla 11. Análisis bromatológico de la premezcla para sopas de la formulación C. 39
Tabla 12. Valores estimados para determinar costos de producción. 40
Tabla 13. Valores estimados para el cálculo de ingresos mensuales. 41
Tabla 14. Indicadores de viabilidad económica en la producción de harina de tallos de brócoli. 42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Hacienda Guaytacama de la empresa Nintanga perteneciente a la agroexportadora Provefruit, Cotopaxi-Ecuador. 24
Figura 2. Diagrama de proceso para la obtención de harina de tallos de brócoli 27
Figura 3. Balance de materia de la obtención de harina de tallos de brócoli. 28
Figura 4. Diagrama de flujo de la elaboración de la premezcla para sopas con harina de tallos de brócoli 31
Figura 5. Instrucción a panelistas semientrenados. 32
Figura 6. Diagrama de barras de los niveles de contaminación de un escenario base y el escenario propuesto del proyecto. 43

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Proceso de elaboración de la harina de tallos de brócoli 52
Anexo 2. Programa estadístico utilizado (IBM SPSS stadistics) para la tabulación de datos..... 53
Anexo 3. Tablas generadas por el paquete estadístico IBM SPSS stadistics 53
Anexo 4. Ficha de catación para la evaluación sensorial 54
Anexo 5. Certificado de análisis de laboratorio de LACONAL..... 57

RESUMEN EJECUTIVO

En la presente investigación se planteó la necesidad de revalorizar los subproductos generados por la agroindustria del brócoli en la provincia de Cotopaxi-Ecuador, bajo el enfoque de economía circular. Dado que aproximadamente el noventa por ciento de la producción nacional de brócoli se destina a la exportación, se generan residuos significativos, principalmente tallos, los cuales presentan un alto potencial de aprovechamiento. Estos subproductos fueron transformados en una harina funcional utilizada para formular una premezcla destinada a sopas instantáneas. El proceso tecnológico comprendió análisis fisicoquímicos iniciales, escaldado e inmersión en solución ácida para la inactivación enzimática, seguido de deshidratación, molienda y tamizado. Se diseñaron cinco tratamientos experimentales utilizando un diseño factorial dos a la dos más un testigo, en los que se variaron los porcentajes de maicena y harina de tallo de brócoli. Las características funcionales de la harina obtenida revelaron un índice de absorción de agua elevado y una solubilidad baja, lo cual favoreció la estabilidad de la premezcla. El tratamiento cuatro presentó la mejor aceptación sensorial, destacándose por su sabor, olor, y mayor contenido de fibra dietética y proteína. No obstante, se observó una disminución en la viscosidad y una alteración en el color del producto final debido a la proporción similar de maicena y harina de brócoli. Finalmente, el análisis de viabilidad demostró que el proyecto es factible tanto económica como ambientalmente, generando beneficios económicos en corto plazo y logrando una reducción estimada de ciento cinco toneladas de dióxido de carbono al año.

Palabras clave: Revalorización, economía circular, fibra dietética, premezcla, huella de carbono

ABSTRACT

This research addressed the need to revalue the byproducts generated by the broccoli agroindustry in the province of Cotopaxi, Ecuador, using a circular economy approach. Given that approximately ninety percent of the country's broccoli production is exported, significant waste is generated, primarily stems, which have high potential for recycling. These byproducts were transformed into a functional flour used to formulate a premix for instant soups. The technological process included initial physicochemical analyses, blanching, and immersion in an acid solution for enzyme inactivation, followed by dehydration, milling, and sieving. Five experimental treatments were designed using a two-to-two factorial design plus a control, in which the percentages of cornstarch and broccoli stem flour were varied. The functional characteristics of the resulting flour revealed a high-water absorption rate and low solubility, which favored the stability of the premix. Treatment four presented the best sensory acceptance, standing out for its flavor, aroma, and higher dietary fiber and protein content. However, a decrease in viscosity and a change in the color of the final product were observed due to the similar proportion of cornstarch and broccoli flour. Ultimately, the feasibility analysis demonstrated that the project is both economically and environmentally feasible, generating short-term economic benefits and achieving an estimated reduction of one hundred and five tons of carbon dioxide per year.

Keywords: Revaluation, circular economy, dietary fiber, premix, carbon footprint

CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes Investigativos

1.1.1 Justificación

Según Escobar (2012), la Asociación de Productores Ecuatorianos de Frutas y Legumbres (Aprofel) estima que en Ecuador existen aproximadamente 6.000 hectáreas cultivadas con brócoli, alcanzando un rendimiento promedio de 18 toneladas métricas por hectárea. De esta producción, cerca del 90% se destina a la exportación. No obstante, la actividad exportadora genera subproductos de interés alimentario, como tallos, hojas e inflorescencias, que comúnmente son desechados.

En este contexto, surge la iniciativa de desarrollar un proyecto orientado a la sostenibilidad ambiental, la valorización nutricional y la generación de oportunidades comerciales. Una alternativa viable consiste en la elaboración de una harina a base de tallos de brócoli, con el objetivo de transformarlos en una premezcla apta para la preparación de sopas, cremas o salsas.

El aprovechamiento de los tallos de brócoli permite optimizar el uso de los recursos y reducir las pérdidas dentro de la cadena agroalimentaria, alineándose así con los principios de la economía circular. Esta harina, rica en fibra y nutrientes esenciales, representa un ingrediente funcional que puede enriquecer otros productos alimenticios, aportando beneficios tanto a la salud pública como al medio ambiente (Valenzuela, 2010).

Pese a su elevado valor nutricional, los tallos de brócoli suelen ser subutilizados. Por ello, su transformación en una premezcla no solo contribuye a la sostenibilidad ambiental, sino que también genera beneficios económicos significativos, en particular para los productores y procesadores agrícolas. Esta propuesta responde a la creciente demanda del mercado por alimentos saludables, funcionales y nutritivos, tendencia que continúa ganando fuerza entre los consumidores (International Dynamic Advisors, 2024).

1.1.2 Revisión de literatura

1.1.2.1 Economía circular en la agroindustria global

La generación de residuos por parte de las agroindustrias representa una problemática de escala global, atribuida principalmente a la inadecuada gestión y disposición final de dichos desechos, lo

que conlleva efectos negativos sobre el medio ambiente. No obstante, estos residuos agroindustriales poseen un alto potencial de valorización, ya sea mediante su reutilización en la elaboración de nuevos productos, el aprovechamiento de componentes del producto original o su aplicación en procesos de recuperación ambiental. El creciente interés en su aprovechamiento se fundamenta tanto en los beneficios ambientales como en las oportunidades económicas que ofrecen, promoviendo así un modelo de desarrollo sostenible bajo los principios de la economía circular. Una gestión eficiente de estos subproductos no solo mitiga la contaminación, sino que también permite el uso estratégico de recursos valiosos y la generación de nuevas oportunidades económicas dentro del sector agroindustrial (Vargas & Pérez, 2018).

Aplicación exitosa de la economía circular en México

En el estado de Sinaloa, México, diversas empresas agroexportadoras han adoptado un modelo de economía circular con el objetivo de alcanzar un equilibrio entre el progreso social, económico y ambiental. Un estudio presentado por Valdez & Canobbio (2024) indica que la implementación de dicho modelo ha permitido alcanzar una mejora en la rentabilidad y en la eficiencia del uso de los recursos, consolidando así los beneficios integrales de esta transición hacia una economía más sostenible.

1.1.2.2 Sostenibilidad en la producción agrícola en diferentes sectores en Ecuador

La sostenibilidad en el ámbito agrícola varía de acuerdo con factores como el rendimiento por cultivo, los ciclos de producción, los subproductos generados, el impacto ambiental y los precios de mercado. Los distintos sectores agrícolas en Ecuador buscan incorporar prácticas sostenibles que equilibren las dimensiones social, ambiental y económica de la producción. En el estudio realizado por Moreno & Dries (2022a), se identificó que la mitigación de trade-offs está estrechamente relacionada con variables como la demografía local, la eficiencia en el riego, la diversificación productiva y el manejo adecuado de recursos naturales. En este contexto, la revalorización de subproductos como los tallos de brócoli se presenta como una estrategia viable para disminuir las pérdidas, mejorar la sostenibilidad del cultivo y fomentar la coordinación entre actores de la cadena de valor (productores, procesadores y comercializadores). Esta sinergia permite una mejor optimización de los recursos, reducción de desperdicios y generación de valor agregado en términos económicos, sociales y ambientales (Moreno & Dries, 2022b).

1.1.2.3 Transición a la economía circular en Ecuador en el sector de frutas y hortalizas

Ecuador cuenta con un amplio número de empresas dedicadas al sector de frutas y hortalizas. En los últimos años, estas organizaciones han iniciado procesos de transformación hacia modelos productivos más sostenibles y alineados con los principios de la economía circular. No obstante, esta transición representa un desafío significativo, dadas las implicaciones relacionadas con la huella de carbono, el uso intensivo de energía, y la generación de residuos orgánicos y plásticos. De acuerdo con Moreno & Dries (2024a), los factores que determinan la adopción de prácticas circulares incluyen el control percibido por los actores, la actitud frente al cambio y la presión social. La valorización de residuos a través del intercambio de materiales entre distintas etapas de la cadena agroindustrial se configura como una estrategia eficaz, siempre que exista una actitud proactiva, una percepción favorable del control sobre los procesos y una coordinación efectiva entre las empresas. Según Moreno & Dries (2024b), esta coordinación debe estar respaldada por acuerdos contractuales estratégicos que faciliten la asignación eficiente de recursos y fomenten la colaboración intersectorial, contribuyendo así a sistemas alimentarios más resilientes y sostenibles.

1.1.2.4 La agroindustria en el Ecuador y la situación de las agroexportadoras de brócoli en Cotopaxi

La agroindustria ecuatoriana constituye un componente estratégico para el crecimiento económico del país, particularmente a través de la exportación de alimentos procesados y superalimentos orgánicos hacia mercados internacionales, como la Unión Europea. Dentro de esta industria, cada agroexportadora genera subproductos cuyo destino habitual es el compostaje o su uso como forraje animal. Sin embargo, se han desarrollado iniciativas para revalorizar estos residuos mediante la implementación de proyectos enfocados en la optimización de recursos y la adopción de la economía circular.

Uno de los cultivos con mayor relevancia en el ámbito exportador es el brócoli, con la provincia de Cotopaxi posicionada como principal zona productora a nivel nacional. En esta región se cultivan aproximadamente 2,500 hectáreas de brócoli, con rotaciones de hasta tres ciclos anuales. Esta intensiva producción genera considerables volúmenes de residuos, como los tallos descartados durante el proceso de selección. No obstante, estos tallos presentan un elevado potencial de aprovechamiento en la elaboración de productos alimentarios, como premezclas para sopas, lo cual representa una estrategia efectiva para reducir desperdicios agroindustriales y

fortalecer la economía circular. La incorporación de estos subproductos en nuevos productos puede, además, contribuir a la diversificación del mercado, el incremento de la productividad y el empoderamiento de asociaciones locales. Estas acciones favorecen la generación de empleo, el acceso a nuevos mercados y el fortalecimiento de la sostenibilidad en la cadena agroalimentaria (Moreno et al., 2020).

1.1.3 Marco teórico

1.1.3.1 Premezcla para sopas o sopa instantánea

De acuerdo con la Norma INEN 2602:2011, la sopa instantánea o deshidratada es un producto elaborado a partir de uno o varios ingredientes (como cereales, leguminosas o sus derivados) que han sido sometidos a un tratamiento térmico, además de contener especias, sal, extractos y aditivos permitidos.

Los requisitos bromatológicos para sopas y cremas establecen que la humedad de los ingredientes no debe superar el 8%, y se requiere un contenido mínimo de 8 gramos de nitrógeno total (proteína) para poder declarar la presencia de carne entre sus ingredientes (NTE INEN 2602, 2011).

Este tipo de sopa requiere agua y calor para rehidratar los componentes en polvo, especialmente la leche en polvo, la cual se disuelve lentamente, y la maicena, que necesita hidratarse para espesar la preparación (López & Sánchez, 2011).

Ingredientes

Harina de tallos de brócoli

La elaboración de harina a partir de tallos de brócoli representa una estrategia efectiva para el aprovechamiento de subproductos agrícolas, reduciendo así el desperdicio. Esta harina posee un elevado valor nutricional y se considera un alimento nutracéutico debido a su contenido de sulforafano (V. Pérez, 2013). El proceso de producción implica la recolección, secado y posterior molienda de los tallos, para su incorporación en la premezcla de sopas.

- *Recepción de materia prima*

Brócoli

El brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) es una hortaliza reconocida por su alto contenido nutricional y propiedades medicinales. Contiene vitaminas, minerales, carbohidratos y proteínas, lo que le atribuye beneficios como la prevención de ciertos tipos de cáncer, enfermedades cardiovasculares, obesidad, envejecimiento prematuro, afecciones pulmonares y diabetes. Se

consume en estado fresco, congelado y deshidratado (Morales et al., 2016). Según Maldonado & Pacheco (2003), el contenido de fibra aumenta mediante procesos de deshidratación.

El brócoli contiene mucha fibra, minerales y vitaminas, también es una buena fuente de vitamina C, folatos y potasio que contribuyen al funcionamiento del sistema nervioso y los músculos. Su olor fuerte proviene de una cantidad significativa de azufre en su composición (Huamani, 2021).

Tabla 1.

Composición nutricional de la Brassica oleracea var. itálica (Brócoli).

Macronutrientes	Valor por 100 g	Micronutrientes	Valor por 100 g
Agua	90.3 g	Vitamina C	87 mg
Energía	38 kcal	Tiamina	0.1 mg
Lípidos totales	0.9 g	Riboflavina	0.06 mg
Ácidos grasos saturados	0.2 g	Niacina	1.7 mg
Ácidos grasos polinsaturados	0.5 g	Folatos	90 ug
Carbohidratos	1.8 g	Vitamina A	69 ug
Fibra	2.6 g	Vitamina E	1.3 ug
Calcio	56 mg	Vitamina K	92.5 mcg
Hierro	1.7 mg		
Magnesio	22 mg		
Fósforo	87 mg		
Potasio	370 mg		
Sodio	8 mg		

Fuente: (Huamani, 2021).

Para su procesamiento, el brócoli debe encontrarse en condiciones adecuadas, aunque estas pueden variar según el tipo de suelo; sin embargo, sus propiedades fisicoquímicas suelen presentar una humedad relativa entre el 85% y el 95%, y un pH óptimo de entre 6,0 y 6,8 (Valencia et al., 2020).

- *Proceso de pre-cocción*

El proceso de pre-cocción se emplea para prevenir el pardeamiento de la materia prima antes del secado. Entre los métodos utilizados se encuentran el baño de salmuera y el acidificado, este último ideal para preservar vitaminas como la A y C. Consiste en sumergir los alimentos en soluciones acuosas con ácidos como el ascórbico, cítrico o jugo de limón (Quizama & Ciccioli, 2016). Otra alternativa común es el escaldado térmico, aplicado a temperaturas específicas por periodos

breves.

- *Secado*

El secado es una técnica de conservación que consiste en la eliminación de agua mediante aire caliente bajo condiciones controladas de presión, temperatura y tiempo, lo que reduce la proliferación microbiana y prolonga la vida útil del alimento (Cano et al., 2014). Uno de los equipos más utilizados a nivel semi-industrial es el deshidratador de bandejas por convección.

Deshidratador de bandejas por convección

El secador de bandejas es un equipo totalmente cerrado tiene forma rectangular o cuadrada y bandejas de 10 a 100 mm de profundidad, fabricadas con materiales resistentes a la corrosión y al calor. Las bandejas pueden ser perforadas, para incrementar el área de secado, o metálicas, para una mejor conducción térmica. El aire caliente circula mediante ventiladores centrífugos o de hélice, y el calor se transmite de forma directa (gas caliente) o indirecta (bases calefactadas) (Ruiz, 2016).

- *Molienda*

La molienda consiste en la reducción del tamaño de las partículas de un sólido mediante fuerzas mecánicas. Los parámetros críticos del proceso son la finura (más finura=más consumo de energía), homogeneidad (más homogéneo=Menos consumo de energía), dureza (más duro=más consumo de energía o demasiado blandas=desperdicio de energía), higroscopía (formación de lodo), termolabilidad y electrostatividad (puede ocasionar explosiones) (V. Pérez, 2013).

- *Pruebas de funcionalidad de la harina*

Las propiedades funcionales de las harinas determinan su aplicabilidad y requisitos de almacenamiento, siendo fundamentales para su incorporación en productos alimentarios (Dussán et al., 2019).

Índice de solubilidad de agua (ISA)

El ISA indica la capacidad del sólido de disolverse en agua y refleja la degradación de estructuras moleculares y la presencia de polisacáridos solubles (Huamani et al., 2020; López, 2012).

Índice de absorción de agua (IAA)

El IAA mide la cantidad de agua que un material puede absorber. Disminuye con temperaturas altas por la descomposición del almidón, pero aumenta con mayor presencia de grupos hidrofílicos

o cadenas poliméricas intactas (Huamani et al., 2020).

Granulometría

La granulometría es la determinación del tamaño de partículas medidas por tamices con escala numérica en MESH (aberturas por pulgada cuadrada o milímetros cuadrados), de tal manera que a mayor número el tamaño de partícula es menor y viceversa. Es esencial para estandarizar la materia prima, cumplir con parámetros técnicos y legales, y optimizar procesos productivos (Dussán et al., 2019).

Maicena

La maicena es un almidón Tipo A compuesto por amilosa (lineal) y amilopectina (altamente ramificada), proveniente del maíz. Este almidón posee estructuras helicoidales características de los cereales. Es una fuente energética fundamental y se utiliza ampliamente como espesante en la industria alimentaria (Trejo et al., 2024).

Durante la cocción, a temperaturas de entre 55 y 80 °C, los hidratos de carbono presentes en la maicena absorben agua, se hinchan y forman una dispersión viscosa que mejora las propiedades reológicas de las sopas (Gonzalez, 2020).

Leche descremada en polvo

Obtenida a partir del secado de leche descremada líquida, esta leche en polvo tiene un bajo contenido de grasa y un alto nivel de proteínas desnaturalizadas, además de ser rica en calcio y vitamina A. También aporta viscosidad y textura cremosa al producto final (Orellana, 2009; Gonzalez, 2020).

Sal

La sal es un cristal blanco, higroscópico, soluble en agua, inodoro y homogéneo, compuesto por cloro (60%) y sodio (40%) (Macías et al., 2011). Además de realzar el sabor, puede actuar como conservante.

Azúcar

La sacarosa, un disacárido derivado de la caña o remolacha, se utiliza como fuente de energía rápida, especialmente para el sistema nervioso y muscular. Aunque su ingesta excesiva puede ser perjudicial, su uso en la industria alimentaria está enfocado en mejorar el sabor y conservar productos (Centro Ecuatoriano de Eficiencia de Recursos & Steward redqueen, 2022; Godoy et al., 2015).

Especias

Las especias en polvo mejoran el sabor y calidad nutricional del producto final. Se seleccionan de acuerdo con el perfil de sabor deseado, siendo comunes la cebolla, ajo, cilantro y saborizantes (Aguilar, 2020).

Glutamato monosódico

El glutamato monosódico es un potenciador del sabor ampliamente utilizado en alimentos procesados. Derivado del aminoácido L-glutamato, proporciona el sabor umami, caracterizado como "delicioso" o "sabroso (Aza & Restrepo, 2012).

1.1.3.2 Análisis bromatológicos

La bromatología es la ciencia que estudia los alimentos mediante análisis químicos, físicos e higiénicos, así como aspectos relacionados con su conservación y tratamiento (Salazar, 2013).

Proteínas

Las proteínas son macromoléculas esenciales para el organismo, compuestas por carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno. Durante el secado, muchas proteínas se desnaturalizan a temperaturas superiores a 50 °C, lo que favorece su digestibilidad (Pennacchiotti, 1998).

Grasas

Los lípidos son moléculas insolubles en agua que cumplen funciones estructurales y metabólicas. Además, facilitan la absorción de vitaminas liposolubles como A, D, E y K (Ropero, 2017).

Fibra

La fibra está compuesta por carbohidratos estructurales que forman las paredes celulares. Es indispensable para el buen funcionamiento del sistema digestivo, especialmente en animales rumiantes (Fernández, 2012).

Consumo de fibra

La fibra dietética, presente en frutas, hortalizas, cereales y legumbres, es esencial para la salud humana. Su clasificación en soluble e insoluble permite regular el tránsito intestinal, controlar el colesterol y aumentar la sensación de saciedad. En la industria alimentaria, mejora las propiedades funcionales de los productos enriquecidos (Matos & Chambilla, 1984).

1.1.3.3 Economía circular

La economía circular es un modelo de desarrollo que busca sustituir el paradigma lineal tradicional por sistemas regenerativos y sostenibles, orientados a preservar el capital natural, optimizar el uso de recursos y prevenir impactos ambientales adversos. Este enfoque promueve la reducción de residuos, el ecodiseño y la adopción de nuevos modelos de negocio que favorezcan la

sostenibilidad económica y ambiental (Cerdá & Khalilova, 2015).

Viabilidad Económica

Dentro del marco de la economía circular, la viabilidad económica representa un eje fundamental al evaluar proyectos de valorización de residuos o de mejora de procesos productivos. Este análisis permite determinar si los beneficios y rentabilidades generadas son suficientes para justificar la inversión inicial. La evaluación económica se sustenta en un estudio detallado de costos, el cual proporciona las bases para estimar los flujos de caja y establecer indicadores financieros clave (Ministerio de Trabajo y Economía Social, 2024).

Estudio de costos

Es análisis de costos debe estructurarse considerando las diferentes áreas funcionales del negocio. Para ello, es esencial diferenciar entre costos, gastos y pérdidas, utilizando herramientas contables específicas y fórmulas estandarizadas. Esta clasificación permite evaluar el impacto económico de cada componente del proceso productivo, y constituye una base esencial para la toma de decisiones gerenciales orientadas a la sostenibilidad y rentabilidad de los proyectos (Sánchez, 2009).

Viabilidad Ambiental

La evaluación de viabilidad ambiental tiene como propósito garantizar que los proyectos se desarrollen en armonía con el entorno, minimizando los impactos ecológicos negativos. Este análisis integra el desempeño histórico de la organización en materia ambiental y sugiere estrategias para conciliar el progreso productivo con la conservación de los ecosistemas (Corzo de Rodríguez & Chirinos, 2019).

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Revalorizar los tallos de brócoli basados en residuos de exportadoras desarrollando una premezcla para sopas, evaluando sus propiedades sensoriales y su viabilidad dentro de un enfoque de economía circular.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Obtener harina de brócoli a partir de tallos, siguiendo un protocolo preestablecido, para su evaluación de caracterización funcional.
- Evaluar en términos sensoriales formulaciones de sopas hechas a partir de premezclas que contienen harina de tallos de brócoli como ingrediente principal, considerando criterios como olor, sabor, apariencia, color y aceptabilidad.
- Analizar la viabilidad económica y ambiental del uso de los tallos de brócoli como materia prima en la premezcla, dentro de un enfoque de economía circular.

CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA.

2.1 Materiales

El presente trabajo de titulación tuvo un enfoque experimental y se desarrolló en los laboratorios académicos y laboratorio de la Unidad Operativa de Investigación y Desarrollo (UODIDE) de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato. En la siguiente tabla se detallan los reactivos, materiales fungibles y equipos empleados a lo largo de la investigación.

Tabla 2.

Recursos materiales.

Material	Cantidad
Material Vegetal	
Tallos de brócoli (*Brassica oleracea var. itálica*)	13.8 kg
Reactivos	
Agua Destilada	
Hidróxido de sodio 1 N	
Ácido Cítrico	
Ácido sulfúrico 1N	
Catalizador	
Peróxido de hidrógeno	
Hidróxido de sodio 10 N	
Solución de ácido bórico (4% p/v)	
Rojo de metilo	
Azul de metileno.	
Éter anhidro	
Arena purificada (tamaño de grano 0.1 y 0.3 mm)	
Algodón hidrófilo	
Asbesto preparado	
Material Fungible	
Agitador de vidrio	1
Mortero	2

Vaso de precipitación (250 ml)	3
Cuchillo	1
Bureta (50ml)	1
Pipeta (50 ml)	1
Termómetro (Capacidad de hasta 150 °C)	1
Colador	1
Tubo de mineralización	1
Pincel	1
Dedal de Soxhlet	1
Espátula de acero inoxidable	1
Balón de precipitación de 600 ml	1
Tela de tejido fino	100 cm
Erlenmeyer (1 L)	1
Rollo de papel industrial	1
Embudo	1
Crisol de Gooch	2
Tubo de centrífuga (60 ml)	4
Placa de evaporación	1
Tamices (50, 70, 100, 140 y 200 MESH), tapa y plato de fondo	7
Aluminio	1
Malla 36	1
Bolsas verticales de polietileno	5
Bowl	3
Ollas	2
Cucharas	4
Equipos	
Ph-metro (Precisión de al menos 0.05 unidades de pH)	1
Balanza Analítica (capacidad de pesar con aproximación de 0.001g)	1
Agitador	1
Analizador de Humedad	1
Balanza (capacidad de pesar con aproximación de 0.1 g)	1

Secador de bandejas	1
Molino de martillos	1
Estufa con regulador de temperatura	1
Desecador	1
Aparato Soxhlet	1
Plancha de calentamiento	1
Guantes para calor	1
Mufla	1
Aparato de digestión	1
Medidor de actividad de agua	1
Centrífuga	1
Aparato de Vibración	1
Mezclador	1
Cocina	1

2.2 Métodos

2.2.1 Obtener harina de brócoli a partir de tallos, siguiendo un protocolo preestablecido, para su evaluación de caracterización funcional.

2.2.1.1 Recuperación de los tallos de brócoli

Los tallos de brócoli fueron obtenidos de la hacienda "Guaytacama" (0°49'38.6"S 78°37'20.4"W) en Cotopaxi perteneciente a la exportadora Provefruit, dedicado exclusivamente a la producción de brócoli para exportación. La recolección se realizó al medio día, 4 días después de la cosecha de las inflorescencias. Se controló la calidad de la materia prima mediante análisis visual y físico-químicos.

2.2.1.2 Análisis fisicoquímicos de los tallos de brócoli

Medición de pH

El pH se determinó con un ph-metro mediante la metodología establecida en la Norma INEN-ISO 1842:2013, donde la muestra fue cortada en trozos pequeños y cocinada por 30 minutos con tres veces su masa en agua destilada mezclándolo de vez en cuando con un agitador de vidrio, para luego triturarlo en un mezclador o mortero. Una vez obtenida la muestra se sumergió los electrodos

y se tomó las medidas de pH por duplicado.

Medición de acidez

La acidez fue medida mediante una titulación con NaOH al 0.1 M según lo determina la Norma NTE INEN-ISO 750:2013, donde la muestra fue licuada previo a la preparación de la muestra para que se considere un producto líquido. Preparada la muestra se usó el método potenciométrico en el cual se tomó 50 ml de la misma con ayuda de una pipeta y se llevó a un vaso de precipitación en un agitador, una vez encendido el equipo y se añadió poco a poco la solución de hidróxido hasta llegar a un pH de 7, a continuación, se tomó el volumen de solución gastada.

Obtenido los volúmenes gastados de la solución de hidróxido se utilizó la ecuación del trabajo de Solís, Pedreschi & Villar (2017) para determinar el porcentaje de acidez titulable en base al ácido predominante del brócoli:

$$\boldsymbol{A = \frac{(V_1 * N_1 * M) * 100}{V_2}}$$

[EC. 1]

En donde:

A: porcentaje de acidez

V_1: mL de NaOH usados para la titulación de la alícuota

N_1: normalidad de la solución de NaOH

M: peso molecular del ácido considerado como referencia (ácido cítrico=0.064)

V_2: volumen de la alícuota tomada para el análisis en mL

Medición de Humedad

La determinación de la humedad se hizo mediante el uso de un analizador de humedad halógeno, en el cual se cortó el tallo en pedazos pequeños y uniformes antes de ingresarlo al equipo. El equipo indicó paso a paso el proceso de su uso, por lo que no debía tener ningún tipo de peso extra al iniciar el proceso para evitar errores en el resultado. La humedad resultante estuvo presentada en porcentaje (VIRESA, 2021).

2.2.1.3 Elaboración de harina de tallos de brócoli

Recepción de materia prima

El brócoli debía estar en condiciones adecuadas para poder procesarla, las condiciones generales suelen ser diversas por el tipo de suelo donde se producen, no obstante, por lo general sus características fico-químicas no varían de una humedad de entre 95-85% y se desarrollan adecuadamente en un pH de 6 a 6.8 (Valencia et al., 2020).

Proceso de Pre-cocción

Se pesó los tallos brócoli y cortaron en rodajas de aproximadamente 0.5 cm de espesor. Las rodajas se escaldaron a 80°C por 3 minutos según el tratamiento indicado por Torres (1999), posteriormente se sumergieron las rodajas en una solución de ácido cítrico al 0.01% por 1 minuto para una mejor inactivación de enzimas según lo indicado por (Maldonado & Pacheco, 2003).

Proceso de secado

El secado se realizó en un deshidratador por convección a la temperatura recomendada por el estudio de , en donde el deshidratado fue a 70°C hasta alcanzar la humedad necesaria para la molienda.

Molienda

El brócoli deshidratado se molió en un molino y tamizó con un colador para eliminar impurezas.

2.2.1.4 Caracterización de funcionalidad de la harina de tallos de brócoli

Índice de Solubilidad en agua (ISA) y Absorción de agua (IAA)

Se usó la metodología utilizada por Campas et al. (2009) la muestra de 2.5g se suspendió en 30 ml de agua destilada en un tubo de centrífuga de 60ml tarado, la suspensión se homogenizó con un agitador de vidrio a 25°C por 1 min y se centrifugó por 10 min. El sobrenadante se separó y pesó en una placa de evaporación tarada.

El IAA fue calculado con el peso del gel restante expresado en gel/g de sólido (materia seca).

El ISA se expresó como ‘g de sólidos/g de sólidos originales’, haciendo uso del peso de sólidos secos recuperados al evaporar el sobrenadante a 110°C por 12 horas.

Granulometría

La granulometría se calculó mediante el proceso de la Norma NTE INEN ISO 517:2012 donde los

tamices seleccionados fueron colocados de forma decreciente de arriba hacia abajo de tal manera que el de mayor abertura estará en la parte superior y la de menor en el fondo, además de haber un plato sin aberturas al final. Se pesó 100g de harina a analizar y fue colocada en el tamiz superior, antes colocar la tapa. Se fijaron los tamices en un aparato de vibración por 5 minutos. Una vez terminado se pasó suavemente el pincel por cada tamiz empezando por el superior y finalmente se pesó las muestras retenidas en cada tamiz.

El número de tamices no está establecido de manera estándar en alguna norma, sin embargo, se usaron tamices proporcionadas por el laboratorio de 50, 80, 100, 150 y 200 MESH.

2.2.2 Evaluar en términos sensoriales formulaciones de sopas hechas a partir de premezclas que contienen harina de tallos de brócoli como ingrediente principal, considerando criterios como olor, sabor, viscosidad, color y aceptabilidad.

2.2.2.1 Formulaciones y elaboración de las premezclas para sopas

Ingredientes

Para la elaboración de las premezclas para sopas a base de harina de tallos de brócoli se usó ingredientes con base en los estudios de Loor et al. (2011) y Chavan et al. (2015) variando los porcentajes de harina de tallos de brócoli y maicena.

Formulaciones

Tabla 3.

Formulaciones

Formulaciones	**Ingredientes**	
	% H. brócoli	% Maicena
A	45	20
B	35	40
C	45	40
D	35	20

Fuente: Elaboración propia

Elaboración de la premezcla de sopa o sopa instantánea.

La elaboración de sopa instantánea se basó en el proceso de Chavan et al. (2015), donde se pesaron

y mezclaron los ingredientes secos en una mezcladora por 5 min, luego fueron filtrados a través de una malla 36 para evitar grumos indeseados y la mezcla se envasó en bolsas aluminizadas verticales a temperatura ambiente.

2.2.2.2 Preparación de la muestra para la cata

La muestra para la cata se preparó en base a el trabajo de Chavan et al. (2015), se mezclaron 50g de la premezcla de sopa en polvo en 1 litro de agua y se hirvió por 3 min. La sopa será servida a 70°C a 20 panelistas semientrenados que evaluarán la sopa en apariencia, olor, viscosidad, sabor y aceptabilidad. La evaluación del producto final se medirá con una escala hedónica de 5 puntos donde 1=me disgusta, 2= me disgusta poco, 3= Ni me gusta ni me disgusta, 4=me gusta poco y 5= me gusta mucho.

2.2.2.3 Tabulación de datos

Diseño experimental

El diseño factorial que se usó fue el 2^2+1 (1=control: premezcla de marca comercial) para analizar las características sensoriales (olor, sabor, viscosidad y color) y aceptabilidad de las premezclas para sopa implementando las 4 formulaciones donde varían los porcentajes de harina de brócoli y maicena. Los resultados fueron analizados mediante una prueba estadística no paramétrica de Friedman y una prueba de comparación múltiple de Kruskal-Wallis usando el paquete estadístico IBM SPSS stadistics.

Primera Hipótesis nula (H0): El porcentaje de harina de tallos de brócoli no afecta los criterios sensoriales de la premezcla.

Segunda Hipótesis nula (H0): El porcentaje de maicena no afecta los criterios sensoriales de la premezcla.

Tercera Hipótesis nula (H0): La combinación de la harina de tallos brócoli y maicena no afecta los criterios sensoriales de la premezcla.

2.2.2.4 Análisis físico-químico y bromatológico de la premezcla para sopas

El tratamiento que tuvo mayor desempeño sensorial fue analizado en aspectos físico-químicos y bromatológicos.

Determinación de proteínas

El contenido de proteínas fue calculado por el método de Kjeldahl el cual consta de tres etapas:

- Digestión

Se introdujo 1 g de muestra homogenizada en un tubo Kjeldahl junto con tabletas Kjeldahl (mezcla de K2SO4 : CuSO4). Después se añadieron 15 mL de H2SO4 al 98%. Luego el tubo fue colocado en un digestor por 1 hora obteniéndose una disolución de color verde esmeralda característico. En esta etapa, el nitrógeno proteico es transformado en sulfato de amonio por acción del ácido sulfúrico en caliente.

- Destilación

Después se dejó enfriar el tubo y se adicionó 70 ml de agua destilada, posteriormente se lo colocó en el soporte del destilador y se agregó una cantidad de aproximadamente 50ml de hidróxido de sodio 10N para alcalinizar fuertemente el medio y así desplazar el amoniaco de las sales amónicas. El amoniaco liberado fue arrastrado por el vapor de agua inyectado al destilador y recogido en 30ml de solución de ácido bórico al 4% p/v por 6 minutos.

- Valoración

Mediante una volumetría ácido-base del ión borato formato se utilizó al ácido clorhídrico 0.1N y se tomó el volumen gastado del ácido hasta obtener el color original.

Posteriormente se realizó el cálculo de las proteínas mediante las siguientes ecuaciones:

- Cálculo de porcentaje de nitrógeno

$$\%\boldsymbol{N} = \frac{(\boldsymbol{V_m} - \boldsymbol{V_b}) * \boldsymbol{FN_{HCl}} * \boldsymbol{M}}{\boldsymbol{P_m}} * \mathbf{100}$$

[EC. 2]

En donde:

V_m: Volumen de la muestra

V_b: Volumen del blanco

FN_{HCl}: Factor de normalidad del ácido clorhídrico

M: peso molecular del nitrógeno (14.01 g)

P_m: peso de la muestra analizada

- Cálculo de porcentaje de Proteínas

$$\%\boldsymbol{P} = \%\boldsymbol{N} * \boldsymbol{K}$$

[EC. 3]

En donde:

$\%N$: Porcentaje de nitrógeno

K: Factor de conversión (Productos con factor no determinado= 6.25)

(García & Fernández, 2013)

Determinación de grasas

La determinación de grasas se hizo mediante un proceso gravimétrico con hidrólisis ácida obtenido del trabajo de Pérez (2014) la muestra pesada se colocó en un matraz Erlenmeyer junto con ácido clorhídrico 3N dejándolo digerir por 1 hora, posteriormente, se filtró la solución con agua destilada y papel filtro. Una vez obtenida la grasa en el papel se lo llevó a la estufa y luego a un dedal de celulosa con algodón para realizar la extracción. El dedal y su contenido se colocaron en un extractor de grasa con 50ml de éter de petróleo por 40 minutos en ebullición para la extracción.

Finalizada la extracción se recuperó el disolvente mediante enjuagues en el mismo aparato por 1 hora en un vaso de aluminio pesado antes de empezar el proceso obteniéndose el peso de grasa.

- Cálculo del contenido de grasa en porcentaje

$$\%\boldsymbol{G} = \frac{(\boldsymbol{m_2} - \boldsymbol{m_1})}{\boldsymbol{m}} * \boldsymbol{100}$$

[EC. 4]

En donde:

$\boldsymbol{m_1}$: masa del vaso vacío (g)

$\boldsymbol{m_2}$: masa del vaso con grasa (g)

m: masa de la muestra analizada

Determinación de Fibra dietética

La fibra será obtenida mediante un método gravimétrico-enzimático propuesto por el kit de extracción de fibra de la marca Megazyme utilizando una muestra preparada por medio del proceso anterior (*Determinación de grasas*) desde la colocación de la muestra en el dedal y extrayendo la grasa con el extractor, se pesó dos veces 2 gramos de muestra desengrasada para transferirla a un vaso con 50ml de buffer fosfato cada una, luego se añadió 50µl de enzima α-amilasa (pH=6) y llevó al baño termostato a ebullición-agitación por 30 minutos. Una vez frío se reguló a un pH de 7.5 para colocar 100 µl de proteasa repitiendo el mismo proceso anterior a 60°C por 30 minutos, posteriormente, se reguló el pH a 4-4.6 en frío y se añadió 200µl de amiloglucosidasa con la misma temperatura y tiempo anterior. A la par, se calentó 150ml de alcohol al 96% y se añadió a el vaso caliente después de haberse completado el tiempo en el baño termostato para que precipite por 1 hora. Mientras tanto, se metió en la mufla un crisol de vidrio sinterizado por 1 hora, se pesó, taró y colocó 0.5g de celite y se volvió a colocar en la mufla por 1 hora, transcurrido el tiempo se dejó enfriar y se pesó nuevamente. Luego el residuo de los vasos se transfirió al crisol de vidrio preparado colocándolo en un filtrador con vacío, primeramente, se enjuagaron 3 porciones de 20ml con alcohol al 78%, luego con 2 porciones de alcohol al 98% y finalmente con acetona (5-10ml). Posteriormente, se llevó las muestras a la estufa de vacío a 100°C toda la noche, se enfrió y pesó, un residuo se destinó para ceniza y otro para proteína, el primero se llevó a una mufla a 550°C por 6 horas y el otro se trató con el método de proteína mencionado con anterioridad (*Determinación de proteínas*).

- Cálculos para el contenido de fibra dietética

$$\boldsymbol{SPR} = \frac{(\boldsymbol{USAR}) * (\%\,\boldsymbol{proteina})}{\boldsymbol{100}}$$

[EC. 5]

En donde:

BPR: Residuo de proteína en blanco

USAR: Residuos no corregidos de la muestra, peso obtenido después de exponer la muestra a la mufla a 100°C toda la noche (mg)

% proteina: Porcentaje de proteína obtenido de la segunda muestra separada al final del proceso.

$$\boldsymbol{SAR} = \frac{(\boldsymbol{USAR}) * (\%\ \boldsymbol{ceniza})}{\boldsymbol{100}}$$

[EC. 6]

En donde:

SAR: Residuo de proteína en blanco

% ceniza: Porcentaje de ceniza obtenido de la primera muestra separada al final del proceso.

$$\boldsymbol{CSR} = \boldsymbol{USAR} - \boldsymbol{SPR} - \boldsymbol{SAR} - \boldsymbol{CB}$$

[EC. 7]

En donde:

CSR: Residuo de la muestra corregido

CB: Blanco corregido

$$\%\boldsymbol{TDF} = \frac{\boldsymbol{100} * (\boldsymbol{CSR})}{\boldsymbol{m}}$$

[EC. 8]

En donde:

%TDF: Porcentaje de fibra dietética total

m: Masa de la muestra (mg)

% proteina: Porcentaje de proteína obtenido de la segunda muestra separada al final del proceso.

Determinación de pH

El pH se determinó con un ph-metro mediante la metodología establecida en la Norma INEN-ISO 1842:2013, donde la muestra se homogenizó con una masa equivalente de agua destilada. Una vez obtenida la muestra se sumergió los electrodos y se tomó las medidas de pH por duplicado.

Determinación de Acidez

La acidez fue medida mediante una titulación con NaOH al 0.1 M según lo determina la Norma NTE INEN-ISO 750:2013, donde la muestra fue homogenizada mediante agitación y filtrada. Preparada la muestra se usó el método potenciométrico en el cual se tomó 50 ml de la misma con ayuda de una pipeta y se llevó a un vaso de precipitación en un agitador, encendido el equipo y se añadió poco a poco la solución de hidróxido hasta llegar a un pH de 7, a continuación, se tomó el volumen de solución gastada.

Obtenido los volúmenes gastados de la solución de hidróxido se utilizó la ecuación [EC. 1] para determinar la acidez titulable.

Determinación de Humedad

La determinación de la humedad se llevó a cabo en un analizador de humedad halógeno, en el cual se distribuyó la harina de manera uniforme por todo el plato del equipo antes de comenzar con el proceso. El equipo indicó paso a paso el proceso de su uso, por lo que no debe tener ningún tipo de peso extra al iniciar el proceso para evitar errores en el resultado. La humedad resultante fue presentada en porcentaje (VIRESA, 2021).

Determinación de actividad de agua

La actividad de agua se medió mediante un medidor de actividad de agua AquaLab.

2.2.3 Analizar la viabilidad económica y ambiental del uso de los tallos de brócoli como materia prima en la premezcla, dentro de un enfoque de economía circular.

2.2.3.1 Estudio de rentabilidad de la producción de la harina de brócoli

Se elaboró una proyección económica considerando una empresa agroexportadora ficticia, estimando la inversión inicial, los costos operativos mensuales, la capacidad de producción a escala industrial y una tasa de descuento del 10% para un horizonte de evaluación de tres años. Con base en estos datos, se calcularon indicadores financieros como el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) para determinar la viabilidad económica del proyecto.

2.2.3.2 Analizar la viabilidad ambiental

La evaluación ambiental se abordó mediante un enfoque mixto, utilizando métodos cualitativos y cuantitativos. Se realizó un análisis retrospectivo de la evolución del cultivo de brócoli en Ecuador y su impacto ambiental durante los últimos cinco años. Se aplicó la metodología de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) para garantizar la validez y reproducibilidad de los resultados (Corzo de Rodríguez & Chirinos, 2019). A partir de los datos obtenidos se diseñaron dos escenarios comparativos mediante un diagrama de barras: el primero corresponde a la situación base y el segundo representa el impacto ambiental del proyecto propuesto.

CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis y discusión de los resultados

3.1.1 Obtener harina de brócoli a partir de tallos, siguiendo un protocolo preestablecido, para su evaluación de caracterización funcional.

3.1.1.1 Recuperación de los tallos de brócoli

Los brócolis cultivados por la agroexportadora Provefruit (Figura 1) se cosechan en 12-14 semanas dependiendo la estación y el tipo, cada cultivo se separa en lotes con el fin de controlar adecuadamente el tipo de pesticidas que necesitan añadir para cumplir con la demanda extranjera, la cual se resume en un producto de calidad y con un porcentaje de pesticidas en el producto de exportación del 0%. La producción de brócoli destinado a la exportación es de aproximadamente 22 toneladas por hectárea en promedio, por otro lado, sus residuos no son contabilizados y son utilizados como materia verde o comida de ganado (G. Rivadeneira, comunicación personal, 24 de marzo de 2025).



Figura 1. Hacienda Guaytacama de la empresa Nintanga perteneciente a la agroexportadora Provefruit, Cotopaxi-Ecuador.

3.1.1.2 Análisis fisicoquímicos de los tallos de brócoli

Los tallos recolectados fueron visualmente aceptables por lo que se realizó un análisis fisicoquímico para corroborar el estado de la materia prima. En la Tabla 4 se observó que tanto el pH como la acidez entran en el rango óptimo para el consumo, ya que según McGlynn (2016) el pH del suelo debe ser cercano a 7 para que el cultivo absorba adecuadamente el fósforo, potasio, calcio, magnesio, nitrógeno y otros micronutrientes del suelo, lo que les da a los vegetales un pH

similar al de su entorno, además que se comprueba este valor con el bajo porcentaje de ácido cítrico presente en la muestra. Un vegetal con un pH por debajo de 5.5 en la cosecha podría señalar contaminación por bacterias que afectan la calidad visual y organoléptica del brócoli. De la misma manera, la humedad del brócoli es de 90.96%, la cual entra en los rangos normales de un vegetal fresco (95-85%), una baja humedad demostraría que el brócoli ya no absorbe nutrientes, por lo que no tendría los mismos beneficios que un vegetal fresco.

Tabla 4.

Análisis físico-químico de los tallos de brócoli provenientes de la exportadora Nintanga.

Criterios	Valores
pH	6.79
% Acidez	0.16
% Humedad	90.96

3.1.1.3 Elaboración de harina de tallos de brócoli

En la Figura 2 se presentó en la parte superior los pasos a seguir para receptar los tallos de brócoli, los cuales fueron recepcionados cuatro días después de la cosecha en condiciones aceptables, siendo visualmente sanos y dentro de los parámetros fisicoquímicos requeridos. Se descartaron las raíces y se procedió al lavado con agua corriente para eliminar impurezas físicas. Esta etapa es crítica para asegurar la inocuidad del producto final.

El proceso de pre-cocción se mostró en varias etapas del diagrama de flujo (Figura 2), los tallos fueron laminados con un grosor de 0.5 cm debido a que un corte más grueso no permitiría que el proceso de secado se haga de manera uniforme, prolongando el tiempo de duración del proceso teniendo como resultado pérdida de nutrientes como menciona Maldonado & Pacheco (2003). Luego se pasaron los tallos a dos procesos de inhibición de enzimas, primeramente el escaldado permite que las características organolépticas de los vegetales no se vean afectadas en mayor medida por el proceso de secado, además de que ayuda a mantener de mejor manera nutrientes sensibles como la Vitamina C como se demuestra en el estudio realizado por Vo et al. (2021) donde señala que un escaldado a 80°C por 4 minutos preserva alrededor del 80.6% de la Vitamina C inicial del Capsicum Frutescens L y mantiene el color, olor y textura en el producto final. Por consiguiente, después del escaldado se llevaron las rodajas a una solución de ácido cítrico con el

fin de potenciar la inhibición de enzimas, prevenir la oxidación y proteger los pigmentos, método que también fue utilizado por Salazar de Marcano et al. (2010), en su estudio demostró que la exposición a una solución ácida a una concentración de 0.5% es adecuada para mantener la Vitamina C, A y mantener apropiadamente los pigmentos propios de los vegetales como carotenoides y clorofila.

Las rodajas pretratadas fueron deshidratadas mediante convección a 70 °C por 7 horas, temperatura considerada óptima para el secado de tallos de brócoli, al equilibrar el tiempo de secado con la preservación de las propiedades nutricionales y sensoriales según lo propuesto por Maldonado & Pacheco (2003), a esta temperatura los niveles de humedad decrecen hasta obtener tallos deshidratados adecuados para una molienda eficiente sin comprometer la calidad del producto. En comparación con temperaturas más bajas, como 60°C, el secado a 70°C reduce el tiempo necesario para alcanzar la humedad deseada, optimizando la eficiencia del proceso sin causar un deterioro significativo en las características del producto. Por otro lado, temperaturas superiores a 70°C, como 80°C, pueden acelerar aún más el secado, pero con un mayor riesgo de afectar la calidad sensorial y nutricional.

El producto deshidratado fue molido y tamizado para garantizar la homogeneidad de la harina, eliminando partículas grandes y posibles contaminantes físicos, permitiendo mejorar la homogeneidad del producto y su capacidad para mezclarse con otros ingredientes. Se utilizó empaques de aluminio con cierre hermético, los cuales ofrecen una adecuada protección frente a la humedad, la luz y el oxígeno, factores que deterioran los compuestos bioactivos y las propiedades sensoriales del producto, además de prolongar su vida útil.

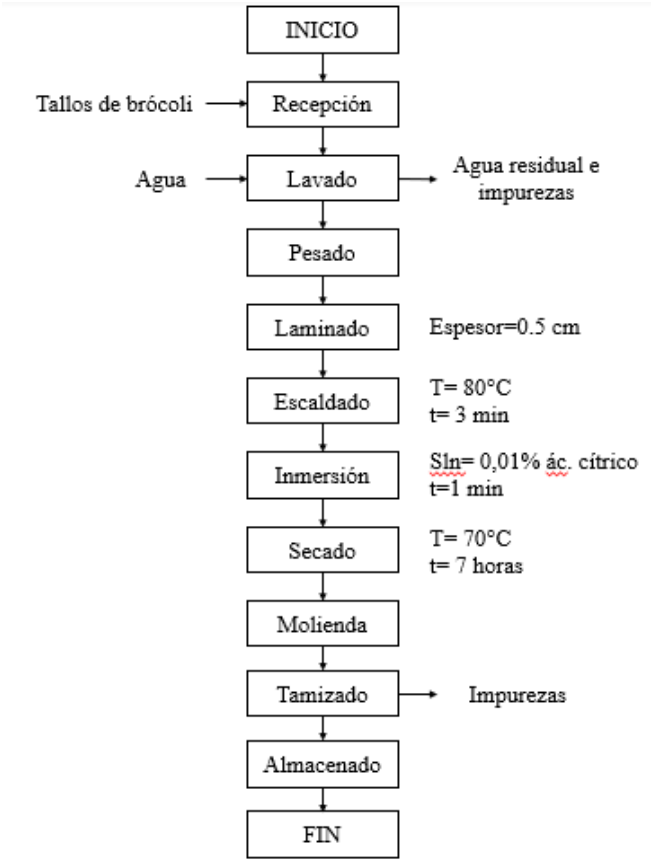


Figura 2. Diagrama de proceso para la obtención de harina de tallos de brócoli.

En la Figura 3 se muestra la variación de la masa en cada etapa del proceso de obtención de harina. Se determinó un rendimiento promedio del 4.12%, lo cual concuerda con el rango del 2 al 5% reportado por Moraflores (2013), quien relaciona esta variabilidad con el contenido de humedad inicial y las condiciones del secado.

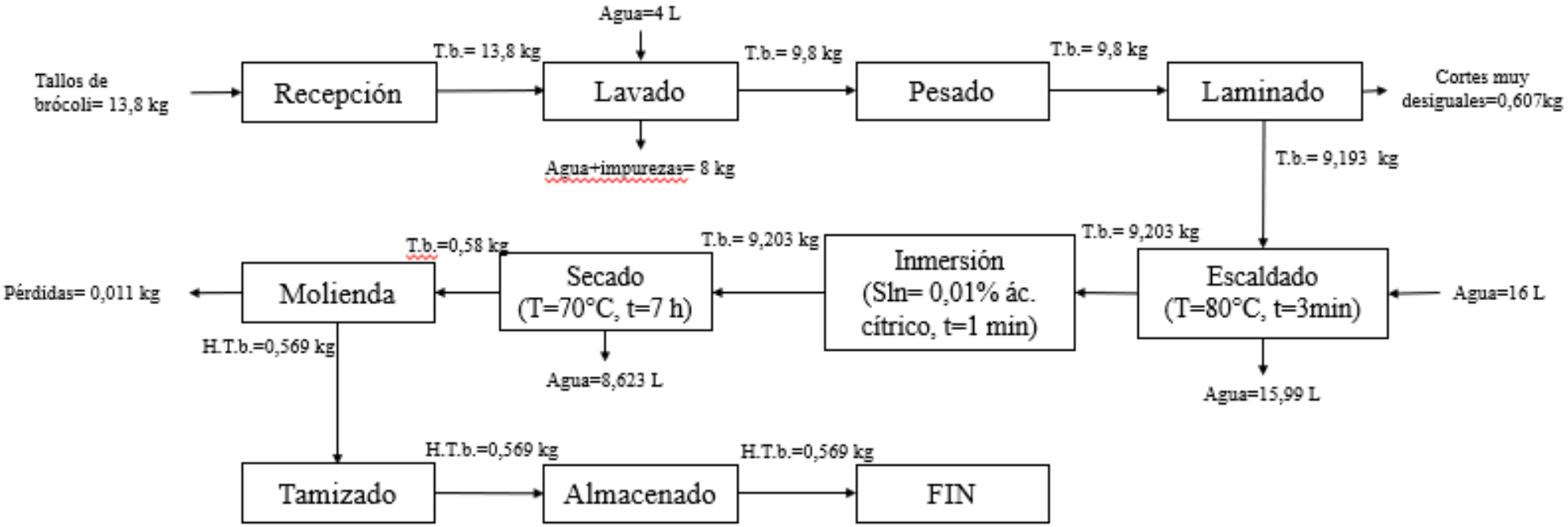


Figura 3. Balance de materia de la obtención de harina de tallos de brócoli.

3.1.1.4 Caracterización de funcionalidad de la harina de tallos de brócoli

Índice de Solubilidad en agua (ISA) y Absorción de agua (IAA)

En la Tabla 5, la harina de tallos de brócoli mostró un alto índice de absorción de agua (IAA) de 7.52 gel/g de sólido, lo que indicó que su capacidad de retener agua es más alta que la harina de maíz Capia, Chulpi y Bolita, que no superan los 7gel/g de sólidos según lo reportado por Miranda et al. (2022). Un IAA alto sugiere que la harina de tallos de brócoli posee una estructura rica en fibra dietética y polisacáridos con una alta capacidad de hinchamiento, lo que la hace adecuada para productos que requieran retención de humedad como panificados, sopas instantáneas, entre otras. Por otro lado, el índice de solubilidad en agua (ISA) es mayor a los valores calculados en harina de trigo y harina de quinoa en el estudio de propiedades funcionales de Delgado & Albarracín (2012) , no obstante, es bajo con respecto a las harinas de chachafruto y soya. Un ISA bajo demuestra que la fracción soluble de la harina de tallos de brócoli es limitada, es decir, una parte de su composición es insoluble en agua. El valor mostrado en la Tabla 5 evidenció la presencia de fibra insoluble y estructuras celulares resistentes a el proceso de molienda, su implementación sería óptima en productos que no requieran una solubilidad completa como bebidas. De manera generalizada, se determinó que la harina de tallos de brócoli tiene un IAA adecuado para productos que requieran rehidratación por su capacidad de retención de agua que influye en la textura y comportamiento funcional del producto y aunque su ISA es bajo su solubilidad puede ajustarse tecnológicamente interviniendo en la etapa de molienda o incorporando productos con un alto grado de solubilidad para alcanzar la viscosidad y textura deseada en el alimento.

Tabla 5.

Caracterización funcional de la harina de tallos de brócoli.

Criterios	Valores
IAA	7.52 gel/g de sólido
ISA	0.16 g de sólidos/g sólidos originales

Nota. IAA significa índice de absorción de agua e ISA es índice de solubilidad en agua.

Granulometría

La harina de tallos de brócoli presentó un módulo o grado de finura bajo (Tabla 6), lo que indica que posee un mayor contenido de partículas medianas y pequeñas, haciendo de la harina un producto capaz de mejorar la textura de un producto, mejorar la absorción de agua por su IAA (Tabla 5), disminuir la densidad, aumentar la dureza de la partícula e incrementar la capacidad de extrusión. No obstante, también se observó que el porcentaje de partículas grandes es superior al 30% (Tabla 6) resultando en una textura fibrosa y rústica que podría afectar a la apariencia del producto final. La granulometría de la harina resultante fue heterogénea por su alta similitud entre el porcentaje de masa de las partículas grandes (35.8%) y las pequeñas (44%), sin embargo, el tamaño de partículas en general no sobrepasa del milímetro (tamaño de partícula difícil de digerir), mismo caso que sucedió en el estudio de Moraflores (2013), donde se analizó el tamaño de partícula de la harina de maíz, harina suave, harina dura y harina de todo uso en mallas de 20, 30, 45, 60, 80, 100 y 105 MESH; resultando en que las harinas de maíz, suave, dura y multiusos tienen porcentajes similares tanto de partículas grandes como pequeñas.

Tabla 6.
Granulometría de la harina de tallos de brócoli.

Criterios	Valores
Grado de finura	2.4
Uniformidad	35.8% de partículas grandes
	20.2% de partículas medianas
	44% de partículas pequeñas

3.1.1 Evaluar en términos sensoriales formulaciones de sopas hechas a partir de premezclas que contienen harina de tallos de brócoli como ingrediente principal, considerando criterios como olor, sabor, viscosidad, color y aceptabilidad.

3.1.1.1 Elaboración de la premezcla de sopa o sopa instantánea.

Como se observa en la Figura 4, el proceso de elaboración de la premezcla para sopas presenta una estructura operativa simplificada, en la cual el producto final está estrechamente vinculado a las formulaciones establecidas en la Tabla 3. Una vez validada la funcionalidad de la harina obtenida a partir de tallos de brócoli, esta fue mezclada con otros ingredientes secos, también

especificados en la Figura 4, y sometida a un proceso de tamizado con el fin de asegurar la homogeneidad del producto. Posteriormente, se incorporó perejil deshidratado de manera manual, debido a que el tamaño de sus partículas excedía el diámetro de la malla utilizada en el tamizado. La premezcla formulada permite la integración de diversos ingredientes deshidratados con alto valor nutricional, lo cual contribuye a una mayor incorporación de proteínas, vitaminas y minerales. Esta estrategia constituye una alternativa nutricionalmente superior en comparación con las sopas instantáneas convencionales, cuya composición suele ser limitada en cuanto a calidad y aporte nutricional.

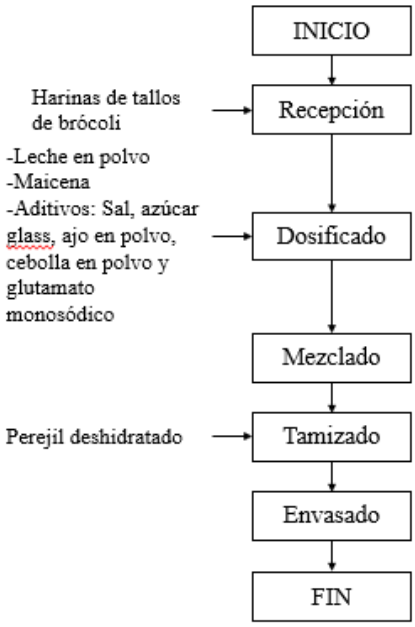


Figura 4. Diagrama de flujo de la elaboración de la premezcla para sopas con harina de tallos de brócoli.

3.1.1.2 Catación de las muestras

Como se muestra en la Figura 5, los panelistas semientrenados recibieron una instrucción previa a la evaluación sensorial con el propósito de garantizar la fiabilidad de los datos obtenidos. Asimismo, se les informó sobre la presencia de lactosa en el producto, con el fin de prevenir su consumo por parte de personas con intolerancia. La utilización de un panel instruido constituye una herramienta esencial en la industria alimentaria, ya que permite

identificar variaciones en las formulaciones, evaluar el nivel de aceptabilidad del producto y asegurar el control de calidad. Cuando las directrices previas a la catación se imparten de manera adecuada, los resultados generados tienden a ser más precisos, reproducibles y objetivos como señala el análisis de Laguna (2016).



Figura 5. Instrucción a panelistas semientrenados.

3.1.1.3 Resultados del diseño experimental

De acuerdo con los resultados obtenidos, la inclusión de harina elaborada a partir de tallos de brócoli no generó un impacto sensorial significativo en cuanto al aroma ni al color de las sopas instantáneas. Este comportamiento podría atribuirse a la estabilidad de los compuestos volátiles durante el procesamiento, así como a la posible neutralización de olores característicos del brócoli durante las etapas de inactivación enzimática, secado y mezclado. En relación con el sabor, se evidenció una modificación perceptible atribuida a la presencia de la harina; no obstante, la ausencia de diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos con diferentes porcentajes de inclusión sugiere que un incremento en la proporción de harina no intensifica el impacto sensorial. Por otro lado, las muestras formuladas con un 35 % de harina de tallos de brócoli no presentaron diferencias en la viscosidad respecto al tratamiento blanco (producto comercial), aunque se observó que el aumento en la concentración de dicha harina podría influir negativamente en esta propiedad. En términos generales, la incorporación de harina de tallos de brócoli tuvo un efecto significativo sobre la aceptabilidad de la premezcla en comparación con el tratamiento control, como se detalla en la Tabla 7. Su influencia se debió posiblemente a la presencia de compuestos sulfurados (glucosinolatos) y fibra dietética, que aportan notas ligeramente amargas o terrosas, como se

ha documentado en estudios de Cervantes et al. (2020) y Pérez (2013) sobre productos enriquecidos con subproductos de brócoli.

Tabla 7.

Resultados del efecto de la harina de brócoli en las características sensoriales.

BRÓCOLI	OLOR	COLOR	SABOR	VISCOSIDAD	ACEPTABILIDAD
Brócoli 1 (35%)	3,05±1,085	3,2±1,344	2,525±1,301	3,625±1,102	2,825±1,059
Brócoli 2 (45%)	3,375±1,030	3,025±1,209	3,225±1,121	2,725±1,358	2,925±1,141
Sig. asintótica	**0,095**	**0,478**	**0,08**	**0,001**	**0,641**
Blanco	3±1,257	3,9±1,294	4,2±1,005	4,2±0,951	4,1±0,968
Brócoli 1 (35%)	3,05±1,085	3,2±1,344	2,525±1,301	3,625±1,102	2,825±1,059
Sig. asintótica	**0,484**	**0,477**	**0,001**	**0,057**	**0,002**
Blanco	3±1,257	3,9±1,294	4,2±1,005	4,2±0,951	4,1±0,968
Brócoli 2 (45%)	3,375±1,030	3,025±1,209	3,225±1,121	2,725±1,358	2,925±1,141
Sig. asintótica	**0,979**	**0,276**	**0,004**	**0,004**	**0,001**

La Tabla 8 presenta la influencia de la maicena en las formulaciones de premezclas para sopas. Aunque la diferencia entre ambos niveles evaluados fue considerable, se determinó que las variaciones en olor y color no generaron un impacto sensorial significativo. Esto puede atribuirse a que el almidón de maíz posee propiedades espesantes sin alterar las características aromáticas del producto. En contraste, a pesar del sabor neutro del almidón, se observaron diferencias significativas en el atributo de sabor entre los niveles de maicena evaluados y el tratamiento blanco (producto comercial), posiblemente debido a las variaciones en proporciones de ingredientes y al uso de espesantes distintos en la formulación comercial. No obstante, dentro de las formulaciones experimentales, la maicena no influyó significativamente en el sabor, pero sí tuvo un efecto evidente sobre la viscosidad. Los tratamientos con mayor proporción de maicena no mostraron

diferencias significativas en viscosidad con respecto al tratamiento blanco, a diferencia de aquellos con menor contenido de maicena, los cuales sí presentaron una reducción en esta propiedad. En cuanto a la aceptabilidad general, la maicena no presentó un impacto relevante entre los tratamientos experimentales, aunque sí se evidenciaron diferencias con el tratamiento blanco. Esta variación podría estar relacionada con la textura y sensación en boca aportadas por la maicena, así como con posibles modificaciones sutiles en la percepción gustativa como consecuencia de su capacidad espesante.

Tabla 8.

Resultados del efecto de la maicena en las características sensoriales.

MAICENA	OLOR	COLOR	SABOR	VISCOSIDAD	ACEPTABILIDAD
Maicena 1 (40%)	3,275±1,154	3,05±1,377	2,975±1,230	2,875±1,453	2,95±1,197
Maicena 2 (20%)	3,15±0,975	3,175±1,174	2,775±1,291	3,475±1,086	2,8±0,992
Sig. asintótica	**0,640**	**0,641**	**0,586**	**0,027**	**0,439**
Blanco	3±1,257	3,9±1,294	4,2±1,005	4,2±0,951	4,1±0,968
Maicena 1 (40%)	3,275±1,154	3,05±1,377	2,975±1,230	2,875±1,453	2,95±1,197
Sig. asintótica	**0,484**	**0,477**	**0,001**	**0,057**	**0,002**
Blanco	3±1,257	3,9±1,294	4,2±1,005	4,2±0,951	4,1±0,968
Maicena 2 (20%)	3,15±0,975	3,175±1,174	2,775±1,291	3,475±1,086	2,8±0,992
Sig. asintótica	**0,979**	**0,276**	**0,004**	**0,004**	**0,001**

Los resultados expuestos en la Tabla 9 evidenciaron que la combinación de maicena y harina de tallos de brócoli influyó de manera significativa en las características sensoriales de los distintos tratamientos. En cuanto al atributo olor, la mayoría de las interacciones no presentaron diferencias estadísticamente significativas, con excepción de las comparaciones entre los

tratamientos 1 y 4 ($p = 0,023$) y entre los tratamientos 2 y 4 ($p = 0,014$), lo que sugiere que ciertas combinaciones de ingredientes pueden inducir ligeras modificaciones en el aroma percibido. Sin embargo, ningún tratamiento difirió significativamente del blanco (producto comercial), lo que indica que el perfil olfativo de las formulaciones desarrolladas es comparable al de un producto convencional.

Respecto al color, se identificaron diferencias significativas entre los tratamientos 2 y 4 ($p = 0,011$), así como entre los tratamientos 3 y 4 con relación al blanco. Esto sugiere que las formulaciones A y B lograron emular adecuadamente el color del producto comercial sin la necesidad de aditivos colorimétricos. En el caso del sabor, se observaron diferencias entre los tratamientos 1 y 3 en comparación con el tratamiento 4, y todos los tratamientos difirieron significativamente del blanco. Este resultado puede atribuirse al uso predominante de harina de tallos de brócoli en las formulaciones experimentales frente al empleo de espárragos en el producto comercial.

En cuanto a la viscosidad, se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos 1 y 4 ($p = 0,022$), así como entre los tratamientos 3 y 4 ($p = 0,001$), además de diferencias entre los tratamientos 2 y 4 con respecto al blanco. Estos hallazgos reflejan que la interacción entre la maicena y la harina influye directamente en la consistencia del producto, aportando espesor y uniformidad por parte de la maicena, y textura gracias a la harina de tallos, lo que mejora la sensación en boca.

La aceptabilidad general mostró diferencias significativas entre todos los tratamientos y el tratamiento blanco, lo cual indica que la combinación de ambos ingredientes impacta en la percepción sensorial del producto final. Cabe destacar que las premezclas fueron formuladas sin el uso de aditivos químicos, colorantes ni potenciadores de sabor. El tratamiento con mayor aceptabilidad fue el número 4 (Formulación C), destacando en atributos como olor, sabor y aceptación general, con puntajes superiores a 3 en la escala sensorial. Esta alta aceptación puede estar relacionada con sus parámetros de color y viscosidad, los cuales podrían optimizarse mediante la incorporación de clorofila en polvo y la mejora del proceso tecnológico, especialmente en la laminación uniforme y en la pulverización de la harina, con el objetivo de aumentar el porcentaje de partículas finas.

Tabla 9.

Resultados del efecto de la harina de tallos de brócoli y maicena en las características sensoriales.

TRATAMIENTOS	OLOR	COLOR	SABOR	VISCOSIDAD	ACEPTABILIDAD
Tratamiento 1	2,8±1,105	3,55±1.317	2,45±1.234	3.5±1.235	2,65±1.182
Tratamiento 2	3,0±0,918	3,5±0,946	2,95±1.191	3,2±1.152	2,6±1.046
Sig. asintótica	**0,381**	**0,824**	**0,129**	**0,268**	**0,841**
Tratamiento 1	2,8±1,105	3,55±1.317	2,45±1.234	3.5±1.235	2,65±1.182
Tratamiento 3	3.3±1.031	2,85±1.309	2,6±1.392	3.75±0,967	3,00±0,918
Sig. asintótica	**0,101**	**0,05**	**0,527**	**0,462**	**0,269**
Tratamiento 1	2,8±1,105	3,55±1.317	2,45±1.234	3.5±1.235	2,65±1.182
Tratamiento 4	3.75±1.02	2,55±1.276	3,5±1.00	2,25±1.410	3,25±1.164
Sig. asintótica	**0,023**	**0,049**	**0,005**	**0,022**	**0,187**
Tratamiento 2	3,0±0,918	3,5±0,946	2,95±1.191	3,2±1.152	2,6±1.046
Tratamiento 3	3.3±1.031	2,85±1.309	2,6±1.392	3.75±0,967	3,00±0,918
Sig. asintótica	**0,253**	**0,049**	**0,355**	**0,087**	**0,101**
Tratamiento 2	3,0±0,918	3,5±0,946	2,95±1.191	3,2±1.152	2,6±1.046
Tratamiento 4	3.75±1.02	2,55±1.276	3,5±1.00	2,25±1.410	3,25±1.164
Sig. asintótica	**0,014**	**0,011**	**0,147**	**0,056**	**0,046**
Tratamiento 3	3.3±1.031	2,85±1.309	2,6±1.392	3.75±0,967	3,00±0,918
Tratamiento 4	3.75±1.02	2,55±1.276	3,5±1.00	2,25±1.410	3,25±1.164
Sig. asintótica	**0,150**	**0,413**	**0,031**	**0,001**	**0,361**
Tratamiento 1	2,8±1,105	3,55±1.317	2,45±1.234	3.5±1.235	2,65±1.182
Blanco	3±1.257	3,9±1.294	4,2±1.005	4,2±0,951	4,1±0,968
Sig. asintótica	**0,484**	**0,477**	**0,001**	**0,057**	**0,002**
Tratamiento 2	3,0±0,918	3,5±0,946	2,95±1.191	3,2±1.152	2,6±1.046
Blanco	3±1.257	3,9±1.294	4,2±1.005	4,2±0,951	4,1±0,968
Sig. asintótica	**0,979**	**0,276**	**0,004**	**0,004**	**0,001**
Tratamiento 3	3.3±1.031	2,85±1.309	2,6±1.392	3.75±0,967	3,00±0,918
Blanco	3±1.257	3,9±1.294	4,2±1.005	4,2±0,951	4,1±0,968
Sig. asintótica	**0,414**	**0,013**	**0,002**	**0,123**	**0,001**
Tratamiento 4	3.75±1.02	2,55±1.276	3,5±1.00	2,25±1.410	3,25±1.164
Blanco	3±1.257	3,9±1.294	4,2±1.005	4,2±0,951	4,1±0,968
Sig. asintótica	**0,063**	**0,002**	**0,047**	**0,001**	**0,018**

Nota. El tratamiento 1 corresponde a la formulación B, el tratamiento 2 a la formulación A, el tratamiento 3 a la formulación D y el tratamiento 4 a la formulación C.

3.1.1.4 Análisis físico-químico y bromatológico de la premezcla para sopas

El pH, la acidez titulable, el contenido de humedad y la actividad de agua (aw) constituyen parámetros fundamentales para evaluar la estabilidad microbiológica, la calidad fisicoquímica y la vida útil de productos alimenticios deshidratados. En el presente estudio, dichos indicadores fueron analizados con el propósito de verificar la aptitud de la premezcla desarrollada, cuyos resultados se presentan en la Tabla 10. Se observó un valor de pH cercano a la neutralidad, lo cual es favorable para este tipo de matrices, ya que limita el crecimiento de microorganismos patógenos y bacterias acidófilas. Paralelamente, se registró una acidez baja, lo que contribuye a prevenir procesos de fermentación espontánea y la generación de compuestos indeseables que puedan afectar negativamente las características organolépticas del producto.

Respecto a la humedad, el valor obtenido fue de 10,73 %, ubicándose dentro del rango establecido por la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2602-1, la cual establece un límite máximo de 14,5 % para productos deshidratados destinados a sopas y cremas. Este nivel de humedad es considerado óptimo, ya que restringe la proliferación microbiana y reduce la velocidad de las reacciones enzimáticas que podrían comprometer la estabilidad del alimento. Asimismo, la baja actividad de agua registrada indica una mínima disponibilidad de agua libre, lo cual dificulta el desarrollo de microorganismos y la ocurrencia de reacciones químicas indeseables.

En función de estos resultados, se concluye que la premezcla presenta condiciones adecuadas para conservar su calidad microbiológica, sensorial e inocuidad durante períodos prolongados a temperatura ambiente. Sin embargo, su estabilidad dependerá del sistema de envasado empleado. En este proyecto se utilizó un envase aluminizado con cierre hermético, el cual actúa como barrera frente a la humedad y la luz, factores críticos para preservar las propiedades del producto durante el almacenamiento.

Tabla 10.

Análisis físico-químico de la premezcla para sopas de la formulación C.

Criterios	Valores

pH	6.18
% Acidez	0.704
% Humedad	10.73
Actividad de agua	0.407

La premezcla para sopas formulada en el presente estudio mostró un perfil nutricional altamente favorable, destacándose especialmente por su elevado contenido de fibra dietética, según los resultados expuestos en la Tabla 11. Este valor supera ampliamente los niveles comúnmente reportados en productos comerciales deshidratados similares. Adicionalmente, se observaron concentraciones significativas de proteína y lípidos, sin necesidad de incorporar ingredientes de origen animal, tales como carnes o pastas. El contenido proteico obtenido se ubicó por encima del rango habitual presente en sopas instantáneas del mercado, que oscila entre el 5 % y el 10 %. Este incremento puede atribuirse al empleo de harinas provenientes de leguminosas y hortalizas, las cuales aportan proteínas de buena calidad nutricional.

En cuanto al contenido de grasa, este se mantuvo dentro de un rango moderado, adecuado para productos deshidratados, favoreciendo la estabilidad fisicoquímica y sensorial de la premezcla sin comprometer su vida útil. La formulación desarrollada permite, además, la incorporación de ingredientes funcionales que enriquecen el valor nutricional del producto final sin generar pérdidas significativas de nutrientes durante las etapas de escaldado, deshidratación o mezclado.

Comparativamente, el estudio de Cruz (2024), en el que se desarrolló una sopa instantánea utilizando harinas de papa chola, amaranto y corteza de sandía, reportó un contenido promedio de 32,04 % de fibra dietética, 10,24 % de proteína y 2,80 % de grasa. Si bien dicha formulación presentó un contenido de fibra superior, la premezcla elaborada con harina de tallos de brócoli demostró mayores niveles de proteína y grasa, reflejando una composición más balanceada en cuanto a macronutrientes esenciales para una alimentación saludable.

Tabla 11.

Análisis bromatológico de la premezcla para sopas de la formulación C.

Criterios	Valores
% Proteína total	12.5
% Grasa	5.16
% Fibra dietética	21.4

3.1.2 Analizar la viabilidad económica y ambiental del uso de los tallos de brócoli como materia prima en la premezcla, dentro de un enfoque de economía circular.

3.1.2.1 Estudio de costos de la producción de la premezcla para sopas

Costos de Producción

La transformación de tallos de brócoli en harina no solo representa una estrategia con impacto ambiental positivo, sino que también constituye un modelo económicamente viable. La evaluación de la inversión inicial y de los costos operativos resulta fundamental para determinar la rentabilidad del proyecto. En este sentido, se estimó una inversión inicial anual de $12,000, monto que se considera accesible para la adquisición de los equipos fundamentales, adecuaciones estructurales básicas y la puesta en marcha del sistema de producción. Por su parte, los costos operativos mensuales fueron calculados en aproximadamente $1,250, como se detalla en la Tabla 12.

Cabe destacar que la materia prima principal (tallos de brócoli) fue considerada sin valor comercial, ya que estos residuos agroindustriales se encuentran disponibles en la propia empresa, lo que permite una reducción significativa en los costos asociados a insumos. En el cálculo de los gastos recurrentes se incluyeron el consumo de energía eléctrica, la contratación de mano de obra, el transporte logístico y el mantenimiento de equipos. Dentro de estos factores, el proceso de secado fue identificado como la etapa con mayor demanda energética. Esta característica debe considerarse al planificar estrategias de optimización, especialmente si se proyecta la ampliación de la escala de producción.

Tabla 12.

Valores estimados para determinar costos de producción.

	Descripción	Especificaciones	Valor estimado ($)	Total ($)
Inversión inicial	Equipos que se usarán para la producción de la harina	-Equipos de lavado -Equipos de corte -Deshidratadora -Molino pulverizador	10,000	12,000
	Adaptación de instalaciones para el equipo y optimizar el flujo de trabajo	-Adecuaciones de la planta necesarias para implementar el equipo	2,000	
Costos operativos (mensual)	Materia Prima	-Tallos de brócoli (0$) -Materiales de empaque	100	1,250
	Energía eléctrica	-Asumiendo que la planta opera 220 toneladas de brócoli anuales y genera 77 toneladas de tallos que se convertirán en 15.4 toneladas de harina anuales (1,283 kg/mes)	300	
	Transporte interno	-Transporte desde el área de postcosecha hasta la zona de procesamiento	50	
	Mano de obra	-Personas que operan y supervisan el equipo de procesamiento	700	
	Mantenimiento del equipo	-Mantenimiento preventivo y correctivo	100	

Ingresos

La harina de tallos de brócoli puede ser vendida a la industria alimentaria, panaderías, restaurantes, o directamente al consumidor final, dada su creciente demanda por productos saludables y funcionales. El ingreso mensual estimado fue de $10,128 tomando en cuenta el posible precio competitivo y la producción de harina que generaría la empresa agroexportadora (Tabla 13). El ingreso mensual evidenció una oportunidad de mercado sólida que además de aportar valor económico permite satisfacer las necesidades de mercado y diversificarlo, favoreciendo a la economía circular.

Tabla 13.

Valores estimados para el cálculo de ingresos mensuales.

Producción de harina (anual)	Producción de harina diaria	Precio competitivo por kilogramo	Ingreso mensual
15.4 ton	42.2 kg	$8.00	$10,128

Rentabilidad

Según los indicadores de viabilidad económica presentados en la Tabla 14 se observó que la ganancia mensual es alta, y de la misma manera el TIR y el VAN indicaron que el proyecto es rentable, por lo que beneficiaría a los agroexportadores y agricultores recuperando la inversión inicial en 1.35 meses y generando rápidamente ganancias. Tanto el TIR como el VAN son indicadores que muestran la rentabilidad esperada en una inversión y los flujos de caja futuros respectivamente, un TIR alto indica buenos rendimientos de manera porcentual y un VAN positivo certifica la recuperación de la inversión y sus ganancias (valor neto generado) en los 3 años proyectados según lo indicado por Bermejo (2024). Estos datos posicionaron a la revalorización de tallos de brócoli como una alternativa económica viable.

Tabla 14.

Indicadores de viabilidad económica en la producción de harina de tallos de brócoli.

Ganancia mensual	Valor Actual Neto (VAN)	Tasa Interna de Retorno (TIR)	Recuperación de la inversión
$8,878	>$200,000	>100%	1.35 meses

Nota. La tasa de descuento es del 10% con proyección a 3 años.

3.1.2.2 Análisis de la viabilidad ambiental

La Figura 6 presenta los datos técnicos que permiten evidenciar la diferencia entre el manejo actual de residuos y la propuesta de revalorización implementada para la empresa agroexportadora ubicada en Cotopaxi. Esta entidad procesa aproximadamente 22 toneladas de brócoli por hectárea en un total de 10 hectáreas, lo que equivale a una producción anual de 220 toneladas. Considerando que los tallos descartados representan entre el 30 % y el 40 % del peso total cosechado, se estimó un promedio de 77 toneladas de tallos desechados anualmente. Actualmente, estos tallos se utilizan como materia verde, lo que genera una emisión estimada de 107.8 toneladas de CO_2-eq al año debido a su descomposición. En contraste, el escenario proyectado, basado en la revalorización de dichos residuos, estima emisiones de apenas 2.27 toneladas de CO_2-eq anuales. Esta diferencia representa una posible reducción neta de 105.53 toneladas de CO_2-eq por año, equivalente a 105,530 kilogramos de CO_2-eq.

Para dimensionar el impacto, esta reducción corresponde a las emisiones generadas por un vehículo promedio que recorra más de 500,000 kilómetros, considerando una emisión de 0.2 kg de CO_2 por kilómetro. En este contexto, los resultados obtenidos demuestran el significativo impacto ambiental positivo de la valorización de los tallos de brócoli, permitiendo no solo una optimización eficiente de recursos, sino también una contribución directa a la mitigación del cambio climático.

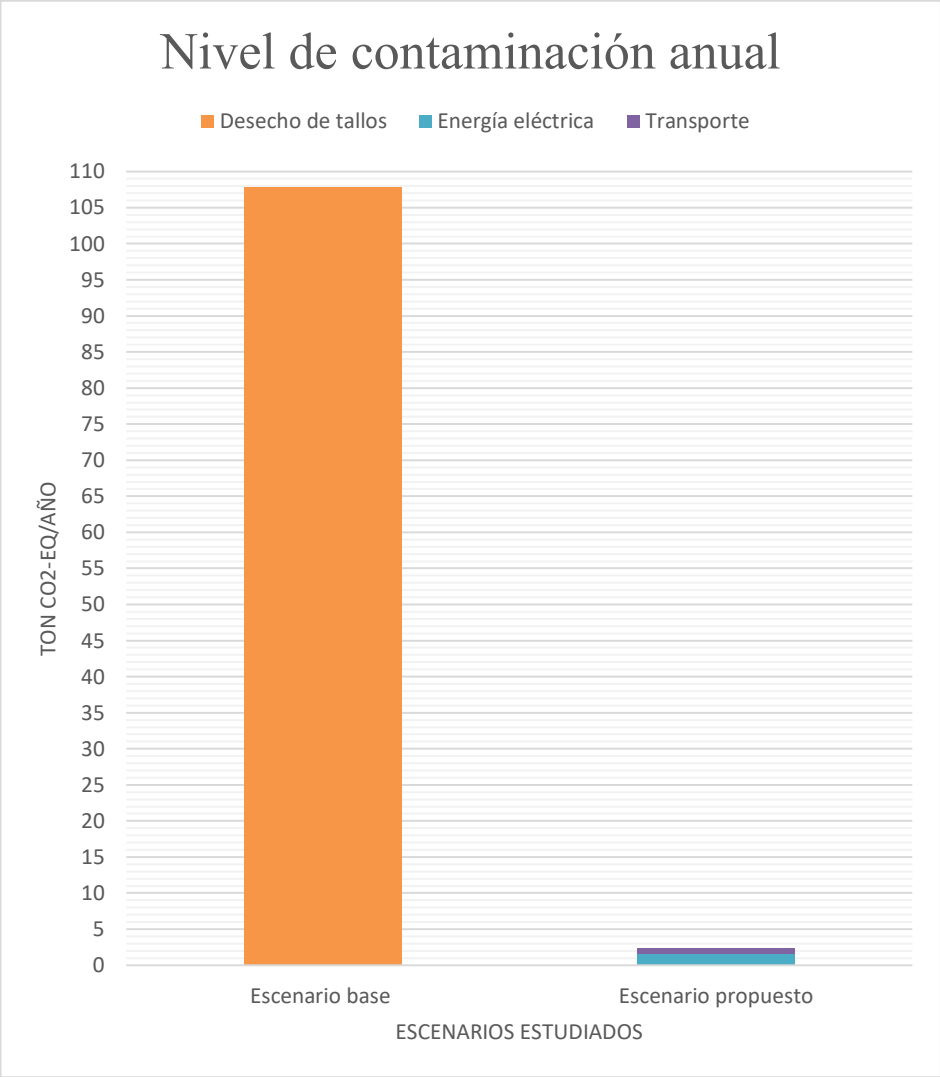


Figura 6. Diagrama de barras de los niveles de contaminación de un escenario base y el escenario propuesto del proyecto.

CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- La revalorización de tallos de brócoli es viable y sostenible, es decir, promueve el desarrollo económico y ambientalmente responsable en el sector agroalimentario ecuatoriano. La harina obtenida para la premezcla de sopa presentó propiedades funcionales favorables resultando en una premezcla rica en fibra y proteína. Además, su implementación puede llegar a ser beneficiosa económicamente para los actores involucrados en las líneas de producción de las agroexportadoras, y promoverá la reducción de la huella de carbono en el sector agroindustrial.
- Los tallos de brócoli cumplieron con parámetros de calidad en los análisis fisicoquímicos, la harina resultante fue fina pero heterogénea por la cantidad de partículas grandes y pequeñas, su IAA e ISA fueron óptimas para la elaboración de una premezcla para sopas por su alta capacidad de hinchamiento y su baja solubilidad en agua que se compensó con la implementación de maicena a la formulación del producto final.
- La harina de tallos de brócoli y la maicena de forma independiente afectaron principalmente a la viscosidad del producto final, mientras que su combinación influyó más en el color, sabor, viscosidad y aceptabilidad. El tratamiento más aceptado fue el 4 (Formulación C), principalmente por su olor y sabor, en contraste su color y viscosidad fue bajo debido a que la proporción de maicena/ harina era similar y a la heterogeneidad de la harina receptada.
- El proyecto es viable tanto económica como ambientalmente, en lo económico el TIR y el VAN son altos, además de que su tasa de recuperación es en 1.35 meses, lo que permitirá generar ganancias de manera rápida. Por otro lado, la huella de carbono disminuye al implementar el proyecto en comparación al escenario base de emisiones de CO_2 anuales en la provincia de Cotopaxi.

4.2 Recomendaciones

- La optimización del proceso de molienda incrementando el uso de una pulverizadora permitiría lograr una harina más fina de 150-200 mesh para evitar partículas grandes perceptibles que influyan en el análisis sensorial.

- La incorporación de proteínas o vegetales deshidratados a la premezcla para sopas puede mejorar su aceptabilidad. Además, se podría bajar la cantidad de agua al preparar la muestra para incrementar la viscosidad de la sopa.
- Aunque la maicena mejoró las propiedades del producto, se podría reemplazarla por otros estabilizantes naturales como harinas de leguminosas o tubérculos para aportar valor nutricional y funcional a la premezcla.
- Si bien las premezclas para sopas tienen una vida útil muy extensa, se recomendaría realizar estudios específicos de su vida útil en condiciones reales junto a una evaluación microbiológica durante su almacenamiento.
- Se recomienda realizar un estudio de mercado para obtener datos más específicos sobre la rentabilidad del proyecto.

MATERIALES DE REFERENCIA

Aguilar, V. (2020). *Desarrollo de una sopa instantánea a partir de harinas de cáscaras de sandía (Citrullus lanatus) y de plátano (Musa paradisiaca)*.

Aza, J., & Restrepo, L. (2012). El glutamato monosódico: Influencia de su consumo sobre algunos factores metabólicos de ratones y en el aumento de la apetencia. *Vitae*, *19*, 2012. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169823914090

Campas, O. N., Snchez, D. I., Bueno, C., Núñez, J. A., Reyes, C., & López, J. (2009). Biochemical composition and physicochemical properties of broccoli flours. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, *1*(4), 163–173. https://doi.org/10.1080/09637480802702015

Cano, O., De la Garza, H., Aguilera, A. F., & Castro, E. (2014). Tipos de secado en alimentos. Saltillo, Coahuila, México Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Centro Ecuatoriano de Eficiencia de Recursos, & Steward redqueen. (2022). Guía de producción de azúcar. *Asociación de Bancos Del Ecuador (Asobanca)*, 1–58. https://asobanca.org.ec/wp-content/uploads/2022/12/8.-Guia-Produccion-de-azucar.pdf

Cerdá, E., & Khalilova, A. (2015). *Economía Circular*.

Cervantes, E., Padilla, M., Váquez, C., & Sosa, M. (2020). *Galleta salada fortificada con tallo de brócoli y proteína de chapulín* (Vol. 5). http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume5/5/8/102.pdf

Chavan, R., Kumar, A., & Bhatt, S. (2015). Tomato Soup Premix Base: Development and Optimisation Using Response Surface Methodology. *Ge-International Journal of Engineering Research*, *3*(1), 35–48.

Corzo de Rodríguez, L., & Chirinos, J. (2019). La viabilidad ambiental: Una mirada desde los proyectos socio integradores. *Polo Del Conocimiento*, *4*(9), 97. https://doi.org/10.23857/pc.v4i9.1102

Cruz, D. (2024). *Elaboración de sopa instantánea de harinas de papa chola (Solanum tuberosum), amaranto (Amaranthus caudatus L .) y corteza de sandia American Sweet (Citrullus lanatus) como aporte de fibra alimentaria* [Trabajo de titulación]. UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR.

Delgado, N., & Albarracín, W. (2012). *Microestructura y propiedades funcionales de harinas*

de quinua (Chenopodioum quinoa w) y chachafruto (Erythrina edulis): Potenciales estensores cárnicos. *19*(1), 2012. http://www.banrepcul-

Dussán, S., Hurtado, D., & Camacho, J. (2019). Granulometría, propiedades funcionales y propiedades de color de las harinas de quinua y chontacuro. *Informacion Tecnológica*, *30*(5), 3–10. https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000500003

Escobar, A. (2012). Perjuicios y potencialidades de la inexistencia de un acuerdo comercial con Estados Unidos para productores y exportadores ecuatorianos de flores y brócoli, beneficiarios del ATPDEA. In *Contratos de Adhesión y Mecanismos de Protección al Consumidor*. http://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/4057/1/PI-2008-08-Velásquez-Conceptos Jurídicos.pdf

Fernández, M. (2012). Función de la fibra en la alimentación. In *Mundo Ganadero*. https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_MG%2FMG_2012_245_60_64.pdf

García, E., & Fernández, I. (2013). *Determinación de proteínas de un alimento por el método Kjeldahl*.

Godoy, C., Moreno, C., Trujillo, M., & Barrera, L. (2015). El azúcar en la alimentación. In *Ministerio de Salud y Protección Social*.

Gonzalez, H. (2020). *Efecto de la adición de diferentes cantidades de almidón de maíz en la densidad de las sopas instantáneas*.

Huamani, A., Ponce, J., & Málaga, J. (2020). Optimización del proceso de cocción de quinua utilizando el diseño 3k y la función de deseabilidad: Grado de gelatinización, índice de absorción de agua, índice de solubilidad y desprendimiento de cotiledones. *Scientia Agropecuaria*, *11*(3), 381–390. https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.03.10

Huamani, M. (2021). *Efecto de la temperatura y la concentración sobre la capacidad antioxidante del extracto acuoso del germinado de Brassica oleracea var. italica Pleck (Brócoli)*.

International Dynamic Advisors. (2024). Cinco tendencias de salud y bienestar en la industria de alimentos y bebidas que prevalecerán en 2025. Intedya. Recuperado de: https://www.intedya.com/internacional/4439/noticia-cinco-tendencias-de-salud-y-bienestar-en-la-industria-de-alimentos-y-bebidas-que-prevaleceran-en-2025.html

Laguna, E. V. (2016). *Metodología estándar para el entrenamiento básico de un panel de catadores.*

Loor, A., Arcos, C., & Cornejo, F. (2011). *Elaboración De Sopa Instantánea A Partir De Harina De Arroz (Oriza Sativa)*.

López, D. (2012). *Solubilidad*.

López, M., & Sánchez, H. (2011). *Elaboración de sopa instantánea a partir de harina de fréjol*.

Macías, J., Vinces, R., & Vásquez, G. (2011). Elaboración de sopa instantánea a partir de harina de haba. In *Escuela Superior Politécnica Del Litoral (ESPOL)* (Vol. 1). https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/17031/1/Paper SOPA DE HABA.pdf

Maldonado, R., & Pacheco, E. (2003). Curvas de deshidratación del brócoli (Brassicaoleraceae L var. ItalicaPlenk) y coliflor(Brassica oleraceae L var. Botrytis L). *Revista De La Facultad De Agronomía De La Universidad Del Zulia*, *20*(3), 306–319.

Matos, A., & Chambilla, E. (1984). Importancia de la fibra dietética, sus propiedades funcionales en la alimentación humana y en la industria alimentaria. *Investigación En Ciencia y Tecnología de Alimentos*, *35*(2), 6–9. https://doi.org/10.1177/002248718403500202

McGlynn, W. (2016). *The importance of Food pH in Commercial Canning Operations*. www.fapc.biz

Ministerio de Trabajo y Economía Social. (2024). *Manual para el estudio económico financiero de un proyecto de emprendimiento en economía social*. https://www.economiasolidaria.org/wp-content/uploads/2024/03/Manual-planificacion-viabilidad-economica.pdf

Miranda, R. M., Domínguez, N. E., Giménez, M. A., Lobo, M. O., & Sammán, N. C. (2022). Tecnofuncionalidad de harinas integrales de maíces andinos (Zea Mays) nativas y extrudidas. *INNOTEC*, *24*. https://doi.org/10.26461/24.02

Moraflores. (2013). Desarrollo y caracterización de la harina del tronco de brócoli (Brassica olaracea var. italica) sometido a diferentes procesos de deshidratación. https://repositorio.uvg.edu.gt/handle/123456789/381

Morales, V., Espinoza, J., Castañeda, J., & Rivera, M. (2016). Evaluación de la calidad de yogurt de brócoli (Brassica oleracea). *Revista de Ciencias de La Salud*, *3*(8), 29–37.

Moreno, C., & Dries, L. (2022). Assessing the sustainability of agricultural production - a cross-sectoral comparison of the blackberry, tomato and tree tomato sectors in Ecuador. *International Journal of Agricultural Sustainability*, *20*(7), 1373–1396. https://doi.org/10.1080/14735903.2022.2082764

Moreno, C., & Dries, L. (2022). Integrating coordination mechanisms in the sustainability assessment of agri-food chains: From a structured literature review to a comprehensive framework. In *Ecological Economics* (Vol. 192). Elsevier B.V. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2021.107265

Moreno, C., & Dries, L. (2024a). Circular economy intentions in the fruit and vegetable sector of Central Ecuador. *Ecological Economics*, *219*, 108056. https://doi.org/10.1016/J.ECOLECON.2023.108056

Moreno, C., & Dries, L. (2024b). The Role of Coordination Mechanisms and Transaction Costs Promoting Sustainability Performance in Agri-Food Supply Chains: Evidence From Ecuador. *Agribusiness*, 1–24. https://doi.org/10.1002/agr.22003

Moreno, C., Pilamala, A., Molina, I., Cerda, L., Moreno, R., & Rama, D. (2020). An Assessment Of Emerging Networks In The Fruit Sector: The Case Of Inca Berry In Ecuador. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, *20*(1), 15365–15382. https://doi.org/10.18697/ajfand.89.18290

NTE INEN 2602. (2011). NORMAS INEN. En Sopas, Caldos y Cremas. Requisitos. https://es.slideshare.net/slideshow/normas-inen-57491903/57491903

NTE INEN 2602. (2019). Mezclas para preparar caldos, consomés, sopas y cremas.Requisitos. Scribd. https://es.scribd.com/document/654366553/nte-inen-2602-1?v=0.551

NTE INEN 517. (2012). Harina de origen vegetal. Determinación del tamaño de partículas Primera Edición. INEN, 1–1. https://es.scribd.com/doc/229499660/NTE-INEN-517-2012tamano-de-Partifula-Hrina

NTE INEN-ISO 1842. (2013). Productos Vegetales y de Frutas-Determinación de pH (IDT). Primera Edición. INEN, 1–1. https://es.scribd.com/document/448249131/nte-inen-iso-1842-extracto

NTE INEN-ISO 750. (2013). Productos Vegetales y de Frutas-Determinación de la acidez titulable (IDT) Primera Edición. INEN, 1–1. https://www.academia.edu/36881948/NORMA_T%C3%89CNICA_ECUATORIANA_NTE_INEN_ISO_750_2013_PRODUCTOS_VEGETALES_Y_DE_FRUTAS_DETERMINACI%C3%93N_DE_LA_ACIDEZ_TITULABLE_IDT_Primera_Edici%C3%B3n

Orellana, D. (2009). *Efecto de dos cantidades de leche descremada en polvo y dos edulcorantes no calóricos en las características físico-químicas y sensoriales del yogur light de fresa Efecto de dos cantidades de leche descremada en polvo y dos edulcorantes no calóricos en la*. file:///C:/Users/HP/Desktop/AGI-2009-T030.pdf

Pennacchiotti, I. (1998). *Las proteinas: generalidades y su importancia en nutrición y en la industria de alimentos* (pp. 11–15). https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/121429/Lasproteinas.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Pérez, R. (2014). *Validación in-house y determinación de grasa por gravimetría en conservas de raciones de combate del Ejército de Tierra*. *70*(2), 88–94.

Pérez, V. (2013). Proceso y fabricación de subproductos del brócoli y su implementación parcial en un producto de panificación [Trabajo de Graduación]. In *Universidad de San Carlos de Guatemala* (Vol. 1). UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD.

Quizama, S., & Ciccioli, J. (2016). *Secado de frutas y verduras a escala familiar*. www.inta.gob.ar/altovalle

Ropero, A. (2017). Grasas (Lípidos). In *Badali*. http://badali.umh.es/assets/documentos/pdf/artic/grasa.pdf

Ruiz, L. (2016). *Diseño de un secador de bandejas para la deshidratación de plátano en la parroquia Veracruz del cantón Pastaza*.

Salazar de Marcano, E., Méndez, O., González, J., Moreno, M., García, D., Belén, D., Medina, C., Ojeda, C., & Griman, N. (2010). *Efecto del secado y tratamiento con ácido cítrico sobre la degradación de carotenoides en harinas de batata (Ipomoea batatas L.)*. *27*, 112–124.

Salazar, G. (2013). *Análisis bromatológico*.

Sánchez, B. (2009). Problemática de conceptos de costos y clasificación de costos. *Quipukamayoc*, *16*(32), 95–104. http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/quipu/article/view/4827%0Ahttp://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/quipu/article/download/4827/3892

Torres, G. (1999). *Efecto del escaldado y del acondicionamiento térmico en la calidad del brócoli (Brassica oleracea var. Italica) durante el almacenamiento en congelación*.

Trejo, K., Rodríguez, G., Reyes, J., Lizarazo, C., & Hernández, C. (2024). Almidón, una plataforma versátil en la industria de alimentos. *Revista Boliviana de Química*, *41*(1), 44–51. https://doi.org/10.34098/2078-3949.41.1.6

Valdez, I., & Canobbio, C. (2024). *Economía circular en empresas exportadoras agroindustriales en Sinaloa, México: grado de implementación y desafíos*. *17*, 111–136.

Valencia, J., Lozada, J., Toro, J., & Belalcázar, S. (2020). *Brócoli*. http://hdl.handle.net/20.500.12324/1624

Valenzuela, M. (2010). *Composición química, valor nutricional y desarrollo de productos de harinas de flor, tallo y tronco de brócoli*.

Vargas, Y., & Pérez, L. (2018). Aprovechamiento de residuos agroindustriales para el mejoramiento de la calidad del ambiente. *Facultad de Ciencias Básicas*, *14*(1), 59–72. https://doi.org/10.18359/rfcb.xxxx

VIRESA. (2021, 19 julio). Analizadores de humedad. https://viresa.com.mx/blog_analizadores_humedad

Vo, T. D. K., Pham, B., Tran, T. Đ., & Nguyen, T. L. (2021). The Effect of Blanching and Drying Process to the Quality of Capsicum Frutescens L. *American Journal of Engineering Research (AJER)*, *10*(1), 192–196. www.ajer.org

ANEXOS

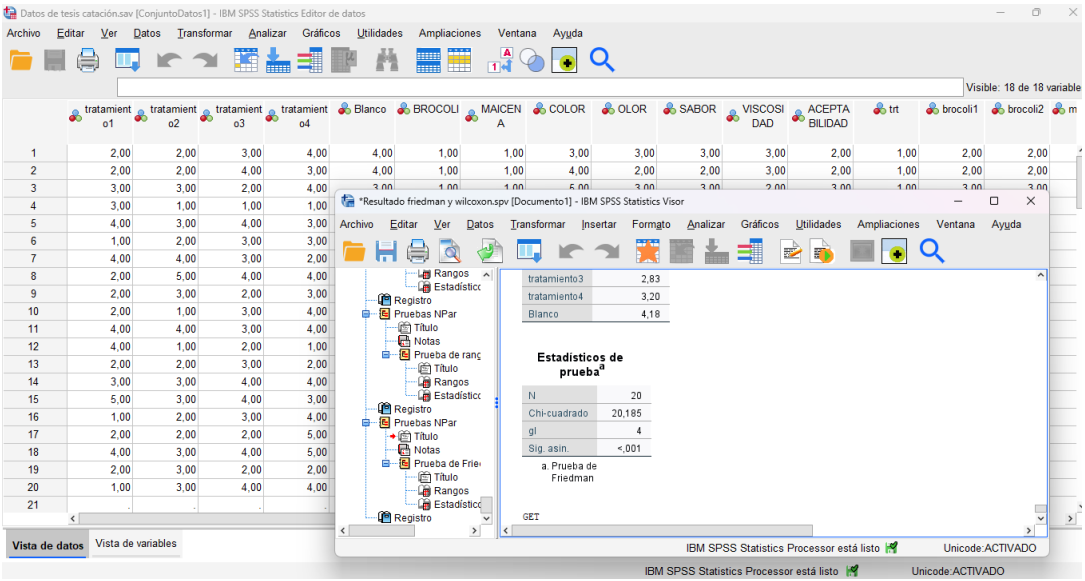
Anexo 1

Proceso de elaboración de la harina de tallos de brócoli



Anexo 2

Programa estadístico utilizado (IBM SPSS stadistics) para la tabulación de datos



Anexo 3

Tablas generadas por el paquete estadístico IBM SPSS stadistics

Prueba de rangos con signo de Wilcoxon — COLOR

Estadísticos de prueba[a]

	tratamiento2 -	tratamiento3 -	tratamiento4 -	Blanco - tratamiento1	tratamiento3 -	tratamiento4 -	Blanco - tratamiento2	tratamiento4 -	Blanco - tratamiento3	Blanco - tratamiento4
Z	-,222[b]	-1,961[b]	-1,965[b]	-,712[c]	-1,964[b]	-2,538[b]	-1,089[c]	-,819[b]	-2,475[c]	-3,144[c]
Sig. asin. (bilateral)	0,824	0,050	0,049	0,477	0,049	0,011	0,276	0,413	0,013	0,002

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon
b. Se basa en rangos positivos.
c. Se basa en rangos negativos.

Estadísticos de

N	20
Chi-cuadrado	7,069
gl	4
Sig. asin.	0,132

a. Prueba de Friedman

Prueba de rangos con signo de Wilcoxon — OLOR

Estadísticos de prueba[a]

	tratamiento2 -	tratamiento3 -	tratamiento4 -	tratamiento3 -	tratamiento4 -	tratamiento4 -	Blanco - tratamiento1	Blanco - tratamiento2	Blanco - tratamiento3	Blanco - tratamiento4
Z	-,876[b]	-1,641[b]	-2,279[b]	-1,144[b]	-2,456[b]	-1,439[b]	-,700[b]	-,027[c]	-,816[c]	-1,858[c]
Sig. asin. (bilateral)	0,381	0,101	0,023	0,253	0,014	0,150	0,484	0,979	0,414	0,063

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon
b. Se basa en rangos negativos.
c. Se basa en rangos positivos.

Estadísticos de

N	20
Chi-cuadrado	7,963
gl	4
Sig. asin.	0,093

a. Prueba de Friedman

Prueba de rangos con signo de Wilcoxon — SABOR

Estadísticos de prueba[a]

	tratamiento2 -	tratamiento3 -	tratamiento4 -	tratamiento3 -	tratamiento4 -	tratamiento4 -	Blanco - tratamiento1	Blanco - tratamiento2	Blanco - tratamiento3	Blanco - tratamiento4
Z	-1,516[b]	-,633[b]	-2,831[b]	-,926[c]	-1,449[b]	-2,156[b]	-3,386[b]	-2,892[b]	-3,158[b]	-1,983[b]
Sig. asin. (bilateral)	0,129	0,527	0,005	0,355	0,147	0,031	0,001	0,004	0,002	0,047

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon
b. Se basa en rangos negativos.
c. Se basa en rangos positivos.

Estadísticos de

N	20
Chi-cuadrado	25,815
gl	4
Sig. asin.	0,000

a. Prueba de Friedman

Prueba de rangos con signo de Wilcoxon — VISCOSIDAD

Estadísticos de prueba[a]

	tratamiento2 -	tratamiento3 -	tratamiento4 -	tratamiento3 -	tratamiento4 -	tratamiento4 -	Blanco - tratamiento1	Blanco - tratamiento2	Blanco - tratamiento3	Blanco - tratamiento4
Z	-1,108[b]	-,736[c]	-2,293[b]	-1,711[c]	-1,914[b]	-3,291[b]	-1,904[c]	-2,869[c]	-1,544[c]	-3,443[c]
Sig. asin. (bilateral)	0,268	0,462	0,022	0,087	0,056	0,001	0,057	0,004	0,123	0,001

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon
b. Se basa en rangos positivos.
c. Se basa en rangos negativos.

Estadísticos de

N	20
Chi-cuadrado	23,205
gl	4
Sig. asin.	0,000

a. Prueba de Friedman

Prueba de rangos con signo de Wilcoxon — ACEPTABILIDAD

Estadísticos de prueba[a]

	tratamiento2 -	tratamiento3 -	tratamiento4 -	tratamiento3 -	tratamiento4 -	tratamiento4 -	Blanco - tratamiento1	Blanco - tratamiento2	Blanco - tratamiento3	Blanco - tratamiento4
Z	-,201[b]	-1,106[c]	-1,321[c]	-1,641[c]	-1,938[c]	-,914[c]	-3,156[c]	-3,227[c]	-3,331[c]	-2,368[c]
Sig. asin. (bilateral)	0,841	0,269	0,187	0,101	0,046	0,361	0,002	0,001	0,001	0,018

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon
b. Se basa en rangos positivos.
c. Se basa en rangos negativos.

Estadísticos de

N	20
Chi-cuadrado	20,185
gl	4
Sig. asin.	0,000

a. Prueba de Friedman

Anexo 4

Ficha de catación para la evaluación sensorial

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS

Y BIOTECNOLOGÍA

CARRERA DE ALIMENTOS

Proyecto de titulación

"Evaluación sensorial de sopas a partir de diferentes premezclas que tienen como ingrediente principal harina de tallos de brócoli".

Nombre:_____

Fecha:_____

Instrucciones:

- Deguste las muestras de sopas en el orden indicado y marque con una X en el recuadro que usted considere la mejor opción según su percepción sensorial en la escala hedónica.
- Utilice el borrador de paladar antes de probar cada muestra.
- Si presenta alguna duda o inquietud durante el proceso de catación, coloque el esfero en la ventanilla.

COLOR 

Escala	Códigos				
	AM45	DB67	WS89	UP01	Blanco
1.Me disgusta					
2.Me disgusta poco					
3.Ni me gusta ni me disgusta					
4.Me gusta poco					
5.Me gusta mucho					

OLOR 

Escala	Códigos				
	AM45	DB67	WS89	UP01	Blanco
1.Me disgusta					
2.Me disgusta poco					
3.Ni me gusta ni me disgusta					
4.Me gusta poco					
5.Me gusta mucho					

SABOR 

Escala	Códigos				
	AM45	DB67	WS89	UP01	Blanco
1.Me disgusta					
2.Me disgusta poco					
3.Ni me gusta ni me disgusta					
4.Me gusta poco					
5.Me gusta mucho					

VISCOSIDAD 

Escala	Códigos

	AM45	DB67	WS89	UP01	Blanco
1.Me disgusta					
2.Me disgusta poco					
3.Ni me gusta ni me disgusta					
4.Me gusta poco					
5.Me gusta mucho					

ACEPTABILIDAD 

Escala	Códigos				
	AM45	DB67	WS89	UP01	Blanco
1.Me disgusta					
2.Me disgusta poco					
3.Ni me gusta ni me disgusta					
4.Me gusta poco					
5.Me gusta mucho					

Observaciones:

_____

¡GRACIAS POR SU COLABORACIÓN!



Anexo 5

Certificado de análisis de laboratorio de LACONAL



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA
LABORATORIO DE CONTROL Y ANÁLISIS DE ALIMENTOS

LACONAL

"Laboratorio de Ensayo Acreditado por el SAE con acreditación N°: SAE LEN 10-008" 01594

CERTIFICADO DE ANALISIS DE LABORATORIO

Certificado No: 25-022			R01-7.8.03
Solicitud N°: 25-022			Pág. 1 de 1
Fecha recepción: 05 de mayo de 2025		Fecha de ejecución de ensayos: 07 al 14 de mayo de 2025	
Información del cliente:			
Empresa:		C.I./RUC: 1850162015	
Representante: MARJORY CHIMBO		Tlf: 0983530254	
Dirección: Ambato		Email: mchimbo2015@uta.edu.ec	
Ciudad: Ambato			
Descripción de las muestras:			
Producto: Premezcla para sopas		Peso / Volumen: 200g	
Marca comercial: n/a		Tipo de envase: funda resellable aluminizada	
Lote: n/a		No de muestras: una	
F. Elb.: n/a		F. Exp.: n/a	
Conservación: Ambiente: X Refrigeración: Congelación:		Almac. en Lab: 30 días	
Cierres seguridad: Ninguno: X Intactos: Rotos:		Muestreo por el cliente: 05 de mayo de 2025	

RESULTADOS OBTENIDOS

Muestras	Código del laboratorio	Código cliente	Ensayos solicitados/Técnica	Métodos utilizados	Unidades	Resultados
Premezcla para sopas	02225058	Ninguno	Proteína total, Kjeldhal	PE03-7.2-FQ . AOAC Ed. 22, 2023 2001.11	%(Nx6,25)	12,5
			*Grasa, Gravimetría	PE13-7.2-FQ. AOAC Ed. 22, 2023 2003.06	%	5,16
			*Fibra dietética total, Gravimetrico-enzimática	AOAC 985.29. Ed.22, 2023	%	21,4

Conds. Ambientales: 21,1 °C; 57,9%HR

Nota: Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE

Ing. Gladys Risueño
Directora de Calidad

Autorización para transferencia electrónica de resultados: Si

Fecha de emisión del certificado: 15 de mayo de 2025

Nota: La muestra fue suministrada por el cliente y los resultados se aplican a la muestra en las condiciones recibidas. El Laboratorio se responsabiliza exclusivamente de los resultados emitidos en base a la muestra entregada por el cliente.

El Laboratorio no es responsable por el uso incorrecto de este certificado. No es un documento negociable. Sólo se permite su reproducción sin fines de lucro y haciendo referencia a la fuente.

"La información que se está enviando es confidencial, exclusivamente para su destinatario, y no puede ser vinculante. Si usted no es el destinatario de esta información recomendamos eliminarla inmediatamente. La distribución o copia del mismo está prohibida y será sancionada según el proceso legal pertinente"

UTA

Dir.: Universidad Técnica de Ambato, Campus Huachi, Av. Los chasquis y Río Payamino
Edificio Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología / Ambato - Ecuador
(593) 32400987 ext. 5517; 5518 http://laconal.uta.edu.ec laconal@uta.edu.ec