



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN
CARRERA DE AGROINDUSTRIA

Trabajo de Integración
Curricular previo la obtención
del Grado Académico de
Ingeniera Agroindustrial.

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:

**“ELABORACIÓN DE UN PRODUCTO SOLUBLE A BASE DE ALMENDRA
(*Punus dulcis*) Y NUEZ (*Juglans regia L.*) QUE OFREZCA UNA
CONCENTRACIÓN ÓPTIMA DE NUTRIENTES ESENCIALES”**

Autora:

DARA GENESIS CARRILLO AVILES

DIRECTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:

QCO. LOGUARD SMITH ROJAS URIBE, MSC.

QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR

2025



DECLARACIÓN DE AUDITORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **DARA GENESIS CARRILLO AVILES**, declaro que la investigación aquí descrita es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este documento, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

DARA GENESIS CARRILLO AVILES
C.I.: 0929122463



CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, **Ing. Loguard Smith Rojas Uribe, MSc.** Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que la estudiante, **Dara Genesis Carrillo Aviles**, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado “**Elaboración de un producto soluble a base de almendra (*Punus dulcis*) y nuez (*Juglans regia L.*) que ofrezca una concentración óptima de nutrientes esenciales**”, previo a la obtención del título de **Ingeniera Agroindustrial**, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto

Qco. Loguard Smith Rojas Uribe, MSc.
DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

El suscrito, **Ing. Loguard Smith Rojas Uribe, MSc.** Mediante el presente cumpla en presentar a usted, el informe de proyecto de Investigación titulado **“Elaboración de un producto soluble a base de almendra (*Punus dulcis*) y nuez (*Juglans regia L.*) que ofrezca una concentración óptima de nutrientes esenciales”**, presentado por la estudiante **Dara Genesis Carrillo Aviles**, estudiante de la Carrera de Agroindustria, que fue revisado bajo mi dirección según resolución del Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Industria y Producción, que se ha desarrollado de acuerdo al Reglamento de la Unidad de Integración Curricular de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y cumple con el requerimiento de análisis de COMPILATIO el cual avala los niveles de originalidad en un 93% y similitud 7%, del trabajo investigativo. Valido este documento para que el estudiante siga con los trámites pertinentes, de acuerdo como lo establece el Reglamento.

**CERTIFICADO DE ANÁLISIS**
magister

TESIS DARA CARRILLO FINAL
ÚLTIMOoo

7%
Textos
sospechosos



7% Similitudes
< 1% similitudes entre
comillas
1% entre las fuentes
mencionadas
0% Idiomas no reconocidos

Nombre del documento: TESIS DARA CARRILLO FINAL ÚLTIMOoo.docx
ID del documento: cfa775a7a271075aa1f8e3289f3964ed99271c69
Tamaño del documento original: 5,09 MB

Depositante: LOGUARD SMITH ROJAS URIBE
Fecha de depósito: 15/5/2025
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 15/5/2025

Número de palabras: 16.144
Número de caracteres: 109.324

Qco. Loguard Smith Rojas Uribe, MSc.
DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN
CARRERA DE AGROINDUSTRIA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

“Elaboración de un producto soluble a base de almendra (*Punus dulcis*) y nuez (*Juglans regia L.*) que ofrezca una concentración óptima de nutrientes esenciales”

Presentado al Consejo Directivo de la Facultad de ciencias de la industria y Producción como requisito previo a la obtención del título de Ingeniera Agroindustrial.

Aprobado por:

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL
Ing. Gina Mariuxi Guapi Álava MSc.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL
Ing. Fernanda Germania Tirira Chulde

MIEMBRO DEL TRIBUNAL
Ing. Diego Armando Tuarez García

QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR

2025

AGRADECIMIENTO

Estoy muy agradecida con todas las personas que han formado parte de mi vida y que han contribuido de manera invaluable a mi crecimiento profesional. Doy infinitamente gracias a Dios, por haberme dado fuerza y valor para culminar esta etapa de mi vida.

Agradezco también la confianza y el apoyo brindado por parte de mis Padres Manuel y Erika, a mis hermanos y mi pareja sentimental, que sin duda alguna en el trayecto de mi vida han sido una pieza clave para nunca rendirme, corrigiendo mis faltas y celebrando mis triunfos. Que están orgulloso de la persona en la cual me he convertido.

Asimismo, quiero reconocer y agradecer a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo por hoy una formación integral, basada en valores y conocimientos impartidos por tacados docentes tutores y autoridades académicas.

Agradezco especialmente a mi jefa Sara Peralta, quien me ha ayudado en este transcurso de mi carrera universitaria, dándome apoyo y motivación.

A mis amigas Genesis Espinoza y Jennifer Jadan, por compartir momentos de alegría, tristeza y demostrarme que siempre podré contar con ellos.

Al Ing. Loguard Smith Rojas Uribe, por su dedicación, orientación y el compromiso durante la elaboración de este proyecto.

Dara Genesis Carrillo Aviles

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis Padres, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional

A mi familia en general, porque me han brindado su apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momentos.

Y a mis amigos que, gracias a su apoyo, y conocimientos hicieron de esta experiencia una de las más especiales.

Dara Genesis Carrillo Aviles

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo desarrollar un producto soluble a base de almendra (*Prunus dulcis*) y nuez (*Juglans regia L.*) con una concentración óptima de nutrientes esenciales, empleando el método de secado por atomización (*spray drying*). La investigación abordó la formulación del producto considerando diferentes proporciones de almendra y nuez, y evaluó sus propiedades fisicoquímicas, sensoriales y nutricionales. Se realizó un diseño experimental con tres formulaciones (T1: 50% almendra - 50% nuez, T2: 30% almendra - 70% nuez y T3: 70% almendra - 30% nuez). Se analizaron variables como contenido de proteína, grasa, antioxidantes y polifenoles, aplicando pruebas de análisis de varianza (ANOVA) y pruebas de significancia (*LSD Fisher*). La formulación T2 se destacó con el mayor contenido de nutrientes: 2.41% de proteína, 2.91% de grasa, 4.0324 mg/g de polifenoles y 33.53 µg Eq. Trolox/mL de antioxidantes. Este perfil se atribuye al alto porcentaje de nuez, rica en compuestos bioactivos. En contraste, T3 presentó los valores más bajos en estos parámetros. En términos de solubilidad y evaluación sensorial, se encontró que la proporción equilibrada de almendra y nuez favoreció la aceptación del producto. Se concluye que la formulación T2 (30% almendra + 70% nuez) proporciona un producto con mejor perfil nutricional, destacando su potencial como alternativa funcional en la industria alimentaria. La optimización del proceso de secado es clave para mejorar la estabilidad y biodisponibilidad de los nutrientes.

Palabras clave: *Almendra, nuez, producto soluble, antioxidantes, secado por aspersión.*

ABSTRACT

The present study aimed to develop a soluble product based on almonds (*Prunus dulcis*) and walnuts (*Juglans regia* L.) with an optimal concentration of essential nutrients, employing the spray drying method. The research addressed the formulation of the product considering different proportions of almond and walnut, and evaluated its physicochemical, sensory and nutritional properties. An experimental design was carried out with three formulations (T1: 50% almond - 50% walnut, T2: 30% almond - 70% walnut and T3: 70% almond - 30% walnut). Variables such as protein, fat, antioxidant and polyphenol content were analyzed by applying analysis of variance tests (ANOVA) and significance tests (LSD Fisher). Formulation T2 stood out with the highest nutrient content: 2.41% protein, 2.91% fat, 4.0324 mg/g of polyphenols and 33.53 µg Eq. Trolox/mL of antioxidants. This profile is attributed to the high percentage of walnut, rich in bioactive compounds. In contrast, T3 presented the lowest values in these parameters. In terms of solubility and sensory evaluation, it was found that the balanced proportion of almond and walnut favored product acceptance. It is concluded that formulation T2 (30% almond + 70% walnut) provides a product with a better nutritional profile, highlighting its potential as a functional alternative in the food industry. The optimization of the drying process is key to improve the stability and bioavailability of nutrients.

Key words: Almond, nut, soluble product, antioxidants, spray drying .

ÍNDICE

DECLARACIÓN DE AUDITORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	ii
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	iii
CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO	iv
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
DEDICATORIA.....	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT	ix
ÍNDICE	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvi
ÍNDICE DE ANEXOS	xviii
CÓDIGO DUBLIN	xix
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I.....	2
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACION	2
1.1. Problema de investigación	4
1.1.1. Planteamiento del problema	4
1.1.2. Formulación del problema	5
1.1.3. Sistematización del problema.....	5
1.2. Objetivos.....	5
1.2.1. Objetivo general	5
1.2.2. Objetivos específicos	5
1.3. Justificación	6
CAPÍTULO II.....	7

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	7
2.1. Marco conceptual	8
2.1.1. Aspectos generales de la almendra	8
2.1.1.1. Origen.....	8
2.1.1.2. Composición de la almendra.	9
2.1.1.3. Usos de la almendra.	10
2.1.1.4. Propiedades de la almendra.	10
2.1.1.5. Compuestos bioactivos.....	10
2.1.1.6. Taxonomía y morfología de la almendra (<i>Prunus amygdalus</i> L.).	11
2.1.2. Aspectos generales de la nuez (<i>Juglans regia</i> L)	11
2.1.2.1. Origen.....	11
2.1.2.2. Taxonomía y morfología de la almendra (<i>Prunus amygdalus</i> L.).	12
2.1.2.3. Composición de la nuez.....	14
2.1.2.4. Propiedades de la nuez.	14
2.1.2.5. Compuestos bioactivos de la nuez.	15
2.1.3. Spray drying	15
2.1.3.1. Secado.	16
2.1.3.2. Principios del Secado por Atomización.....	16
2.1.3.3. Factores que Influyen en las Propiedades del Polvo.....	17
2.1.3.4. Aplicaciones en Suplementos Solubles.....	17
2.1.3.5. Desafíos del secado por atomización.	17
2.1.3.6. Secado por aspersión.	18
2.1.3.7. Desafíos del secado por aspersión.	18
2.1.3.8. Solubilidad.....	18
2.1.3.9. Innovaciones en la Industria de Suplementos Nutricionales.	19
2.1.3.10. Maltodextrina.....	19
2.1.3.11. Aplicación en alimentos	20

2.1.3.12. Análisis Sensorial.....	20
2.2. Marco Referencial	20
CAPÍTULO III	22
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	22
3.1. Localización del estudio	23
3.2. Tipo de investigación.....	24
3.2.1. Investigación aplicada.....	24
3.2.2. Investigación explorativa	24
3.2.3. Investigación analítica.....	24
3.3. Métodos de investigación	25
3.3.1. Método inductivo-deductivo	25
3.3.2. Método estadístico	25
3.4. Fuentes de recopilación de información	25
3.4.1. Fuentes primarias.....	26
3.4.2. Fuentes secundarias	26
3.5. Diseño de la investigación	26
3.5.1. Esquema del Anova	27
3.6. Instrumentos de investigación.....	27
3.6.1. Variables de estudio	27
3.6.2. Procedimiento de la bebida leche de almendra y nuez	29
3.6.3. Descripción del proceso de elaboración de la leche de almendra y nuez	30
3.7. Tratamientos de los datos.....	34
3.7.1. Determinación de la densidad	34
3.7.2. Humedad	34
3.7.3. Solubilidad	35
3.7.4. Evaluación sensorial	35
3.8. Recursos humanos y materiales	36

3.8.1. Recursos humanos	36
CAPITULO IV	37
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
4.1. Resultados	38
4.1.1. Análisis de los resultados del estudio sobre las propiedades fisicoquímicas del producto soluble de almendra y nuez	38
4.1.1.1. Resultados del análisis de varianza de proteína de un producto soluble de almendra y nuez	38
Prueba de múltiples Rangos (LSD) del contenido de proteína	38
4.1.1.2. Resultados del análisis de varianza de grasa de un producto soluble de almendra y nuez	39
Prueba de múltiples Rangos (LSD) del contenido de grasa	39
4.1.1.3. Resultados del análisis de varianza de ceniza de un producto soluble de almendra y nuez.	40
Prueba de múltiples Rangos (LSD) del contenido de ceniza	41
4.1.1.4. Resultados del análisis de varianza de acidez de un producto soluble de almendra y nuez	42
Prueba de múltiples Rangos (LSD) del contenido de acidez	42
4.1.1.5. Resultados del análisis de varianza de polifenoles de un producto soluble de almendra y nuez	43
Prueba de múltiples Rangos (LSD) del contenido de polifenoles	43
4.1.1.6. Resultados del análisis de varianza de antioxidantes de un producto soluble de almendra y nuez	44
Prueba de múltiples Rangos (LSD) del contenido de antioxidantes	44
4.1.2. Discusión general	46
CAPITULO V	48
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	48
5.1. Conclusiones	50
5.2. Recomendaciones	51

CAPÍTULO VI	52
BIBLIOGRAFÍA	52
6.1. Bibliografía	53
CAPITULO VII	61
ANEXOS.....	61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición química y valor nutricional de la almendra	9
Tabla 2. Composición química y valor nutricional de la nuez	14
Tabla 3. Características climáticas del sitio experimental.....	23
Tabla 4. Descripción de los tratamientos propuestos para la obtención de una mezcla soluble eficiente entre la almendra y nuez.	27
Tabla 5. Esquema del análisis de varianza (DCA) para las variables en estudio.	27
Tabla 6. Densidad y Rendimiento de los tratamientos de almendra y nuez	33
Tabla 7. Recurso humanos y materiales para la realización de este proyecto	36
Tabla 8. Análisis de varianza del contenido de proteína en un producto soluble elaborado con almendra y nuez	38
Tabla 9. Prueba de múltiples rangos (LSD) del contenido de proteína del producto	38
Tabla 10. Análisis de varianza del contenido de grasa en un producto soluble elaborado con almendra y nuez	39
Tabla 11. Prueba de múltiples rangos (LSD) del contenido de grasa del producto	39
Tabla 12. Análisis de varianza del contenido de ceniza en un producto soluble elaborado con almendra y nuez.	40
Tabla 13. Prueba de múltiples rangos (LSD) del contenido de ceniza del producto	41
Tabla 14. Análisis de varianza del contenido de acidez en un producto soluble elaborado con almendra y nuez.	42
Tabla 15. Prueba de múltiples rangos (LSD) del contenido de acidez del producto	42
Tabla 16. Análisis de varianza del contenido de polifenoles en un producto soluble elaborado con almendra y nuez.	43
Tabla 17. Prueba de múltiples rangos (LSD) del contenido de polifenoles del producto ...	43
Tabla 18. Análisis de varianza del contenido de antioxidantes en un producto soluble elaborado con almendra y nuez.	44
Tabla 19. Prueba de múltiples rangos (LSD) del contenido de antioxidantes del producto	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Semillas de almendras crudas.....	8
Figura 2. Nuez entera y media.....	12
Figura 3. Ubicación del "Campus La María de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo"	23
Figura 4. Diagrama de bloques mostrando corrientes de entrada y salida del proceso del producto soluble a base de Almendra y Nuez	29
Figura 5. Diagrama de bloques mostrando el balance de entrada y salida del proceso del producto soluble a base de Almendra y Nuez	32
Figura 6. Recepción de la almendra.....	61
Figura 7. Recepción de la nuez.....	61
Figura 8. Remojo de las materias primas	61
Figura 9. Peso de la almendra después del remojo	62
Figura 10. Peso de la nuez después del remojo	62
Figura 11. Licuado	62
Figura 12. Cernido	63
Figura 13. Extracto de la materia prima.....	63
Figura 14. Residuos de las materias primas	63
Figura 15. Residuos del cernido junto al extracto	64
Figura 16. Pesado de la maltodextrina	64
Figura 17. Secado de la harina cernida	64
Figura 18. Secado de la almendra.....	65
Figura 19. Secado de la nuez.....	65
Figura 20. Peso de la almendra después del secado	65
Figura 21. Peso de la nuez después del secado	66
Figura 22. Tratamientos	66
Figura 23. Agregación de la maltodextrina	66
Figura 24. Proceso para el producto soluble	67
Figura 25. Producto final.....	67
Figura 26. Determinación del Spray dryer	68
Figura 27. Determinación de grasa	68
Figura 28. Determinación de humedad	68
Figura 29. Determinación de cenizas.....	69

Figura 30. Determinación de acidez	69
Figura 31. Determinación de polifenoles	69
Figura 32. Resultados del análisis de significancia de grasa.....	70
Figura 33. Resultados del análisis de significancia de polifenoles.....	70
Figura 34. Resultados del análisis de significancia de acidez	71
Figura 35. Resultados del análisis de significancia de proteína	71
Figura 36. Resultados del análisis de significancia de los antioxidantes.....	72
Figura 37. Resultados del análisis de significancia de ceniza.....	72

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. <i>Proceso de la elaboración de un producto soluble a base de almendra y nuez ..</i>	61
Anexo 2. <i>Análisis fisicoquímicos de la elaboración de un producto soluble a base de almendra y nuez</i>	68
Anexo 3. <i>Resultados del análisis de significancia (prueba de Fisher LSD) en relacion con los factores evaluados en los análisis fisicoquímicos de un producto soluble de almendra y nuez</i>	70

CÓDIGO DUBLIN

Título:	“Elaboración de un producto soluble a base de almendra (<i>Prunus dulcis</i>) y nuez (<i>Juglans regia</i> L.) que ofrezca una concentración óptima de nutrientes esenciales”		
Autor:	Dara Genesis Carrillo Aviles		
Palabras claves:	Secado por aspersión	Almendra y Nuez	Producto soluble
Fecha de publicación:	Mayo, 2025		
Editorial:	Quevedo- UTEQ “La María”, 2025		
Resumen:	El presente estudio tuvo como objetivo desarrollar un producto soluble a base de almendra (<i>Prunus dulcis</i>) y nuez (<i>Juglans regia</i> L.) con una concentración óptima de nutrientes esenciales, empleando el método de secado por atomización (<i>spray drying</i>). La investigación abordó la formulación del producto considerando diferentes proporciones de almendra y nuez, y evaluó sus propiedades fisicoquímicas, sensoriales y nutricionales. Se realizó un diseño experimental con tres formulaciones (T1: 50% almendra - 50% nuez, T2: 30% almendra - 70% nuez y T3: 70% almendra - 30% nuez). Se analizaron variables como contenido de proteína, grasa, antioxidantes y polifenoles, aplicando pruebas de análisis de varianza (ANOVA) y pruebas de significancia (<i>LSD Fisher</i>). La formulación T2 se destacó con el mayor contenido de nutrientes: 2.41% de proteína, 2.91% de grasa, 4.0324 mg/g de polifenoles y 33.53 µg Eq. Trolox/mL de antioxidantes. Este perfil se atribuye al alto porcentaje de nuez, rica en compuestos bioactivos. En contraste, T3 presentó los valores más bajos en estos parámetros. En términos de solubilidad y evaluación sensorial, se encontró que la proporción equilibrada de almendra y nuez favoreció la aceptación del producto. Se concluye que la formulación T2 (30% almendra + 70% nuez) proporciona un producto con mejor perfil nutricional, destacando su potencial como alternativa funcional en la industria alimentaria. La optimización del proceso de secado es clave para mejorar la estabilidad y biodisponibilidad de los nutrientes		
Abstract:	The present study aimed to develop a soluble product based on almonds (<i>Prunus dulcis</i>) and walnuts (<i>Juglans regia</i> L.) with an optimal concentration of essential nutrients, employing the spray drying method. The research addressed the formulation of the product considering different proportions of almond and walnut, and evaluated its physicochemical, sensory and nutritional properties. An experimental design was carried out with three formulations (T1: 50% almond - 50% walnut, T2: 30% almond - 70% walnut and T3: 70% almond - 30% walnut). Variables such as protein, fat, antioxidant and polyphenol content were analyzed by applying analysis of variance tests (ANOVA) and significance tests (<i>LSD Fisher</i>). Formulation T2 stood out with the highest nutrient content: 2.41% protein, 2.91% fat, 4.0324 mg/g of polyphenols and 33.53 µg Eq. Trolox/mL of antioxidants. This profile is attributed to the high percentage of walnut, rich in bioactive compounds. In contrast, T3 presented the lowest values in these parameters. In terms of solubility and sensory evaluation, it was found that the balanced proportion of almond and walnut favored product acceptance. It is concluded that formulation T2 (30% almond + 70% walnut) provides a product with a better nutritional profile, highlighting its potential as a functional alternative in the food industry. The optimization of the drying process is key to improve the stability and bioavailability of nutrients.		
Descripción:	91 hojas: dimensiones 29 x 21 cm + CD ROM 6162		
URI:			

INTRODUCCIÓN

La presente investigación se centró en el desarrollo de un producto soluble innovador a base de almendra (*Prunus dulcis*) y nuez (*Juglans regia* L.), buscando ofrecer una concentración óptima de nutrientes esenciales. Este proyecto responde a la creciente demanda de alternativas alimenticias funcionales y convenientes, que aprovechen las bondades nutricionales de los frutos secos. La almendra y la nuez son reconocidas por su alto contenido de grasas saludables, proteínas, vitaminas, minerales y antioxidantes, lo que las convierte en insumos ideales para enriquecer la dieta y promover la salud.

A nivel mundial, la producción de almendras alcanzó aproximadamente 6.56 millones de toneladas en 2023, con Estados Unidos, España y Australia como principales productores, representando más del 70 % de la producción global. La producción mundial de nuez se estima en alrededor de 4.5 millones de toneladas anuales, siendo China, Estados Unidos, Irán y Turquía los mayores productores, con una participación significativa en el mercado global (Maluenda, 2021).

En Ecuador, aunque existe un cultivo establecido de nuez común (*Juglans regia*) principalmente en la región de Ambato, en altitudes de 2.300 a 2.700 metros y clima templado, su producción aún es limitada y poco desarrollada a nivel comercial. Por otro lado, el cultivo de almendra no está ampliamente desarrollado en el país debido a que el clima tropical ecuatoriano no cumple con los requerimientos de frío y condiciones secas necesarias para el óptimo desarrollo del almendro, lo que limita su producción local. Sin embargo, Ecuador posee potencial para el cultivo y aprovechamiento de nueces y almendras, especialmente si se impulsa la diversificación agrícola y la generación de valor agregado en la industria alimentaria local.

El método de secado por atomización (*spray drying*) fue seleccionado como técnica de procesamiento, debido a su capacidad para transformar líquidos en polvos finos y solubles, preservando las propiedades nutricionales y funcionales de los ingredientes. La solubilidad es un factor clave en la aceptación del producto, ya que facilita su incorporación en diversas preparaciones y bebidas.

En este estudio, se exploraron diferentes formulaciones con variadas proporciones de almendra y nuez, evaluando su impacto en las características fisicoquímicas del producto final. Se analizaron variables como el contenido de proteína, grasa, antioxidantes,

polifenoles y la solubilidad, con el fin de identificar la formulación óptima que combine un perfil nutricional balanceado con una buena aceptación sensorial.

Para el diseño experimental, se propone un diseño completamente al azar, con tres tratamientos que fueron sometidos a cinco repeticiones, generando un total de quince unidades experimentales, lo que permitió analizar el efecto de las diferentes formulaciones sobre las variables de respuesta. Este estudio contribuye al conocimiento de las propiedades y el potencial de la almendra y la nuez como ingredientes funcionales, y ofrece información valiosa para la formulación de productos alimenticios innovadores y nutritivos.

CAPITULO I

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACION

1.1. Problema de investigación

1.1.1. Planteamiento del problema

En la diversidad agroclimática de Ecuador, las almendras y nueces destacaban no solo por su exquisitez, sino también por sus perfiles nutricionales excepcionales. Abundantes en grasas saludables, proteínas y vitaminas esenciales, estos frutos se posicionaban como ingredientes valiosos para promover una dieta equilibrada y saludable. Sin embargo, a pesar de su potencial, la oferta de productos innovadores basados en almendras y nueces en el mercado ecuatoriano era limitada.

La realización de este proyecto surgió como respuesta a la carencia de opciones disponibles y a la necesidad del consumidor, un claro ejemplo era el rápido uso que iba a tener al ser un producto soluble, presentando una solución innovadora a desafíos relacionados con la convivencia y versatilidad en la alimentación. También al ser soluble podía resolver problemas relacionados con el espacio de almacenamiento y transporte. Al no requerir grandes volúmenes para lograr la disolución, el producto ocupaba menos espacio, tanto en los estantes de las tiendas como en los hogares de los consumidores. Brindaba a los consumidores la ventaja de almacenar.

Diagnóstico

En la actualidad el desarrollo de un producto soluble a base de almendra (*Prunus dulcis*) y nuez (*Juglans regia L.*) mediante secado por spray dryer es una alternativa innovadora en alimentos funcionales. Sin embargo, este proceso enfrenta desafíos como la sensibilidad de los nutrientes liposolubles y antioxidantes al calor, lo que podría afectar su biodisponibilidad. Además, el alto contenido graso de las materias primas puede dificultar la formación de un polvo homogéneo y soluble, requiriendo aditivos como maltodextrinas o gomas, que pueden alterar el perfil nutricional. La optimización del proceso es clave para equilibrar la preservación de nutrientes, la eficiencia del secado y la calidad del producto final.

Pronóstico

La falta de investigación sobre la producción de un producto soluble a base de almendra (*Prunus dulcis*) y nuez (*Juglans regia L.*) mediante secado por spray dryer impediría resolver problemas clave del proceso. Sin un estudio técnico, no se definirían estrategias para minimizar la degradación de nutrientes sensibles al calor ni para mejorar la solubilidad sin

comprometer la calidad nutricional. Además, se desconocerían las condiciones óptimas para reducir el consumo energético y los costos operativos. A nivel comercial, la ausencia de este desarrollo limitaría la diversificación de productos en la industria alimentaria, desaprovechando la creciente demanda de alternativas funcionales y prácticas.

1.1.2. Formulación del problema

¿Será posible elaborar un producto soluble de agradable sabor y textura a base de la leche de almendra y nuez?

1.1.3. Sistematización del problema

¿Cuáles serán las proporciones óptimas de almendra y nuez que impactará de manera positiva en la calidad y preferencia del producto final?

¿Cómo se puede aplicar eficientemente el método de Spray dryer para obtener una mezcla soluble de almendra y nuez, maximizando la preservación de sus propiedades naturales?

¿De qué manera la formulación, incluyendo las proporciones de almendra y nuez, afecta la solubilidad del producto y cómo pueden adjuntarse estos factores para lograr una solubilidad óptima?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

- Elaborar un producto soluble a base de almendra y nuez que ofrezca una concentración óptima de nutrientes esenciales.

1.2.2. Objetivos específicos

- Evaluar las proporciones de almendra y nuez que ofrezcan el mejor producto
- Obtener mediante método físico una mezcla soluble de almendra y nuez.
- Caracterizar fisicoquímicamente la mezcla soluble de almendra y nuez.

1.3. Justificación

La elaboración de un producto soluble a base de almendra y nuez radica en la creciente demanda del mercado por opciones alimenticias que combinen beneficios nutricionales con conveniencia y versatilidad de consumo. Las almendras y nueces son reconocidas por su perfil nutricional, que incluye grasas saludables, proteínas, fibra y una variedad de compuestos bioactivos con potenciales beneficios para la salud (Ros, 2010).

La investigación de (Ros, 2010), subraya la importancia de los frutos secos, como las almendras y nueces, en la prevención de enfermedades cardiovasculares y otras condiciones crónicas.

El método de secado por atomización es particularmente adecuado para este propósito porque permite transformar líquidos en polvos finos y homogéneos, preservando las propiedades nutricionales y organolépticas de los ingredientes originales, este método asegura una alta solubilidad del producto final. Además, ayuda a proteger los compuestos bioactivos presentes, manteniendo sus propiedades antioxidantes y antiinflamatorias, lo que contribuye a la salud general del consumidor (Gharsallaoui et al., 2007).

La solubilidad del producto agrega un componente esencial de conveniencia para los consumidores ocupados y modernos. Al ser soluble, el producto se adapta fácilmente a diversas aplicaciones culinarias y se mezcla de manera eficiente en líquidos, ofreciendo versatilidad en el consumo diario (Loayza-Salazar et al., 2024).

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual

2.1.1. Aspectos generales de la almendra

2.1.1.1. Origen

La almendra proviene del suroeste del continente asiático, en las zonas donde actualmente se sitúan Irán, Turquía y El Cáucaso. Su uso se remonta a millas de años, donde su cultivo ya era extendido en el área del Mediterráneo. Su cultivo fue extendido en el Mediterráneo ya en tiempos muy antiguos. Los griegos y romanos la usaban en sus comidas y remedios por su gran sabor y valor nutritivo (Hernández Bermejo et al., 2012).

Hoy en día, dos de los mayores productores de almendras del mundo son España y los Estados Unidos. En Estados Unidos, California es el mayor productor de almendras, al igual que los productores de almendras en Italia, Australia y Marruecos. California es responsable por la mayor parte de la producción de almendras en el país debido a su clima favorable para el cultivo de este árbol (Velasco Muñoz & Aznar Sánchez, 2016).

El cultivo de las almendras ha tenido un impacto en la economía de diferentes regiones debido a la exportación, pero lo que es más importante, el impacto positivo que tiene en la biodiversidad y el medio ambiente. Los árboles de almendras brindan sombra, ayudan en la conservación del suelo y actúan como un refugio para diferentes especies de insectos y aves (De Pablo Valenciano et al., 2016).

Figura 1.

Semillas de almendras crudas



Nota: (Freepik, 2025b)

2.1.1.2. Composición de la almendra.

Las almendras son frutos secos altamente nutritivos, conocido por su rica composición en grasas saludables, proteínas, fibra, vitaminas y minerales. Su perfil nutricional la convierte en un alimento ideal para promover la salud cardiovascular, controlar el peso y mejorar el bienestar general. En esta sección, exploraremos en detalle los componentes clave de la almendra y sus beneficios para la salud.

Tabla 1.

Composición química y valor nutricional de la almendra

Composición química de la almendra (100 g)		
Macronutrientes	Unidad	Valor
Energía	kcal	604
Proteínas	g	20
Grasas totales	g	53.5
Hidratos de carbono	g	3.5
Fibra	g	14.3
Minerales		
Calcio	mg	254
Hierro	mg	4.2
Magnesio	mg	258
Fosforo	mg	510
Potasio	mg	860
Zinc	mg	1.7
Vitaminas		
Tiamina	mg	0.24
Riboflavina	mg	0.67
Niacina	mg	5.3
Vitamina E	µg	96
Folatos	mg	20
Aceite	%	48 – 67
Ácido oleico	%	63 - 78
Ácido linoleico	%	12 - 27

Nota: (Zeb, 2021)

2.1.1.3. Usos de la almendra.

Las almendras son utilizadas en la industria y la repostería. Estas pueden ser profundas en aceite como aperitivo, o incluso empleadas directamente en ensaladas y otras guarniciones. También son especiales en la elaboración de tortas, galletas, o incluso muffins. Asimismo, las almendras en su forma molida se pueden incorporar en la repostería sin gluten. Otros usos incluyen el aceite de almendras para la cocina y cosmética. Las almendras poseen propiedades que benefician la salud cardiovascular y permiten manejar el peso, otorgándoles a estas un gran valor dentro de una dieta balanceada. Por otro lado, el aceite de almendra se utiliza en la cosmética por su capacidad de aportar hidratación y protección a la piel (Arrázola-Paternina et al., 2015).

2.1.1.4. Propiedades de la almendra.

Las almendras destacan por sus múltiples propiedades nutricionales y beneficios para la salud. Tienen grasas que mejoran el corazón, bajan el colesterol malo y suben el bueno. También tienen cosas que protegen las células, como los polifenoles en la piel, que luchan contra el daño y ayudan a evitar enfermedades largas. Sus muchas fibras y proteínas las hacen buenas para controlar el peso y el bienestar del vientre. También son una gran mina de minerales como el calcio y el magnesio, vitales para mantener los huesos sanos. Debido a su alto nivel de calcio, las almendras pueden ser como otros lácteos, algo muy clave para quienes no toleran la lactosa y mamás embarazadas (López León & Ureña Solís, 2012).

Las almendras, tienen vitaminas B, vitamina E, niacina y vitamina A, son fundamentales para diversas funciones metabólicas y para la regeneración de los tejidos. Dentro del grupo de los frutos secos, sobresalen por su alto contenido de α -tocoferol, la forma más bioactiva de la vitamina E, un compuesto con propiedades antioxidantes esenciales para la protección celular y la prevención del estrés oxidativo (Irigaray et al., 2021).

2.1.1.5. Compuestos bioactivos

Las almendras contienen una variedad de compuestos bioactivos con propiedades antioxidantes, entre los que destacan los polifenoles, flavonoides, proantocianidinas y taninos hidrolizables. Estos compuestos desempeñan un papel fundamental en la protección del organismo contra el estrés oxidativo, un proceso asociado con el envejecimiento celular y el desarrollo de enfermedades crónicas como enfermedades cardiovasculares, diabetes tipo 2 y ciertos tipos de cáncer. Los polifenoles, en particular, tienen la capacidad de neutralizar

los radicales libres, moléculas inestables que pueden dañar las células y contribuir a la inflamación. Además, los flavonoides presentes en las almendras tienen efectos antiinflamatorios y cardioprotectores, ayudando a mejorar la función endotelial y reduciendo el riesgo de aterosclerosis. Un estudio ha identificado 29 compuestos fenólicos en extractos de almendra, destacando la presencia de flavonoides de las familias de los flavonoles y las flavanonas, lo que subraya su potente capacidad antioxidante (De la Rosa et al., 2019).

2.1.1.6. Taxonomía y morfología de la almendra (*Prunus amygdalus* L.).

El almendro (*Prunus amygdalus* L.) pertenece a la familia *Rosaceae*, dentro del género *Prunus*, y es una especie ampliamente cultivada en regiones de clima templado y seco. Su sistema radicular es profundo, permitiéndole resistir períodos de sequía. El tronco presenta una corteza rugosa y fisurada, mientras que sus ramas jóvenes son verdes-rojizas y se oscurecen con el tiempo. Sus hojas son lanceoladas, con borde aserrado y color verde brillante. Florece a finales del invierno o principios de la primavera, con flores hermafroditas de pétalos blancos o rosados, altamente atractivas para los polinizadores (Capilla, 2018).

El fruto es una drupa ovalada, con una cáscara verde y aterciopelada que se seca y se abre al madurar, liberando la semilla comestible. La almendra tiene forma alargada, color marfil y está cubierta por una piel marrón. Puede ser dulce, adecuada para el consumo, o amarga, con un alto contenido de amigdalina. Su composición destaca por su riqueza en ácidos grasos esenciales, proteínas, vitaminas y minerales, lo que la convierte en un alimento altamente nutritivo y de gran valor comercial (Capilla, 2018).

2.1.2. Aspectos generales de la nuez (*Juglans regia* L)

2.1.2.1. Origen.

Según (Britton, Leslie, Mcgranahan, & Dandekar, 2009), la nuez (*Juglans regia*) tiene su origen en Asia Central y se encuentra tanto en estado silvestre como en sistemas de cultivo parcial en diversas regiones del mundo. Su distribución natural abarca desde el sureste de Europa y la región del Cáucaso hasta Turquía e Irán, extendiéndose a lo largo de la antigua Unión Soviética, China y el este del Himalaya. A lo largo del tiempo, su cultivo se ha expandido gradualmente debido a su alto valor nutricional y su versatilidad en la industria alimentaria. Su introducción en América se produjo mediante procesos de domesticación y

adaptación a nuevas condiciones climáticas y edafológicas, convirtiéndose en un cultivo relevante en países con climas templados.

Figura 2.

Nuez entera y media



Nota: (Freepik, 2025a)

2.1.2.2. Taxonomía y morfología de la almendra (*Prunus amygdalus L.*).

La almendra (*Prunus amygdalus L.*), también denominada *Prunus dulcis*, pertenece a la familia *Rosaceae* y al género *Prunus*, el cual agrupa diversas especies de importancia agrícola como el durazno (*Prunus persica*), el ciruelo (*Prunus domestica*) y la cereza (*Prunus avium*). Esta especie es originaria de Asia Central y el Medio Oriente, aunque actualmente su cultivo está ampliamente extendido en regiones de clima mediterráneo debido a su alta resistencia a la sequía y su importancia económica en la producción de frutos secos (Hussain et al., 2021a).

(Gómez Restrepo et al., 2013) indica que el fruto de la almendra es una drupa de forma ovalada u ovoide, con dimensiones que varían entre 3 y 6 cm de longitud, dependiendo de la variedad. Su pericarpio o cáscara exterior es carnosos y de color verde cuando está inmaduro, pero con el tiempo se vuelve seco y coriáceo, presentando una textura rugosa y un color marrón grisáceo cuando alcanza la madurez.

En su interior se encuentra la semilla, comúnmente denominada almendra, la cual está protegida por un endocarpio leñoso y duro, de tonalidad pardo-clara y con una superficie rugosa. Este endocarpio, conocido como la "cáscara" de la almendra, se encuentra dividido en dos valvas que protegen la semilla comestible (Ontivero Urquiza et al., 2022).

La semilla, que constituye la parte de mayor interés comercial, posee una morfología irregular, con un tamaño de aproximadamente 1 a 2 cm de longitud, un color blanco amarillento y está recubierta por una piel delgada de color marrón. Su textura es lisa y su sabor característico es dulce o ligeramente amargo, dependiendo de la presencia de compuestos cianogénicos en algunas variedades (Soblechero et al., 2007).

A diferencia de las nueces (*Juglans regia*), que pertenecen a la familia *Juglandaceae* y tienen frutos con cáscaras más gruesas y segmentadas, la almendra es una drupa con una semilla única dentro de su endocarpio leñoso. Esta diferencia es clave en su taxonomía y en su clasificación botánica. Además, su estructura botánica permite diferenciarla de otros frutos secos como las avellanas (*Corylus avellana*), que presentan un pericarpio liso y compacto, o los pistachos (*Pistacia vera*), que poseen una cáscara más fina y de apertura espontánea cuando maduran (Hussain et al., 2021b).

2.1.2.3. Composición de la nuez.

Tabla 2.

Composición química y valor nutricional de la nuez

Composición química de la nuez		
Macronutrientes	Unidad	Cantidad
Energía	kcal	654
Proteínas	g	15.23
Grasas totales	g	65.21
Hidratos de carbono	g	13.71
Fibra dietética	g	6.7
Aceite	%	60 - 74
Acido linoleico	%	52 - 60
Minerales		
Calcio	mg	98
Hierro	mg	2.91
Magnesio	mg	158
Fosforo	mg	346
Potasio	mg	441
Zinc	mg	3.09
Selenio	µg	4.9
Vitaminas		
Vitamina C	mg	1.3
Tiamina	mg	0.341
Riboflavina	mg	0.150
Niacina	mg	1,125
Folato	µg	98

Nota: (Hussain et al., 2021)

2.1.2.4. Propiedades de la nuez.

Es buena fuente de vitaminas B1, B2, B3 y especialmente B6. Esta vitamina interviene en el buen funcionamiento del cerebro, así como en la producción de glóbulos rojos en el cerebro.

Dentro del contenido de vitaminas del grupo E, se destaca el ácido fólico, el cual es habitualmente deficitario en el organismo del ser humano y es necesario para sintetizar el ARN y el ADN; previene la anemia, el cansancio y la pérdida del apetito. Por último, cabe destacar el contenido de minerales saludables tales como el calcio, magnesio, potasio y sodio, necesarios para desarrollar y mantener el esqueleto y el control de la presión arterial (Chazi, 2006).

Sin embargo, estos frutos secos también contienen una considerable cantidad de antioxidantes polares, como los compuestos fenólicos, así como diversos micronutrientes. Por esta razón, se considera que su efecto protector no se debe únicamente a un solo componente, sino a la interacción sinérgica entre sus múltiples compuestos bioactivos, lo que potencia sus propiedades saludables (Robbins et al., 2014).

2.1.2.5. Compuestos bioactivos de la nuez.

(Mercado-Mercado et al., 2013) menciona que las nueces son reconocidas por su riqueza en compuestos bioactivos que aportan múltiples beneficios para la salud. Entre estos compuestos destacan los polifenoles, que incluyen ácidos fenólicos como el ácido elágico y el ácido gálico. Estos polifenoles poseen propiedades antioxidantes que ayudan a neutralizar los radicales libres, reduciendo el estrés oxidativo y la inflamación en el organismo. Además, las nueces contienen flavonoides, que contribuyen a la protección cardiovascular y tienen efectos antiinflamatorios. La presencia de fitoesteroles en las nueces también es notable, ya que estos compuestos pueden ayudar a reducir los niveles de colesterol en sangre, promoviendo la salud cardiovascular (Cortés-Marín et al., 2023).

2.1.3. Spray drying

El spray drying o secado por aspersión es una técnica ampliamente utilizada en la industria alimentaria, farmacéutica y química para transformar líquidos en productos en polvo. Este proceso permite obtener partículas de tamaño uniforme con buenas propiedades de solubilidad, estabilidad y conservación. Se utiliza especialmente en productos sensibles al calor, como leche en polvo, café instantáneo, extractos vegetales y compuestos bioactivos, ya que permite la rápida evaporación del agua sin afectar significativamente la calidad del producto final (Afoakwah A. et al., 2020).

Además, proporciona un control preciso sobre las propiedades del producto, como el tamaño y la morfología de las partículas, asegurando una textura uniforme y mejorando su

solubilidad. Su versatilidad lo hace ideal para el tratamiento de sustancias sensibles al calor, como principios activos farmacéuticos, compuestos biológicos y nutrientes alimentarios (Salama, 2020).

2.1.3.1. Secado.

El secado es un proceso fundamental en la conservación de alimentos, ya que reduce la humedad del producto, lo que inhibe el crecimiento microbiano y disminuye la actividad enzimática, evitando así su deterioro. Al eliminar el contenido de agua, se prolonga la vida útil del alimento y se facilita su almacenamiento y transporte (Gasca Torres et al., 2024).

En el caso del secado por aspersión (spray drying), el material líquido es atomizado en pequeñas gotas mediante boquillas o discos giratorios, formando una neblina fina que entra en contacto con una corriente de aire caliente. La temperatura del aire en la cámara de secado oscila entre 200 °C y 300 °C, lo que permite una evaporación casi instantánea del agua, transformando las gotas en partículas sólidas secas de tamaño uniforme. Este método es altamente eficiente, ya que el contacto directo entre las partículas y el aire caliente optimiza el intercambio de calor y masa, garantizando un secado rápido y homogéneo (Martínez, 2015).

Según (Espinosa Andrews & García Márquez, 2017), el secado por aspersión ofrece múltiples beneficios, tanto en términos de conservación como de reducción de costos en la cadena de producción, como: Al disminuir la actividad microbiana y enzimática, se evita el deterioro prematuro. Además, disminuir el contenido de agua, el producto final tiene menor peso y volumen, facilitando su transporte y almacenamiento. A diferencia de otros métodos de conservación, el secado evita la inversión en sistemas de refrigeración, lo que representa un ahorro energético significativo. También los productos en polvo obtenidos por spray drying son más fáciles de dosificar, mezclar y reconstituir, lo que los hace ideales para formulaciones en la industria alimentaria y farmacéutica. Asimismo, permite preservar productos agrícolas más allá de su época de cosecha, favoreciendo su consumo durante todo el año (Hulse & Betancur, 2023).

2.1.3.2. Principios del Secado por Atomización.

El secado por atomización es una técnica ampliamente utilizada para convertir líquidos en polvos secos. El proceso implica la atomización del líquido en una cámara de secado, donde las gotas finamente divididas entran en contacto con una corriente de aire caliente,

provocando la rápida evaporación del solvente y la formación de partículas en polvo (Mondragón et al., 2013)

2.1.3.3. Factores que Influyen en las Propiedades del Polvo.

La calidad del polvo obtenido mediante secado por atomización depende de varios factores. La temperatura del aire de entrada y salida es determinante, ya que temperaturas más altas pueden mejorar la eficiencia del secado, pero también degradar compuestos sensibles al calor. Además, una mayor concentración de sólidos en la alimentación líquida optimiza el rendimiento del proceso y favorece la formación de polvos con mejores propiedades de flujo. Por otro lado, el uso de agentes portadores, como maltodextrina o goma arábica, es fundamental para estabilizar el polvo, reducir la pegajosidad y mejorar su solubilidad, asegurando así un producto final de mejor calidad (Ortega et al., 2012).

2.1.3.4. Aplicaciones en Suplementos Solubles.

(Campo-Fernández et al., 2021) indica que el secado por atomización es una técnica clave en la formulación de suplementos solubles, ya que mejora la estabilidad del producto al encapsular compuestos bioactivos, protegiéndolos de la degradación y prolongando su vida útil. Además, permite obtener polvos altamente solubles, facilitando su disolución en líquidos y garantizando una mejor absorción de los nutrientes.

2.1.3.5. Desafíos del secado por atomización.

El secado por atomización presenta desafíos que deben ser considerados para garantizar la calidad del producto final. Durante el proceso de secado, compuestos sensibles al calor, como vitaminas, antioxidantes y probióticos, pueden degradarse o perder su actividad biológica. Esto es especialmente relevante en la encapsulación de compuestos bioactivos en alimentos y productos farmacéuticos (Rios-Aguirre & Gil-Garzón, 2021). La higroscopicidad de algunos polvos puede afectar su estabilidad y flujo debido a la absorción de humedad del ambiente, por lo que es fundamental seleccionar adecuadamente los agentes portadores y establecer condiciones óptimas de almacenamiento para preservar sus propiedades (Lipasek et al., 2012).

La eficiencia del ciclón separador y los filtros de recolección pueden afectar la cantidad de polvo recuperado. Una baja eficiencia de recolección conduce a pérdidas significativas de

producto, lo que aumenta los costos de producción. En algunos casos, más del 30% del producto puede perderse si el diseño del equipo no es óptimo (Singh & Rana, 2021).

2.1.3.6. Secado por aspersión.

El método de secado por aspersión consiste en transformar una disolución, emulsión, suspensión o una dispersión líquida en un producto seco y totalmente estable. Este método fue empleado por primera vez en la producción de leche en polvo y detergentes. Se componen de los siguientes elementos básicos: filtro de aire, ventilador de admisión, fuente de calor, fuente de alimentación, bomba de alimentación, atomizador, cámara de secado, ciclón separador, filtro de mangas y ventilador de extracción (López León & Ureña Solís, 2012). El mismo, progresó durante la segunda guerra mundial, a partir de la cual se ha mantenido en continua evolución. Actualmente existe una gran aplicación en la mayoría de las industrias incluyendo la producción de químicos, fármacos, alimentos, fragancias, cosméticos y pesticidas.

2.1.3.7. Desafíos del secado por aspersión.

Durante el proceso de secado por aspersión, compuestos bioactivos como vitaminas, antioxidantes y probióticos pueden degradarse debido a la exposición al calor, lo que afecta la funcionalidad del producto final. La microencapsulación mediante secado por aspersión es una estrategia utilizada para proteger estos compuestos durante el proceso. Además, las pérdidas de producto en las paredes de la cámara de secado y en el aire de salida pueden reducir la eficiencia del proceso. A escala de laboratorio, los rendimientos pueden variar entre el 20% y el 70%, mientras que, a escala industrial, los rendimientos suelen ser más altos debido a configuraciones de mayor escala (Arriola Guevara et al., 2017).

2.1.3.8. Solubilidad.

La solubilidad del suplemento es esencial para su fácil consumo. La tecnología de microencapsulación, al proteger los componentes sensibles, puede mejorar la estabilidad y la solubilidad del producto final. La elección de ingredientes adicionales, como prebióticos solubles, puede mejorar la experiencia del consumidor y agregar beneficios para la salud intestinal (Guttoff et al., 2015).

2.1.3.9. Innovaciones en la Industria de Suplementos Nutricionales.

Revisión de productos existentes y avances tecnológicos en la formulación de suplementos nutricionales para identificar oportunidades y desafíos en el desarrollo de productos innovadores (Castillo Díaz et al., 2023). En la industria de alimentos se emplea este método para conversión de jugos de frutas y vegetales en polvos instantáneos y mezclas, preparación de café y té instantáneo, secado de huevos y productos lácteos, mezclas de helados y sabores encapsulados y nutracéuticos bioactivos.

(Hernández Bonilla & Córdoba Rodríguez, 2023), menciona que el tiempo de secado es corto de manera que el producto sufre un daño mínimo y el tiempo de residencia considera tiempos cortos, medios y largos:

- a. Corto: De 10 a 15 segundos recomendado para polvos finos no sensitivos al tratamiento térmico, conteniendo altas cantidades de humedad no ligada, no higroscópicos.
- b. Medio: De 25 a 35 segundos, recomendado para polvos semigruesos con tamaño medio de partícula por debajo de 180 μm , para productos sensitivos y resistentes al tratamiento térmico, humedad residual requerida baja (3 al 1 %), higroscópicos.
- c. Largo: 40 segundos o más, recomendado para polvos muy gruesos con tamaño medio de partícula de 200 a 275 μm , no sensibles al tratamiento térmico y humedad residual muy baja (menor a 0,5 %).

2.1.3.10. Maltodextrina

La FDA define las maltodextrinas como productos derivados de la hidrólisis del almidón, compuestos por carbohidratos de diferente polimerización. Son polisacáridos no dulces con moléculas de D-glucosa unidas por enlaces α (1–4) y contienen azúcares reductores medidos en equivalentes de dextrosa. Se presentan en polvo o en solución líquida y están clasificadas como ingredientes seguros (GRAS) (Montañez Soto et al., 2002). La maltodextrina es un polisacárido poco dulce que se lo emplea principalmente como aditivo alimentario, producido a partir del almidón de maíz y se encuentra en forma de un polvo higroscópico blanco, siendo de fácil asimilación por el organismo humano (Ramiro et al., 2023).

2.1.3.11. *Aplicación en alimentos*

Las maltodextrinas presentan diferentes propiedades fisicoquímicas y funcionales dependiendo de los carbohidratos que la contenga; entre los beneficios que presentan son la mejora de la textura, controla el dulzor y la higroscopicidad, reducen la cristalización, control de oscurecimiento no enzimático, no enmascara sabores, incrementa la solubilidad en agua fría y son buenos agentes encapsulantes. Se emplean en gran medida como agentes encapsulantes o vehículos para procesos de secado por aspersión de pigmentos naturales, aceites esenciales, sabores, etc., ayudan a la textura, densidad y la higroscopicidad. De igual manera tienen aplicación en pulpas y bebidas que van a ser secadas por aspersión y de esta manera evitar problemas de adherencia en la cámara de secado (Montañez Soto et al., 2002).

2.1.3.12. *Análisis Sensorial*

La industria de los alimentos tiene en la evaluación sensorial una herramienta que le permite valorar la percepción por parte del consumidor de un producto como un todo, o de un aspecto específico del mismo. En este tipo de pruebas, la información proporcionada por un panel se percibe por los órganos sensoriales de la vista, el olfato, el oído, el gusto y el tacto (Severiano Pérez & Severiano-Pérez, 2019).

Los resultados permiten determinar cómo el procesamiento y la formulación de un producto afecta la aceptabilidad de un alimento. Las evaluaciones sensoriales requieren una organización minuciosa. Se inicia con la selección de los atributos a categorizar en la muestra, el diseño de los instrumentos para la recolección de la información, el tipo de prueba a realizar y la determinación del tipo y número de panelistas que participarán en la evaluación. La selección de los atributos obedece a la naturaleza del alimento y al destinatario del producto. Por otra parte, el diseño del instrumento estará en correspondencia con el tipo de prueba a realizar, y, por último, el número de panelistas necesarios para que una prueba sensorial sea válida dependerá del tipo juez que vaya a ser empleado (Ávila-de Hernández & González-Torrivilla, 1997).

2.2. Marco Referencial

La elaboración de productos solubles a base de almendra y nuez representa una fusión entre la innovación alimentaria y la demanda creciente de opciones nutritivas y convenientes. Pocos estudios han explorado exhaustivamente este campo, y entre ellos, el trabajo pionero

de (Romo et al., 2024), destacan la viabilidad técnica y sensorial de productos solubles a base de almendra, subrayando su potencial en la industria de alimentos.

La investigación de (Romo et al., 2024), aborda la formulación y procesamiento de productos solubles, destacando la importancia de mantener las propiedades organolépticas y nutricionales de las almendras. Sus hallazgos sugieren que la liofilización emerge como una técnica prometedora para preservar la integridad de los productos solubles, al tiempo que conserva sus perfiles nutricionales y sensoriales.

La utilización de la piel del fruto en la bebida de almendras se justifica por el estudio previo realizado por (Irigaray et al., 2021), quién encontró que los polifenoles presentes en la piel podrían utilizarse como posibles antimicrobianos y conservantes naturales en los alimentos.

Según (Salvá Ruiz & Fetta Vargas, 2017), propone el desarrollo de una fórmula optimizada de bebidas de almendras dulces, que además de tener propiedades organolépticas agradables, tenga una considerable vida en anaquel, para lo cual se ha empleado la pasteurización en la primera fase, seguida de una esterilización, con ausencia de aditivos y/o conservantes. Se realizó análisis fisicoquímico, químico proximal, análisis de minerales, y por último el análisis de esterilidad comercial garantizando que se obtuvo una bebida inocua.

Según (Fernández Fernández et al., 2015), la bebida de almendras la principal fuente de energía sería la grasa y las proteínas, mientras que en la leche semidescremada serían la lactosa, las proteínas y la grasa láctea, para el cálculo del valor energético de las almendras se toma en cuenta el contenido de grasas y proteínas, sin incluir carbohidratos por encontrarse en muy baja proporción en las almendras.

En el ámbito del procesamiento de productos solubles (Tecse-Tecsi et al., 2022), exploraron la estabilidad de la vitamina C en productos de castaña, ofreciendo conocimientos sobre la retención de nutrientes durante el procesamiento. Asimismo, el estudio (Paredes et al., 2022), sobre el desarrollo de bebidas a base de nueces fermentadas destaca la importancia de las técnicas de procesamiento que preservan las propiedades nutricionales de los frutos secos.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización del estudio

La investigación se realizó en el Laboratorio de Microbiología del Campus “La María” de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), situado en el km 7.5 de la vía Quevedo-El Empalme, en la provincia de Los Ríos. Geográficamente, el lugar se encuentra a 1°04'53" de latitud sur y 79°30'07" de longitud oeste, con una altitud de 66 m.s.n.m.

Figura 3.

Ubicación del "Campus La María de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo"



Nota: Google Maps

Las características edafoclimáticas del área de estudio se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 3.

Características climáticas del sitio experimental

Parámetros	Promedio
Clima	Tropical húmedo
Temperatura media anual (°C)	24.9
Precipitación media anual (mm)	2295.1
Humedad relativa media (%)	84.0
Heliofanía Horas sol por año	894.0

Fuente: Datos de la Estación Meteorológica “Pichilingue” INAMHI, Serie 2000 – 2021

3.2. Tipo de investigación

En el desarrollo de esta investigación el tema abordado fue la “Elaboración de un producto soluble a base de almendra (*Punus dulcis*) y nuez (*Juglans regia* L.) que ofrezca una concentración óptima de nutrientes esenciales” para llevar a cabo este estudio, se recopiló información siguiendo los diferentes tipos de diseño de investigación aplicados.

3.2.1. Investigación aplicada

La investigación aplicada se enfoca en resolver problemas prácticos mediante la utilización del conocimiento científico, mientras que la investigación experimental implica la manipulación de variables para observar los efectos en el resultado. En este estudio, se llevarán a cabo experimentos controlados para formular y optimizar un producto soluble que maximice la concentración de nutrientes esenciales presentes en las almendras y nueces. Esto incluirá la selección de ingredientes, pruebas de procesamiento (como el uso del secado por atomización), y la evaluación de la solubilidad y estabilidad del producto final.

3.2.2. Investigación explorativa

Este enfoque permite identificar métodos de procesamiento efectivos, determinar la composición óptima del producto y explorar las necesidades del consumidor. Mediante una revisión exhaustiva de la literatura, estudios de mercado preliminares, se busca construir una base de conocimiento sólida y definir variables clave. Además, se realizarán experimentos piloto para probar diferentes combinaciones de ingredientes y métodos de procesamiento, con el objetivo de identificar las mejores prácticas y desarrollar hipótesis para futuras investigaciones más detalladas. La generación de hipótesis sobre las mejores prácticas para la formulación y procesamiento del producto. Esta investigación explorativa proporcionará una base sólida para diseñar y desarrollar un producto soluble innovador, alineado con las tendencias del mercado y las expectativas de los consumidores.

3.2.3. Investigación analítica

La investigación analítica se centra en comprender las relaciones de causa y efecto mediante un análisis detallado de las variables involucradas. En el contexto de este proyecto, la investigación analítica podría investigar cómo diferentes métodos de procesamiento afectan la concentración de nutrientes esenciales en el producto final.

Esto incluiría analizar el impacto del secado por atomización en la retención de vitaminas y minerales, la bioaccesibilidad de los nutrientes tras la disolución del producto, y cómo la combinación específica de almendras y nueces influye en el perfil nutricional.

3.3. Métodos de investigación

3.3.1. *Método inductivo-deductivo*

La aplicación de este método se basó en dos enfoques complementarios, a través del método inductivo, se inició con la observación y recopilación de datos específicos sobre las propiedades físicoquímicas de la almendra y nuez, así como sus capacidades de solubilidad y comportamiento en diferentes condiciones de extracción y formulación. A partir de estos datos observados, se pueden identificar patrones generales y tendencias relacionadas con la solubilidad, la estabilidad y otros aspectos relevantes para el producto. A través del enfoque inductivo, se formulan hipótesis específicas sobre cómo optimizar la formulación del producto soluble. Estas hipótesis podrían incluir la selección de métodos de extracción más eficientes, la combinación de ingredientes para mejorar la solubilidad, o la aplicación de técnicas de procesamiento que preserven las propiedades nutricionales y sensoriales de la almendra y la nuez.

3.3.2. *Método estadístico*

El método estadístico se utiliza para optimizar tanto la formulación como el proceso de producción. Mediante el análisis de varianza (ANOVA), se investigan las variaciones significativas en las propiedades sensoriales y físicoquímicas entre diferentes formulaciones del producto, permitiendo ajustes precisos para mejorar la calidad y aceptación del producto final. El diseño de experimentos (DCA) se emplea para identificar la combinación óptima de ingredientes y las condiciones de procesamiento que maximicen la solubilidad y estabilidad del producto. Para ajustar la formulación según las preferencias del consumidor y los estándares de calidad requeridos. Estos enfoques estadísticos son fundamentales para garantizar un desarrollo eficiente y exitoso de un producto soluble de almendra y nuez que cumpla con los criterios técnicos y las expectativas del mercado.

3.4. Fuentes de recopilación de información

Para el desarrollo de este proyecto de investigación se empleó fuentes de recopilación de información del tipo primarias y secundarias.

3.4.1. Fuentes primarias

Las fuentes primarias de información que se emplearon estuvieron compuestas por trabajo de campo y pruebas de laboratorio a través de:

- Materia prima almendra y nuez.
- Pre-ensayos.
- Prueba de viscosidad.

3.4.2. Fuentes secundarias

Las fuentes secundarias utilizadas en esta investigación abarcaron diversas formas de literatura especializada, siendo así que estos recursos bibliográficos sirvieron como material referencial fundamental para el desarrollo teórico y metodológico de este proyecto, así como también para el análisis y la interpretación de los resultados obtenidos. Dichas fuentes corresponden a las siguientes:

- Libros especializados.
- Tesis de pregrado.
- Trabajos de fin de máster.
- Tesis doctorales.
- Artículos científicos.
- Revistas científicas.

3.5. Diseño de la investigación

Para evaluar el efecto en las proporciones de Almendra y Nuez, así como el efecto de los métodos físicos de obtención de la mezcla soluble se empleará un diseño completamente al azar, con una significancia del 95 %. El proceso estadístico se evaluará mediante la prueba de LSD ($P \leq 0.05$). Estos análisis se los realizará en el software estadístico STATGRAPHICS; versión 16.1.03.

El diseño experimental completamente al azar estará conformado por las proporciones de la almendra y nuez más el método de prensado con 5 repeticiones, dando un total de 15 unidades experimentales.

Tabla 4.

Descripción de los tratamientos propuestos para la obtención de una mezcla soluble eficiente entre la almendra y nuez.

Tratamiento	Descripción
T1	50 % Almendra + 50 % Nuez
T2	30 % Almendra + 70 % Nuez
T3	70 % Almendra + 30 % Nuez

3.5.1. Esquema del Anova

Modelo del análisis de varianza (ANOVA) donde se realizó el análisis estadístico del total de datos obtenidos durante la fase experimental para la división de proporciones significativas e independientes.

Tabla 5.

Esquema del análisis de varianza (DCA) para las variables en estudio.

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Razón de varianza
Tratamiento	SCTr	$(t-1) = (3-1) = 2$	CMT= SCT/(t-1)	
Error	SCE	$t(r-1) = 3(5-1) = 12$	CME= SCE/t(r-1)	CMT/CME
Total	SCT	$(t*r)-1 = (3*5)-1 = 14$		

3.6. Instrumentos de investigación

3.6.1. Variables de estudio

➤ Análisis físicos

- **Cuantificación de Polifenoles** (García, 2015).
- **Actividad Antioxidante** (Grande -Tovar, 2020).

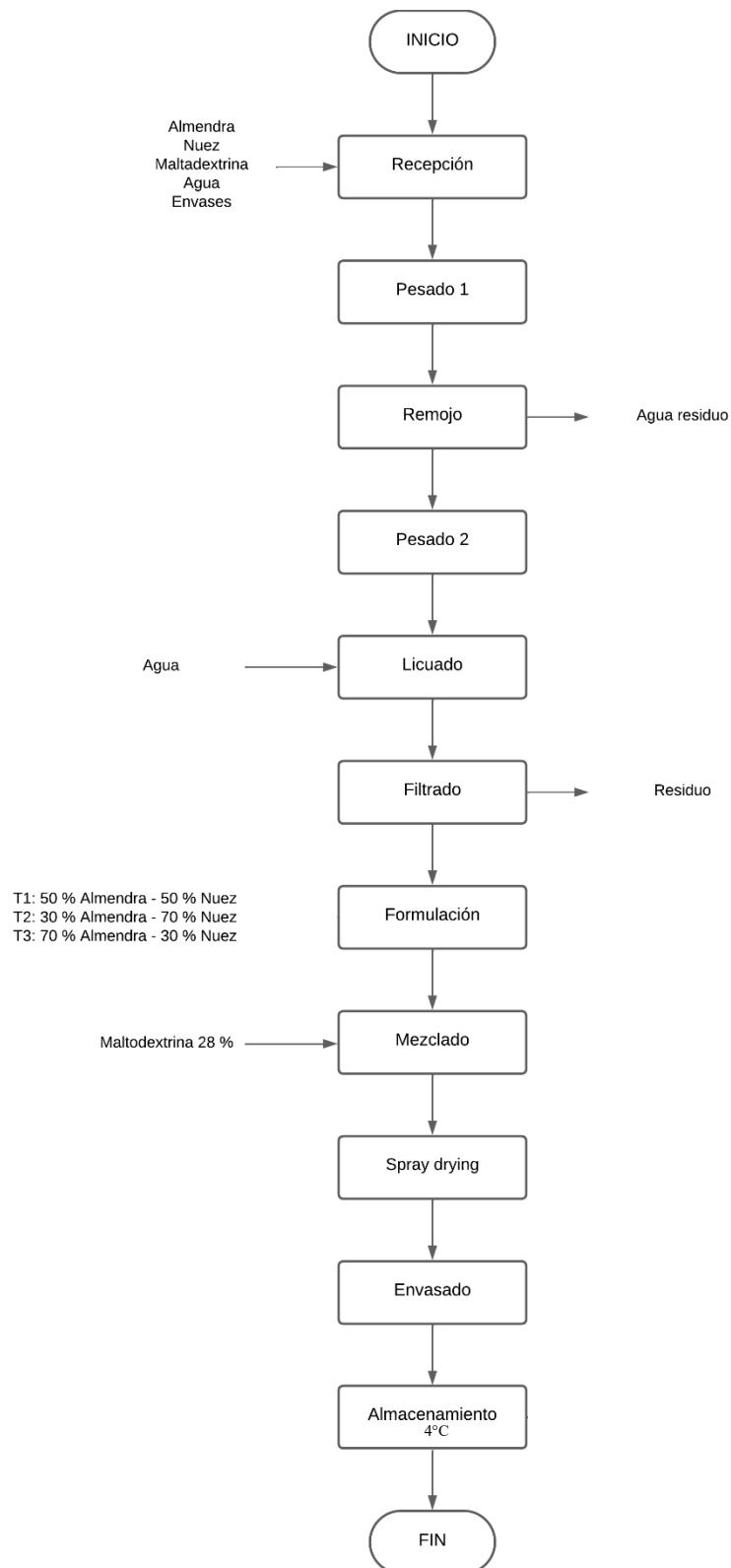
Análisis Proximal:

- Grasa: (Irigaray et al., 2021).
- Humedad: (NTE INEN 1 122, 2000).
- Ceniza: (NTE INEN 1 122, 2000).
- Proteína: (Álvarez Trinidad & Lamas, 2021).
- **Análisis de Solubilidad** (Cano, 2005).

3.6.2. Procedimiento de la bebida leche de almendra y nuez

Figura 4.

Diagrama de bloques mostrando corrientes de entrada y salida del proceso del producto soluble a base de Almendra y Nuez



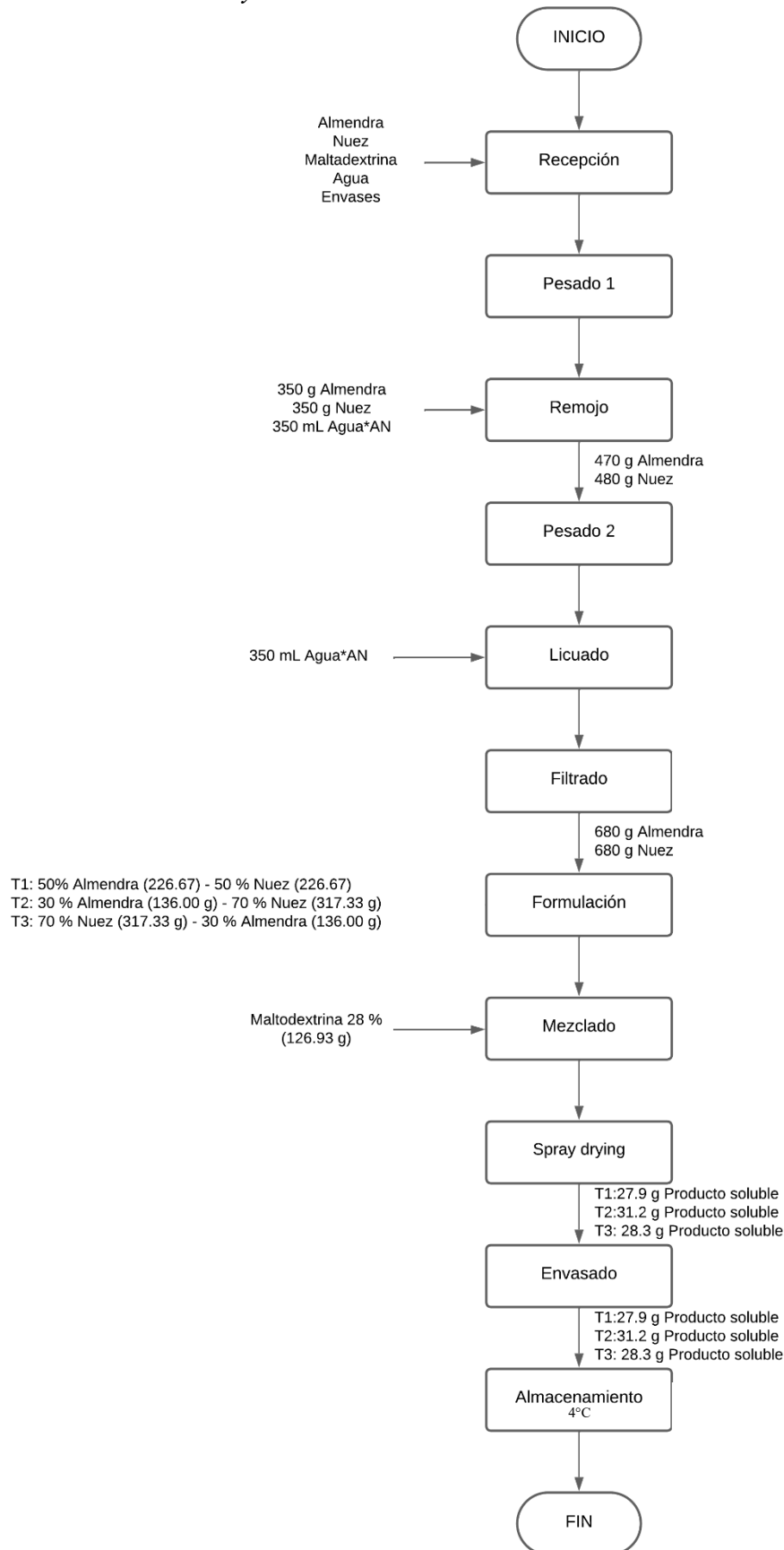
3.6.3. Descripción del proceso de elaboración de la leche de almendra y nuez

- **Recepción:** Se verificó que la materia prima (almendras, nueces, maltodextrina y envases plásticos) cumpliera con los parámetros de calidad establecidos. Las almendras y nueces debían encontrarse en buen estado, sin señales de daño, deterioro o procesamiento previo. Los envases se inspeccionaron para asegurar que no presentaran fisuras o contaminación.
- **Pesado 1:** Se pesaron cantidades iguales de almendras y nueces utilizando una balanza digital de precisión.
- **Remojo:** Las almendras y nueces se remojaron por un período de 12 horas en agua potable, con el objetivo de ablandar su cáscara y facilitar el proceso de licuado.
- **Pesado 2:** Finalizado el remojo, se realizó un segundo pesado para determinar el aumento de volumen de las almendras y nueces debido a la absorción de agua.
- **Licuado:** Se licuaron por separado las almendras y las nueces, cada una con una cantidad de agua equivalente al doble de su peso inicial, utilizando una licuadora industrial.
- **Filtración:** Las mezclas obtenidas se filtraron mediante una tela de lino, con el fin de eliminar sólidos no disueltos que pudieran obstruir el equipo de secado por aspersión.
- **Formulación:** Se prepararon tres formulaciones en proporciones diferentes de leche de almendra y nuez:
F1: 50 % almendra – 50 % nuez
F2: 30 % almendra – 70 % nuez
F3: 70 % almendra – 30 % nuez
- **Mezclado y agitación:** A cada formulación se le incorporó maltodextrina al 28 %, utilizando un agitador manual. Esta etapa se realizó hasta obtener una mezcla completamente homogénea y libre de grumos.
- **Secado por aspersión (spray dring):** El secado se llevó a cabo en un secador por aspersión tipo BÜCHI B-290, a una temperatura de entrada de 160 °C y temperatura de salida de 80 °C. El proceso se realizó a una presión de vacío de -47 psi, asegurando una adecuada atomización y formación del polvo soluble.
- **Envasado:** El producto en polvo fue envasado en botellas plásticas limpias, previamente desinfectadas.

- **Almacenamiento:** Los envases fueron almacenados a temperatura de refrigeración (4 ± 1 °C), para conservar las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del producto.

Figura 5.

Diagrama de bloques mostrando el balance en las entradas y salidas del producto soluble a base de Almendra y Nuez



Insumo	Cantidad (g)	Porcentaje
Almendra	350	22.92
Nuez	350	22.92
Maltodextrina 28 %	126.93	8.31
Agua	700	45.84
Total	1526.93	100

Densidad y Rendimiento de los tratamientos

La densidad de los tratamientos se realizó mediante el método de la norma (NTE INEN 11, 2012) en este caso, como un parámetro clave para determinar la masa total procesada y, por lo tanto, para calcular con precisión el rendimiento del tratamiento.

Tabla 6.

Densidad y Rendimiento de los tratamientos de almendra y nuez

Densidad Tratamiento 1 (50almendra - 50 nuez)	Rendimiento Tratamiento 1 (50almendra - 50 nuez)
$d = \frac{m}{v}$ $m = d * v$	$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{Masa producto}}{\text{Masa inicial}} \times 100$
$m = 1.01 \text{ g/ml} * 100 \text{ ml}$	$\% \text{ Rendimiento} = \frac{27.9 \text{ g}}{101 \text{ g}} \times 100$
$m = 101 \text{ g}$	$\% \text{ Rendimiento} = 27.62 \%$
Densidad Tratamiento 2 (30almendra - 70 nuez)	Rendimiento Tratamiento 2 (30almendra - 70 nuez)
$m = 1.04 \text{ g/ml} * 100 \text{ ml}$	$\% \text{ Rendimiento} = \frac{31.2 \text{ g}}{104 \text{ g}} \times 100$
$m = 104 \text{ g}$	$\% \text{ Rendimiento} = 30 \%$
Densidad Tratamiento 3 (70almendra - 30 nuez)	Rendimiento Tratamiento 3 (70almendra - 30 nuez)
$m = 1.04 \text{ g/ml} * 100 \text{ ml}$	$\% \text{ Rendimiento} = \frac{28.3 \text{ g}}{104 \text{ g}} \times 100$
$m = 104 \text{ g}$	$\% \text{ Rendimiento} = 27.21 \%$

Al comparar los tres tratamientos evaluados, se observa una variación tanto en la densidad como en el rendimiento de sólidos extraídos. El tratamiento 1 presentó una densidad de 1.01 g/mL y un rendimiento del 27.62 %, mientras que el tratamiento 2, con una mayor densidad de 1.04 g/mL, alcanzó el 30 % de rendimiento, lo que sugiere una mejor eficiencia en la extracción de sólidos, posiblemente por una mayor concentración de compuestos solubles. En contraste, el tratamiento 3, aunque también presentó una densidad de 1.04 g/mL, obtuvo un rendimiento ligeramente inferior de 27.21 %, lo que indica que una mayor densidad no siempre se traduce directamente en mayor recuperación de sólidos. Esta variabilidad puede deberse a diferencias en la composición de la materia prima, la eficiencia del proceso o la proporción de sólidos no extraíbles presentes. Los resultados evidencian que la densidad es un parámetro útil para estimar la concentración del extracto, pero debe analizarse junto al rendimiento para una evaluación más completa de la eficiencia del tratamiento, donde se busca maximizar la recuperación de nutrientes y compuestos funcionales sin comprometer la estabilidad o aceptabilidad sensorial del producto.

3.7. Tratamientos de los datos

3.7.1. Determinación de la densidad

Esto se realizó mediante el método de la norma (NTE INEN 11, 2012) que se basa en la determinación de la densidad relativa por el método del picnómetro. $\rho = \frac{mp+d-mp}{Vp}$

$mp+d$ = masa del picnómetro más disolución

mp = masa del picnómetro

vp = volumen del picnómetro

3.7.2. Humedad

De acuerdo con la norma (NTE INE 2471-1, 2017) para “Mezclas en polvo para preparar bebidas” es necesario que estas tengan una fracción máxima de humedad del 6 %. se realizó de la siguiente manera:

- a) Ajustar la temperatura deseada. Abrir la unidad desecadora.
- b) Colocar el plato portamuestras vacío, meter el manipulador con el portamuestras dentro del aparato. Cerrar la unidad desecadora.

c) Añadir la muestra al portamuestras, con una espátula, colocar alrededor de 3 a 5 gramos de la muestra procurando que la distribución sea uniforme para obtener buenos resultados analíticos.

d) Una señal acústica indicará que el proceso de desecación ha terminado mostrará el valor final de humedad de la muestra.

3.7.3. Solubilidad

La solubilidad se determinó usando el método de Eastman y Moore modificado por (Cano-Cahuca et al., 2005). Se pesó 1 gramo de polvo obtenido y se adicionó a 100 ml de agua destilada, se agitó a alta velocidad en un agitador magnético durante 5 minutos. La solución se colocó en tubos de ensayo y se centrifugaron a 3000 rpm durante 5 minutos. Se tomó 25 ml del sobrenadante y se transfirió a un crisol previamente secado y tarado, y se secó en una estufa a 105 °C por 24 horas. El porcentaje de solubilidad se calculó por diferencia de peso (Perrazo, 2018). $\%S = \text{peso de sólidos en el sobrenadante} \div \text{peso de la muestra} \times 100$

3.7.4. Evaluación sensorial

La evaluación sensorial se realizó con el fin de determinar la mezcla mejor. Las mezclas fueron evaluadas sensorialmente mediante una prueba afectiva, conocida también como prueba de consumidores; estas analizan la preferencia de los consumidores o miden el grado de satisfacción proporcionado por un producto. Para esta prueba contribuyeron panelistas y se utilizó una escala de evaluación hedónica de 7 puntos: 1 = me disgusta mucho, 2 = me disgusta, 3 = me disgusta poco, 4 = no me gusta ni me disgusta, 5 = me gusta poco, 6 = me gusta, 7 = me gusta mucho. Esta escala evaluará las características de sabor de cada mezcla.

3.8. Recursos humanos y materiales

3.8.1. Recursos humanos

Tabla 7.

Recurso humanos y materiales para la realización de este proyecto

Recursos Humanos	
Tesista: Carrillo Aviles Dara Genesis	
Tutor: Ing. Quím. Rojas Uribe Loguard Smith, MSc.	
Laboratorista: Ing. Lourdes Ramos	
Material Prima • Almendra • Nuez • Maltodextrina	Materiales varios • Guantes • Mandil • Cofia • Agua destilada • Mascarilla • Alcohol • Lienzo • Pipetas • Matraz • Vasos precitados • Bureta • Soporte universal
Material de oficina • Equipo Informático • Marcadores • Lapicero • Libreta • Cinta de papel • borrador	
Equipos • Determinador de ceniza • Determinador de proteína • Determinador de grasa • Balanza analítica • Licuadora • Computadora • Impresora • BÜCHI B-290 • Impresora	

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Análisis de los resultados del estudio sobre las propiedades fisicoquímicas del producto soluble de almendra y nuez

4.1.1.1. Resultados del análisis de varianza de proteína de un producto soluble de almendra y nuez.

Tabla 8.

Análisis de varianza del contenido de proteína en un producto soluble elaborado con almendra y nuez

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón- F</i>	<i>Valor-P</i>
EFECTOS					
PRINCIPALES					
A: Tratamientos	1.44433	2	0.722167	3868,75	0.000
RESIDUOS	0.00224	12	0.000186667		
TOTAL	1.44657	14			

Prueba de múltiples Rangos (LSD) del contenido de proteína

Tabla 9.

Prueba de múltiples rangos (LSD) del contenido de proteína del producto

Tratamientos	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
3	5	1.652	0.0061101	A
1	5	2.042	0.0061101	B
2	5	2.412	0.0061101	C

Interpretación

La tabla 8 muestra el análisis de varianza (ANOVA) del contenido de proteína en un producto soluble elaborado con almendra y nuez, donde se observa un valor de $p = 0.000$, lo que indica que existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. Esto se confirma con la prueba de comparación de medias LSD, donde los tres tratamientos se agrupan en diferentes letras, evidenciando que sus medias son estadísticamente distintas. La prueba LSD revela que T2 (30% Almendra + 70% Nuez) tiene el mayor contenido de proteína (2.412),

seguido por T1 (50% Almendra + 50% Nuez) con 2.042, y finalmente T3 (70% Almendra + 30% Nuez) con 1.652. Cada uno pertenece a un grupo homogéneo distinto (“A”, “B” y “C”), lo cual valida que el tratamiento influye significativamente en la cantidad de proteína retenida en el producto. Este comportamiento podría estar relacionado con el tipo de materia prima utilizada o la eficiencia del proceso de extracción, siendo el tratamiento 2 el más efectivo para preservar o concentrar el contenido proteico.

4.1.1.2. Resultados del análisis de varianza de grasa de un producto soluble de almendra y nuez

Tabla 10.

Análisis de varianza del contenido de grasa en un producto soluble elaborado con almendra y nuez

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS					
PRINCIPALES					
A: Tratamientos	0.696973	2	0.348487	356.81	0.000
RESIDUOS	0.01172	12	0.000976667		
TOTAL	0.708693	14			

Prueba de múltiples Rangos (LSD) del contenido de grasa de un producto soluble de almendra y nuez

Tabla 11.

Prueba de múltiples rangos (LSD) del contenido de grasa del producto

Tratamientos	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
3	5	2.386	0.0139762	A
1	5	2.652	0.0139762	B
2	5	2.914	0.0139762	C

Interpretación

La tabla 10 presenta el análisis de varianza (ANOVA) del contenido de grasa en el producto soluble elaborado con almendra y nuez. Al igual que en el caso del contenido proteico, se observa un valor de $p = 0.000$, lo que indica que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. La prueba de rangos múltiples (LSD) confirma esta diferencia, ya que los tres tratamientos se agrupan en letras distintas: el tratamiento 2 (30% Almendra + 70% Nuez), registró el mayor contenido de grasa (2.914) y se ubicó en el grupo C, el tratamiento 1 (50% Almendra + 50% Nuez) con (2.652) en el grupo B, y el tratamiento 3 (70% Almendra + 30% Nuez) con (2.386) en el grupo A. Esto significa que todas las comparaciones entre tratamientos son significativamente diferentes entre sí. El tratamiento 2, al presentar el valor más alto de grasa con diferencia significativa, se perfila como el más eficiente en la extracción o conservación de los lípidos, posiblemente por una mayor proporción de nuez en su formulación o por condiciones de procesamiento más adecuadas para preservar compuestos grasos. Estos resultados son relevantes si se busca un producto con mayor aporte energético o funcionalidad nutricional, ya que los lípidos presentes en nuez y almendra incluyen ácidos grasos insaturados de valor saludable.

4.1.1.3. Resultados del análisis de varianza de ceniza de un producto soluble de almendra y nuez.

Tabla 12.

Análisis de varianza del contenido de ceniza en un producto soluble elaborado con almendra y nuez.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS					
PRINCIPALES					
A: Tratamientos	0.000396933	2	0.000198467	283.52	0.000
RESIDUOS	0.0000084	12	0.0000007		
TOTAL	0.000405333	14			

Prueba de múltiples Rangos (LSD) del contenido de ceniza

Tabla 13.

Prueba de múltiples rangos (LSD) del contenido de ceniza del producto

Tratamientos	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
3	5	0.0224	0.00037417	A
1	5	0.0286	0.00037417	B
2	5	0.035	0.00037417	C

Interpretación

El análisis de varianza (ANOVA) para el contenido de ceniza en el producto soluble a base de almendra y nuez muestra un valor de $p = 0.000$, lo que indica que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. La prueba de rangos múltiples (LSD) permite identificar dichas diferencias: el tratamiento 2 (30% Almendra + 70% Nuez), presenta el mayor contenido de ceniza (0.035) y se ubica en el grupo C, seguido del tratamiento 1 (50% Almendra + 50% Nuez) (0.0286, grupo B) y el tratamiento 3 (70% Almendra + 30% Nuez) (0.0224, grupo A). Dado que cada tratamiento pertenece a un grupo homogéneo diferente, se concluye que todas las comparaciones entre los tres tratamientos son significativamente distintas entre sí. El tratamiento 2 se perfila como el más eficiente en la conservación o incorporación de minerales (representados por las cenizas), lo que podría deberse a una mayor proporción de materia prima rica en minerales o a condiciones de procesamiento que favorecen su retención. Estos resultados son relevantes desde el punto de vista nutricional, ya que un mayor contenido de ceniza indica una mayor concentración de elementos minerales esenciales.

4.1.1.4. Resultados del análisis de varianza de acidez de un producto soluble de almendra y nuez

Tabla 14.

Análisis de varianza del contenido de acidez en un producto soluble elaborado con almendra y nuez.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS					
PRINCIPALES					
A: Tratamientos	0.0000832	2	0.0000416	69.33	0.000
RESIDUOS	0.0000072	12	0.0000006		
TOTAL	0.0000904	14			

Prueba de múltiples Rangos (LSD) del contenido de acidez

Tabla 15.

Prueba de múltiples rangos (LSD) del contenido de acidez del producto

Tratamientos	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
3	5	0.0494	0.00034641	A
1	5	0.051	0.00034641	B
2	5	0.055	0.00034641	C

Interpretación

El análisis de acidez revela, mediante ANOVA, un valor-p de 0.000, indicando que los tratamientos difieren de forma estadísticamente significativa. La prueba de rangos múltiples (LSD) confirma esta conclusión al asignar letras distintas a cada media: el tratamiento 2 (30% Almendra + 70% Nuez), exhibe la mayor acidez (0.055, grupo C), seguido por el tratamiento 1 (50% Almendra + 50% Nuez) (0.051, grupo B) y, finalmente, el tratamiento 3 (70% Almendra + 30% Nuez) (0.0494, grupo A). El hecho de que ninguno de los tratamientos comparta la misma letra implica que todas las comparaciones entre pares presentan diferencias significativas. Desde una perspectiva tecnológica y sensorial, la mayor acidez del tratamiento 2 podría asociarse a un mayor aporte de ácidos orgánicos procedentes

de la materia prima o a condiciones de procesamiento. Por el contrario, el tratamiento 3, con la acidez más baja y significativamente diferente, ofrecería un producto de sabor más suave, pero potencialmente menos protegido frente a microorganismos acidófilos.

4.1.1.5. Resultados del análisis de varianza de polifenoles de un producto soluble de almendra y nuez.

Tabla 16.

Análisis de varianza del contenido de polifenoles en un producto soluble elaborado con almendra y nuez.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS					
PRINCIPALES					
A: Tratamientos	8.36898	2	4.18449	1605.9	0.000
RESIDUOS	0.0312684	12	0.0026057		
TOTAL	8.40025	14			

Prueba de múltiples Rangos (LSD) del contenido de polifenoles

Tabla 17.

Prueba de múltiples rangos (LSD) del contenido de polifenoles del producto

Tratamientos	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
3	5	2.204	0.0228285	A
1	5	3.1766	0.0228285	B
2	5	4.0324	0.0228285	C

Interpretación

El análisis de varianza muestra una diferencia altamente significativa ($p = 0.000$) en el contenido de polifenoles entre los tratamientos aplicados al producto soluble elaborado con almendra y nuez. Esta diferencia estadísticamente significativa indica que el tratamiento influye notablemente en la concentración de polifenoles. La prueba de comparación de medias mediante la prueba de rangos múltiples LSD confirma esta diferencia, al agrupar los tratamientos en tres grupos homogéneos distintos. El tratamiento 2 presentó el mayor

contenido de polifenoles (media = 4.0324), seguido del tratamiento 1 (media = 3.1766), y finalmente el tratamiento 3 con el menor contenido (media = 2.204). Estos resultados evidencian que el tratamiento 2 es el más efectivo para incrementar la presencia de polifenoles en el producto, diferenciándose significativamente de los demás.

4.1.1.6. Resultados del análisis de varianza de antioxidantes de un producto soluble de almendra y nuez

Tabla 18.

Análisis de varianza del contenido de antioxidantes en un producto soluble elaborado con almendra y nuez.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Tratamientos	665.743	2	332.872	3846.3	0.000
RESIDUOS	1.03852	12	0.0865433		
TOTAL	666.782	14			

Prueba de múltiples Rangos (LSD) del contenido de antioxidantes

Tabla 19.

Prueba de múltiples rangos (LSD) del contenido de antioxidantes del producto

Tratamientos	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
3	5	2.204	0,0228285	A
1	5	3.1766	0,0228285	B
2	5	4.0324	0,0228285	C

Interpretación

Los resultados obtenidos del análisis de varianza indica que el contenido de antioxidantes en el producto soluble elaborado con almendra y nuez difiere significativamente entre los distintos tratamientos aplicados. El valor p obtenido es 0.000, muy por debajo del umbral convencional de significancia ($p < 0.05$), lo que confirma con total certeza estadística que

existen diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto al contenido de antioxidantes.

La prueba de rangos múltiples LSD, permite identificar con mayor claridad cuáles tratamientos presentan esas diferencias. Los tratamientos se agrupan en tres grupos homogéneos (A, B y C), lo que indica que todos los tratamientos difieren significativamente entre sí. El tratamiento 2 mostró el mayor contenido de antioxidantes, con una media de 4.0324, y fue clasificado en el grupo "C", lo que lo posiciona como el tratamiento más efectivo. En segundo lugar, el tratamiento 1, con una media de 3.1766, pertenece al grupo "B", mientras que el tratamiento 3 registró la media más baja (2.204), integrando el grupo "A". Esta separación clara entre grupos demuestra que el tratamiento 2 favorece una mayor retención o incremento de capacidad antioxidante en el producto, probablemente por su formulación o procesamiento.

4.1.2. *Discusión general*

Grasa

El contenido de grasa en el producto soluble a base de almendra y nuez fue significativamente bajo, con un valor máximo de 2.91% para la formulación T2 (70 % Almendra + 30 % Nuez). Esto podría deberse al proceso de extracción y formulación utilizada, que podría haber reducido la cantidad de aceites naturales presentes en los frutos secos. Menor grasa favorece la formación de partículas más estables y menos pegajosas.

Según (Irigaray et al., 2021), el porcentaje de grasa en frutos secos puede variar entre 48.1 % y 73.2 %. La baja concentración de grasa en este producto podría ser beneficiosa para aquellos que buscan reducir el consumo de grasas saturadas, aunque también podría afectar la textura y el sabor del producto. Un estudio similar realizado por (Kris-Etherton et al., 2002) destaca la importancia de las grasas monoinsaturadas y poliinsaturadas presentes en los frutos secos para la salud cardiovascular.

Proteína

El contenido de proteínas en la formulación T2 fue de 2.41 %, lo que se encuentra dentro del rango establecido por (Álvarez Trinidad & Lamas, 2021) para bebidas vegetales a base de nuez de macadamia, que es de 0.78% a 3.5%. Aunque este contenido es relativamente bajo en comparación con otros productos proteicos, sigue siendo relevante para contribuir a la ingesta diaria de proteínas. Solo la bebida de soja tiene un aporte proteico similar al de la leche, siendo una de las bebidas vegetales más completas desde el punto de vista nutricional (de Luna Jiménez, 2006).

Este contenido es relativamente bajo en comparación con otros productos proteicos, pero sigue siendo relevante para contribuir a la ingesta diaria de proteínas. Según (Rashwan et al., 2025), las proteínas vegetales son beneficiosas para la salud cardiovascular y la digestión. La baja concentración de proteínas en este producto podría deberse a la naturaleza de los ingredientes utilizados y al proceso de producción, que podría no haber maximizado la extracción de proteínas. Un estudio similar sobre bebidas vegetales realizado por (Quesada & Gómez, 2019) sugiere que las proteínas vegetales son una buena opción para aquellos que buscan fuentes proteicas alternativas.

Ceniza

El análisis realizado en la presente investigación reveló que el producto soluble elaborado a base de almendra y nuez presentó un contenido de cenizas de 0.035 ± 0.00 %, valor significativamente inferior a estudios previos, lo cual han demostrado que el contenido de cenizas en bebidas vegetales como la leche de almendra varía entre 0.5 % y 3.0 %, dependiendo de la proporción de ingredientes y el método de preparación. Así como, (Kundu et al., 2018) reportaron un contenido de cenizas de 3.023 % en leche de almendra preparada en una proporción 1:1 (almendra: agua), mientras que (Mukherjee et al., 2024) encontraron un valor de 0.5 ± 0.1 % en una formulación diferente.

Las almendras y nueces son frutos secos con un perfil bajo de minerales en comparación con otros alimentos. Estudios previos han demostrado que el contenido de ceniza en almendras y nueces suele ser inferior al 3%, lo que indica una menor concentración de minerales en la matriz alimentaria (Qureshi et al., 2014). Estos hallazgos respaldan los resultados obtenidos en cuanto al contenido de ceniza en el presente estudio.

Asimismo, el método de procesamiento influye significativamente en la retención o pérdida de minerales en los productos solubles. Investigaciones previas han evidenciado que los minerales pueden quedar atrapados en los residuos sólidos descartados tras el filtrado, disminuyendo el contenido de cenizas en el producto final (Ocampo Muñoz, 2003).

Acidez

En el presente estudio se observó que la mezcla con 50 % almendra y 50% nuez (T1) presentó la acidez más alta (0.055), seguida por la formulación con 70% almendra y 30 % nuez (T3) con 0.051, y la mezcla con 30 % almendra y 70 % nuez (T2) tuvo el valor más bajo (0.0494). Los resultados indican que la cantidad de almendra en la formulación podría afectar la acidez del producto. Esto concuerda con investigaciones anteriores que han señalado que las almendras tienen un pH cercano a la neutralidad y pueden alterar la acidez en combinaciones de alimentos (Qureshi et al., 2014).

Asimismo, Durante el proceso de elaboración del producto soluble, el remojo y la filtración pueden influir en su contenido ácido, ya que algunos compuestos solubles en agua pueden eliminarse en estas fases. Estudios previos han evidenciado que la lixiviación de ácidos

orgánicos en el agua de remojo puede reducir la acidez final en productos solubles (Ocampo Muñoz, 2003).

Polifenoles

En este estudio, se determinó que la mezcla con 30 % almendra y 70 % nuez (T2) presentó el mayor contenido de polifenoles (4.0324 mg/g), seguida por la formulación con 50 % almendra y 50 % nuez (T1) con 3.1766 mg/g, mientras que la mezcla con 70 % almendra y 30 % nuez (T3) tuvo el valor más bajo (2.204 mg/g). Estos resultados sugieren que la nuez, en mayor proporción, favorece el contenido de polifenoles en la formulación del producto soluble.

El contenido de polifenoles en los frutos secos varía dependiendo de la especie y las condiciones de procesamiento. En particular, el tratamiento T2 presentó el valor más alto de polifenoles, un resultado que coincide con los hallazgos del estudio realizado por (El - Solimani et al., 2007), el cual ha evidenciado que los extractos polares de nuez tienen una cantidad significativamente mayor de ácidos fenólicos y taninos en comparación con las almendras y avellanas. El contenido de flavonoides en almendras es notablemente inferior

Antioxidantes

En el presente estudio, se encontró que el tratamiento con 30 % almendra y 70 % nuez (T2) presentó el mayor contenido de antioxidantes (4.0324 mg/g), seguido por la mezcla con 50% almendra y 50 % nuez (T1) con 3.1766 mg/g, mientras que la formulación con 70 % almendra y 30 % nuez (T3) tuvo la menor cantidad (2.204 mg/g). Estos resultados indican que la nuez en mayor proporción favorece la concentración de antioxidantes en el producto final.

En un estudio previo sobre el contenido de antioxidantes en almendras y nueces, se encontró que existen diferencias significativas en la concentración de estos compuestos entre ambos frutos secos. Estas variaciones influyen en su capacidad para prevenir la oxidación y brindar beneficios para la salud. En particular, las nueces sobresalen por su elevada cantidad de polifenoles (8805 ppm), una cifra casi 20 veces mayor que la registrada en las almendras (427 ppm), lo que indica un mayor potencial antioxidante (Irigaray et al., 2020). Esto también explica la menor presencia de antioxidantes en T3, donde la almendra es el componente mayoritario

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- La formulación con 30% almendra y 70% nuez (T2) fue la más equilibrada en términos de calidad nutricional y aceptación sensorial. Su mayor contenido en polifenoles y antioxidantes la posiciona como una alternativa funcional viable para el desarrollo de productos solubles con beneficios potenciales para la salud. Además, su adecuada solubilidad y estabilidad refuerzan su aplicabilidad en la industria alimentaria
- El proceso de secado por aspersión (*spray drying*) permitió obtener un polvo homogéneo y estable, utilizando 20% de maltodextrina como agente encapsulante. La solubilidad del producto osciló entre 85% y 92% cumpliendo con los estándares para alimentos en polvo. La humedad residual se mantuvo en $\leq 6\%$ (norma NTE INEN 2471-1:2017), garantizando estabilidad microbiológica durante el almacenamiento refrigerado (4°C).
- Los análisis fisicoquímicos evidenciaron que la formulación T2 (30% almendra + 70% nuez) presentó el mayor contenido de proteína (2.41%), grasa (2.91%), polifenoles (4.03 mg/g) y antioxidantes (33.53 μg Eq. Trolox/mL), seguida por T1 (50%:50%) y T3 (70%:30%) con valores decrecientes. Estos resultados, respaldados por diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.01$), confirman que la nuez aporta una mayor concentración de compuestos bioactivos, mientras que la almendra contribuye a la estabilidad del producto. La baja humedad y la ausencia de oxidación lipídica destacan la eficacia del método de secado en la preservación nutricional.

5.2. Recomendaciones

- Analizar y modificar las condiciones del proceso de secado por atomización (temperatura, velocidad de flujo, etc.) para mejorar la estabilidad y biodisponibilidad de los nutrientes en el producto soluble.
- Es fundamental llevar estudios de vida útil del producto soluble en diferentes condiciones de almacenamiento (temperatura, humedad, empaque) para determinar su durabilidad y establecer recomendaciones de conservación.
- Se sugiere profundizar un análisis de costos de producción del producto soluble a base de almendra y nuez, con el fin de evaluar su viabilidad comercial y determinar un precio de venta competitivo.
- Los resultados obtenidos indican explorar la adición de otros insumos funcionales (vitaminas, minerales, fibra, etc.) al producto soluble para enriquecer aún más su perfil nutricional y adaptarlo a las necesidades de diferentes grupos de consumidores (niños, deportistas, adultos mayores, etc.).
- Se sugiere realizar estudios de mercado para identificar las preferencias y necesidades de los consumidores en relación con productos solubles a base de frutos secos, con el fin de orientar el desarrollo de nuevos productos y estrategias de marketing.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

6.1. Bibliografía

- Afoakwah A., N., Adomako, C., Owusu, J., Engman, N. F., & Hannah, A. A. (2020). Spray Drying as an Appropriate Technology for the Food and Pharmaceutical Industries- A Review. *Jecet*, 2278–179x, 467–476. www.jecet.org
- Álvarez Trinidad, S., & Lamas, D. (2021). Enrichment of a vegetable drink based on Macadamia Nut (*Macadamia tetraphylla*) with omega-3 and probiotics. *Reportes Científicos de La FACEN*, 12(2), 63–73. <https://doi.org/10.18004/rcfacen.2021.12.2.63>
- Arrázola-Paternina, G. S., Alvis-Bermúdez, A., & Herazo-Camacho, I. C. (2015). Aprovechamiento tecnológico del almendro de india (*Terminalia catappa* L) para la obtención de productos alimenticios. *Orinoquia*, 27–34. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=89640816003>
- Arriola Guevara, E., Roman Guerrero, A., Soto Martinez, K., Rincon Aguirre, J., Mendoza Diaz, S., Garcia Cruz, N., Baigts Allende, D., & Velázquez Fernández, J. (2017). Tecnoloigas de nano/ microencapsulacion de compuestos bioactivos. *Centro de Investigación y Asistencia En Tecnología y Diseño Del Estado de Jalisco*.
- Ávila-de Hernández, R. M., & González-Torrivilla, C. C. (1997). La evaluación sensorial de bebidas a base de fruta: Una aproximación difusa. *Universidad, Ciencia y Tecnología*, 15(60), 171–182. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-48212011000300007&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Campo-Fernández, M., Fiorella Granja-Rizzo, D., & Lisbeth Matute-Castro, N. (2021). Microencapsulación mediante secado por atomización a partir de un extracto de los cálices de *Hibiscus sabdariffa* L. *Revista Colombiana de Química*, 50, 40–59. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?>
- Castillo Díaz, P., Cabrera Oliva, V. M., & Ramírez Reyes, L. (2023). Los Suplementos nutricionales en el deporte de alto rendimiento y proyectos de su desarrollo futuro en Cuba. *Relación Entre La Actitud a La Obesidad*, 1, 1590–1604. <https://orcid.org/0000-0001-9724-6290>
- Chazi, C. (2006). Las Vitaminas. *LA GRANJA. Revista de Ciencias de La Vida*, 51. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=476047388007>

- Cortés-Marín, K., Gaspar-Ramírez, O., Salas-Espinoza, E., & Reyes-Vázquez, N. (2023). Evaluación de la actividad antioxidante de compuestos fenólicos extraídos con microondas de residuos de cáscara de nuez pecanera. *Investigación y Desarrollo En Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 8(1), 816–824. <https://doi.org/10.29105/idcyta.v8i1.105>
- De la Rosa, L. A., Álvarez-Parrilla, E., & García-Fajardo, J. A. (2019). Identificación de compuestos fenólicos en extractos de almendra (*Prunus dulcis*) y nuez pecana (*Carya illinoensis*) mediante cromatografía líquida acoplada a espectrometría de masas en tándem (HPLC-MS/MS). *TIP Revista Especializada En Ciencias Químico-Biológicas*, 22. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2019.0.179>
- de Luna Jiménez, A. (2006). *Valor Nutritivo de la Proteína de Soya*. 14, 29–34. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=67403606>
- De Pablo Valenciano, J., Garcia Azcárate, T., & Giacinti, M. Á. (2016). Comercio internacional de almendras. *Revista de Fruticultura*, 2–21.
- El - Solimani, M. S., Helmy El- Bedawy, L. A., & El - Musallamy, A. (2007). CHEMICAL AND BIOCHEMICAL STUDIES ON THE EFFECT OF HEAT ON SOME NUTS: I. PHENOLIC CONTENT AND IT'S ANTIOXIDANT ACTIVITIES. *Faculty of Science, Zagazig Univ.*
- Espinosa Andrews, H., & García Márquez, E. (2017). *Tecnologías de nano/microencapsulación de compuestos bioactivos* (Primera Edición). Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C. <https://www.researchgate.net/publication/336748770>
- Fernández Fernández, E., Martínez Hernández, J. A., Martínez Suárez, V., Moreno Villares, J. M., Collado Yurrita, L. R., Hernández Cabria, M., & Morán Rey, F. J. (2015). Documento de Consenso: Importancia nutricional y metabólica de la leche. *Nutricion Hospitalaria*, 31(1), 92–101. <https://doi.org/10.3305/nh.2015.31.1.8253>
- Freepik. (2025a). *Nueces enteras Media nuez*.
- Freepik. (2025b). *Una pila de semillas de almendra crudas y saludables*.
- Gasca Torres, S., Zavala Cerritos, E. A., Ruiz Gasca, E., González Ramírez, L. Á., & Pérez Rico, P. (2024). *Secados por aspersión*.

- Gharsallaoui, A., Roudaut, G., Chambin, O., Voille, A., & Saurel, R. (2007). Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview. *Food Research International*, 40(9), 1107–1121. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2007.07.004>
- Gómez Restrepo, M. L., Toro Murillo, J. L., & Piedrahita Cardona, E. (2013). *Propagación y conservación de especiesmArbóreas Nativas* (M. Salazar Jaramillo, Ed.). Corantioquia.
- Guttoff, M., Saberi, A. H., & McClements, D. J. (2015). Formation of vitamin D nanoemulsion-based delivery systems by spontaneous emulsification: Factors affecting particle size and stability. *Food Chemistry*, 171, 117–122. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.08.087>
- Hernández Bermejo, J. Esteban., García Sánchez, E. ., & Carabaza, J. Ma. (2012). *Flora agrícola y forestal de Al-Andalus*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Centro de Publicaciones.
- Hernández Bonilla, A., & Córdoba Rodríguez, D. P. (2023). Guía de suplementación para profesionales de la salud y deporte: suplementos con nivel de evidencia fuerte. *Revista de Nutrición Clínica y Metabolismo*, 6(4). <https://doi.org/10.35454/rncm.v6n4.508>
- Hulse, P., & Betancur, L. (2023). Análisis de Sistemas de Secado no Convencionales con Potencial para Implementación en Colombia. *Unidades Tecnológicas de Santander*, 1, 1–20. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.27169.17760>
- Hussain, S. Z., Naseer, B., Qadri, T., Fatima, T., & Bhat, T. A. (2021a). Almond (*Prunus dulcis*)—Morphology, Taxonomy, Composition and Health Benefits. In *Fruits Grown in Highland Regions of the Himalayas* (pp. 283–295). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-75502-7_22
- Hussain, S. Z., Naseer, B., Qadri, T., Fatima, T., & Bhat, T. A. (2021b). Walnut (*Juglans Regia*)-Morphology, Taxonomy, Composition and Health Benefits. In *Fruits Grown in Highland Regions of the Himalayas* (pp. 269–281). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-75502-7_21
- Irigaray, B., Callejas, N., Estradé, D., Rebellato, C., & Vieitez, I. (2021). Determinación del contenido de antioxidantes naturales en frutos secos. *Revista Laboratorio Tecnológico Del Uruguay*, 21, 1–22. <https://doi.org/10.12461/21.08>
- Irigaray, B., Callejas, N., Estrade, D., Rebellato, C., & Vietez, I. (2020). Determinación del contenido de antioxidantes naturales en frutos secos. *DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y*

- Kris-Etherton, P. M., Harris, W. S., & Appel, L. J. (2002). Fish Consumption, Fish Oil, Omega-3 Fatty Acids, and Cardiovascular Disease. *Circulation*, 106(21), 2747–2757. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.0000038493.65177.94>
- Kundu, P., Dhankhar, J., & Sharma, A. (2018). Development of Non Dairy Milk Alternative Using Soymilk and Almond Milk. *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*, 6(1), 203–210. <https://doi.org/10.12944/CRNFSJ.6.1.23>
- Labuza, T. P. (1984). Application of chemical kinetics to deterioration of foods. *Journal of Chemical Education*, 61(4), 348. <https://doi.org/10.1021/ed061p348>
- Lipasek, R. A., Ortiz, J. C., Taylor, L. S., & Mauer, L. J. (2012). Effects of anticaking agents and storage conditions on the moisture sorption, caking, and flowability of deliquescent ingredients. *Food Research International*, 45(1), 369–380. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.10.037>
- Loayza-Salazar, S., Siche, R., Vegas, C., Chávez-Llerena, R. T., Encina-Zelada, C. R., Calla-Florez, M., & Comettant-Rabanal, R. (2024). Novel Technologies in the Freezing Process and Their Impact on the Quality of Fruits and Vegetables. *Food Engineering Reviews*, 16(3), 371–395. <https://doi.org/10.1007/s12393-024-09371-9>
- López León, R., & Ureña Solís, J. (2012). Propiedades antioxidantes de los frutos secos y la disminución del colesterol total y LDL- colesterol. *Rev Costarr Salud Pública*, 21, 87–91. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rcsp/v21n2/art08v21n2.pdf>
- Martínez, O. LA. (2015). Microencapsulación mediante secado... Esquivel-González B MICROENCAPSULACIÓN MEDIANTE SECADO POR ASPERSIÓN DE COMPUESTOS BIOACTIVOS. In *Rev. Iber. Tecnología Postcosecha* (Vol. 16, Issue 2).
- Mercado-Mercado, G., Rosa Carrillo, L. de la, Wall-Medrano, A., López Díaz, J. A., & Álvarez-Parrilla, E. (2013). Compuestos polifenólicos y capacidad antioxidante de especias típicas consumidas en México. *Nutrición Hospitalaria*, 28(1), 36–46. <https://doi.org/10.3305/nh.2013.28.1.6298>

- Meza-Plaza, E. F., Sosa-Morales, M. E., . Morales-De la Peña, M., & Gómez-Salazar, J. A. (2021). *Propiedades físicoquímicas de bebida de almendras tratada con ultrasonidos de potencia RESUMEN*. 6, 200–206.
- Mondragón, R., Julia, J. E., Barba, A., & Jarque, J. C. (2013). El proceso de secado por atomización: formación de gránulos y cinética de secado de gotas. *Boletín de La Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, 52(4), 159–168. <https://doi.org/10.3989/cyv.212013>
- Montañez Soto, J. L., Barragán, B. V., & Cruz, M. T. (2002). Propiedades físicoquímicas de las maltodextrinas a partir del punto crioscópico de sus soluciones. *Información Informática*, 13, 1–5. <https://www.researchgate.net/publication/266672200>
- Muehlhoff, E., Bennett, A., & McMahon, D. (2013). Milk and Dairy Products in Human Nutrition. *Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)*.
- Mukherjee, P., Tewari, S., Ray Chakravarti, A., & Nakhale, S. (2024). Formulation and Sensory Evaluation of Non-Dairy Synbiotic Chocolates Enriched with Almond Milk, Oats Powder and Probiotic Microorganism (*Streptococcus thermophilus* BURD PB 8). *Acta Scientific Nutritional Health*, 8(6), 2–10.
- NTE INEN 1 122. (2000). *Café soluble. Requisitos*.
- Ocampo Muñoz, J. A. (2003). *DETERMINACIÓN DE LA VIDA DE ANAQUEL DEL CAFÉ SOLUBLE ELABORADO POR LA EMPRESA DECAFÉ S.A. Y EVALUACIÓN DEL TIPO DE EMPAQUE EN LA CONSERVACIÓN DEL PRODUCTO*. Universidad Nacional de Colombia.
- Ontivero Urquiza, M. G., Rivata, R. S., Delfino, P. M., Ramírez, F. M., Ortega, J. M., Mansilla Galileano, D., & Hiza, L. I. (2022). *FRUTICULTURA: Principios Fundamentales*.
- Ortega, A., Expósito, J., Rondón, M., Roncal, E., Bocurt, G., Ledesma, L., & Alvarez, M. (2012). Determinación de las temperaturas del secado por atomización de un saborizante de café. *Ciencia y Tecnología de Los Alimentos*, 22(3), 5–9.
- Paredes, J. L., Escudero-Gilete, M. L., & Vicario, I. M. (2022). A new functional kefir fermented beverage obtained from fruit and vegetable juice: Development and characterization. *LWT*, 154, 112728. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112728>
- Poveda Morales, T. C., & Rivera Rosero, D. S. (2021). Estudio de bebidas y plantas ancestrales para la elaboración de un menú gastronómico con productos tradicionales del Ecuador. Caso

- de estudio: planta Ayahuasca (*Banisteriopsis Caapi*). *Revista Universidad y Sociedad*, 13(3), 444–453.
- Quesada, D., & Gómez, G. (2019). ¿Proteínas de origen vegetal o de origen animal?: Una mirada a su impacto sobre la salud y el medio ambiente. *Revista de Nutrición Clínica y Metabolismo*, 2(1), 79–86. <https://doi.org/10.35454/rncm.v2n1.063>
- Qureshi, M. N., Stecher G, & Bonn, G. K. (2014). Determination of total polyphenolic compounds and flavonoids in *Juglans regia* leaves. *Pak J Pharm Sci*, 4.
- Ramiro, M., Betoret, M. E., & Duarte, S. (2023). *Uso de maltodextrina y almidón de maíz como ingredientes tecnológicos de interés para ingredientes alimenticios en polvo*.
- Rashwan, A. K., Osman, A. I., Abdelshafy, A. M., Mo, J., & Chen, W. (2025). Plant-based proteins: advanced extraction technologies, interactions, physicochemical and functional properties, food and related applications, and health benefits. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 65(4), 667–694. <https://doi.org/10.1080/10408398.2023.2279696>
- Rios-Aguirre, S., & Gil-Garzón, M. A. (2021). Microencapsulación por secado por aspersión de compuestos bioactivos en diversas matrices: una revisión. *TecnoLógicas*, 24(51), e1836. <https://doi.org/10.22430/22565337.1836>
- Robbins, K. S., Ma, Y., Wells, M. L., Greenspan, P., & Pegg, R. B. (2014). Separation and Characterization of Phenolic Compounds from U.S. Pecans by Liquid Chromatography–Tandem Mass Spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(19), 4332–4341. <https://doi.org/10.1021/jf500909h>
- Romo, M. del C. G., Herrera, E. F. N., León, E. D. M., & Aimacaña, N. R. L. (2024). Innovation activities in the food and beverage sector in Ecuador: A probabilistic model. *Contaduría y Administración*, 69(4), 278–301. <https://doi.org/10.22201/fca.24488410e.2024.5000>
- Ros, E. (2010). Health Benefits of Nut Consumption. *Nutrients*, 2(7), 652–682. <https://doi.org/10.3390/nu2070652>
- Salama, A. H. (2020). Spray drying as an advantageous strategy for enhancing pharmaceuticals bioavailability. *Drug Delivery and Translational Research*, 10(1), 1–12. <https://doi.org/10.1007/s13346-019-00648-9>

- Salvá Ruiz, B., & Fetta Vargas, X. (2017). Desarrollo de una bebida a partir de almendras dulces (*Prunus dulcis*). *Revista de Investigaciones de La Universidad Le Cordon Bleu*, 4(2), 5–20. <https://doi.org/10.36955/RIULCB.2017v4n2.001>
- Severiano Pérez, P., & Severiano-Pérez, P. (2019). ¿Qué es y cómo se utiliza la evaluación sensorial? *INTER DISCIPLINA*, 7(19), 47. <https://doi.org/10.22201/ceiich.24485705e.2019.19.70287>
- Singh, A., & Rana, V. (2021). Exploration of modified cyclone separator for the enhanced recovery of inhalable spray dried cubosomal powder intended to be used for lung delivery. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, 66, 102848. <https://doi.org/10.1016/j.jddst.2021.102848>
- Soblechero, E., Hernanz, A., Antón, N., & Durán, J. M. (2007). La semilla y su morfología. In *Agricultura revista agropecuaria* (Agrícola Española, pp. 612–615).
- Tecse-Tecsi, R., Mego-Mego, V., Chávez-Pinchi, M., Cutipa-Chávez, L., & Vargas-Vásquez, L. (2022). Retención de vitamina C en el procesamiento de la pulpa de copoazú (*Theobroma grandiflorum*) enlatada. *Enfoque UTE*, 13(2), 17–30. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.805>
- Velasco Muñoz, J. F., & Aznar Sánchez, J. Á. (2016). El mercado mundial de la Almendra. *Boletín Económico de ICE*, 77–87.
- Zeb, A. (2021). A comprehensive review on different classes of polyphenolic compounds present in edible oils. *Food Research International*, 143. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110312>

CAPITULO VII

ANEXOS

Anexo 1.

Proceso de la elaboración de un producto soluble a base de almendra y nuez

Figura 6. *Recepción de la almendra*



Figura 7. *Recepción de la nuez*



Figura 8. *Remojo de las materias primas*



Figura 9. *Peso de la almendra después del remojo*



Figura 10. *Peso de la nuez después del remojo*



Figura 11. *Licuada*



Figura 12. *Cernido*



Figura 13. *Extracto de la materia prima*



Figura 14. *Residuos de las materias primas*



Figura 15. *Residuos del cernido junto al extracto*



Figura 16. *Pesado de la maltodextrina*



Figura 17. *Secado de la harina cernida*



Figura 18. *Secado de la almendra*



Figura 19. *Secado de la nuez*



Figura 20. *Peso de la almendra después del secado*

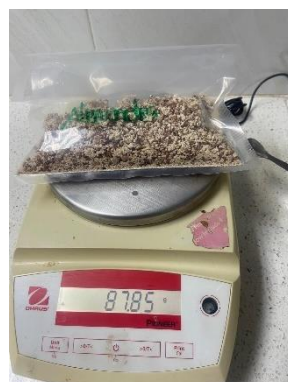


Figura 21. *Peso de la nuez después del secado*



Figura 22. *Tratamientos*



Figura 23. *Agregación de la maltodextrina*



Figura 24. *Proceso para el producto soluble*



Figura 25. *Producto final*



Anexo 2.

Análisis físicoquímicos de la elaboración de un producto soluble a base de almendra y nuez

Figura 26. *Determinación del Spray dryer*



Figura 27. *Determinación de grasa*



Figura 28. *Determinación de humedad*



Figura 29. *Determinación de cenizas*



Figura 30. *Determinación de acidez*



Figura 31. *Determinación de polifenoles*



Anexo 3.

Resultados del análisis de significancia (prueba de Fisher LSD) en relación con los factores evaluados en los análisis fisicoquímicos de un producto soluble de almendra y nuez

Figura 32.

Resultados del análisis de significancia de grasa

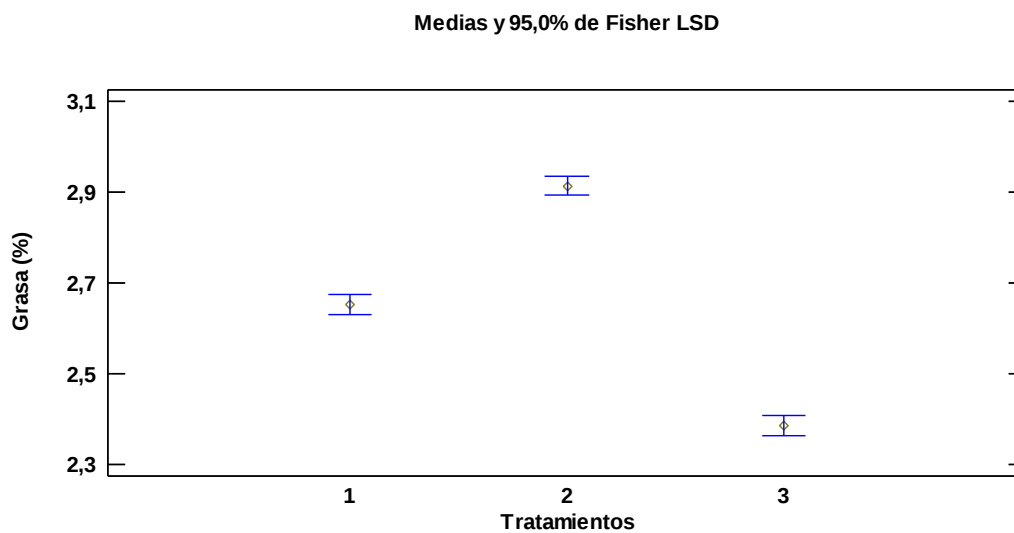


Figura 33.

Resultados del análisis de significancia de polifenoles

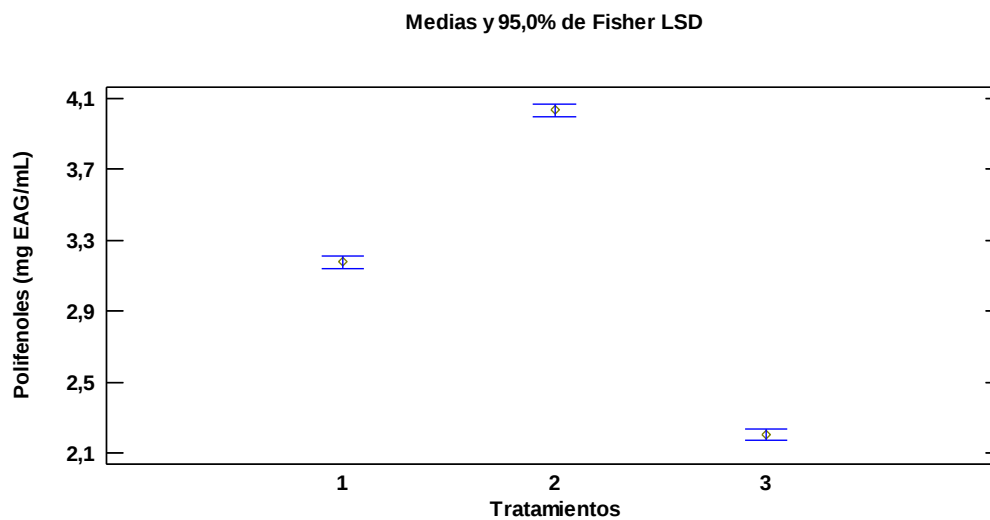


Figura 34.

Resultados del análisis de significancia de acidez

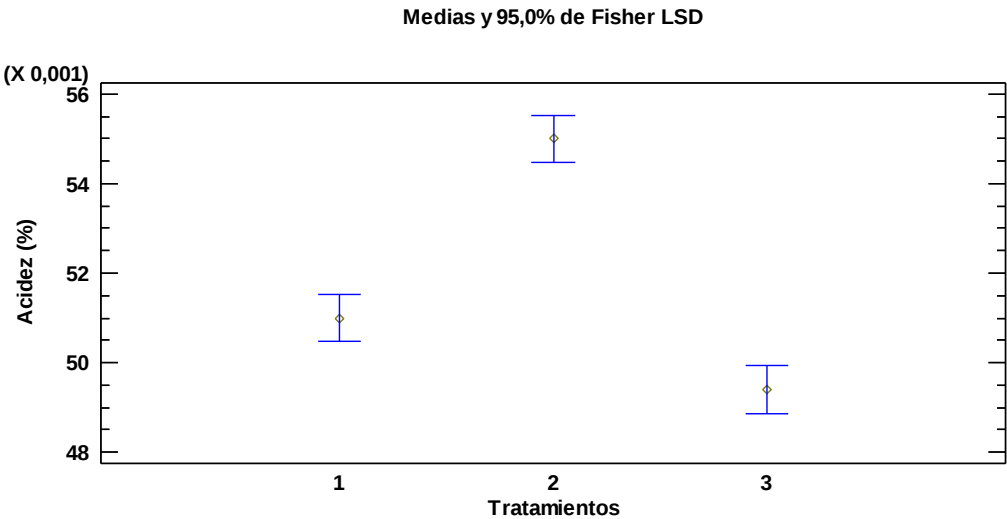


Figura 35.

Resultados del análisis de significancia de proteína

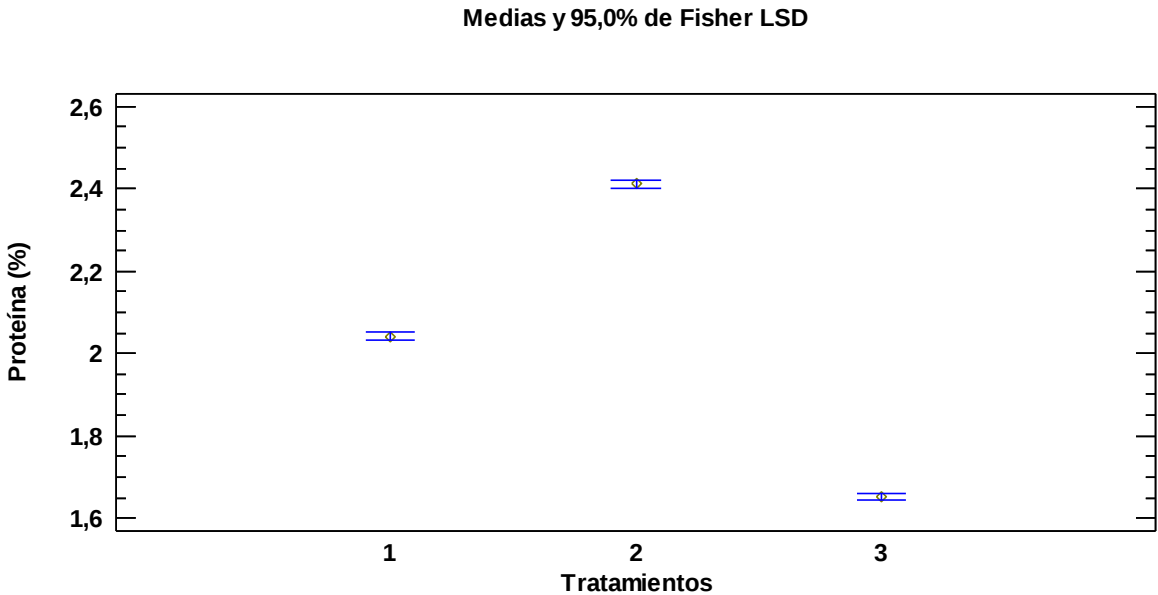


Figura 36.

Resultados del análisis de significancia de los antioxidantes

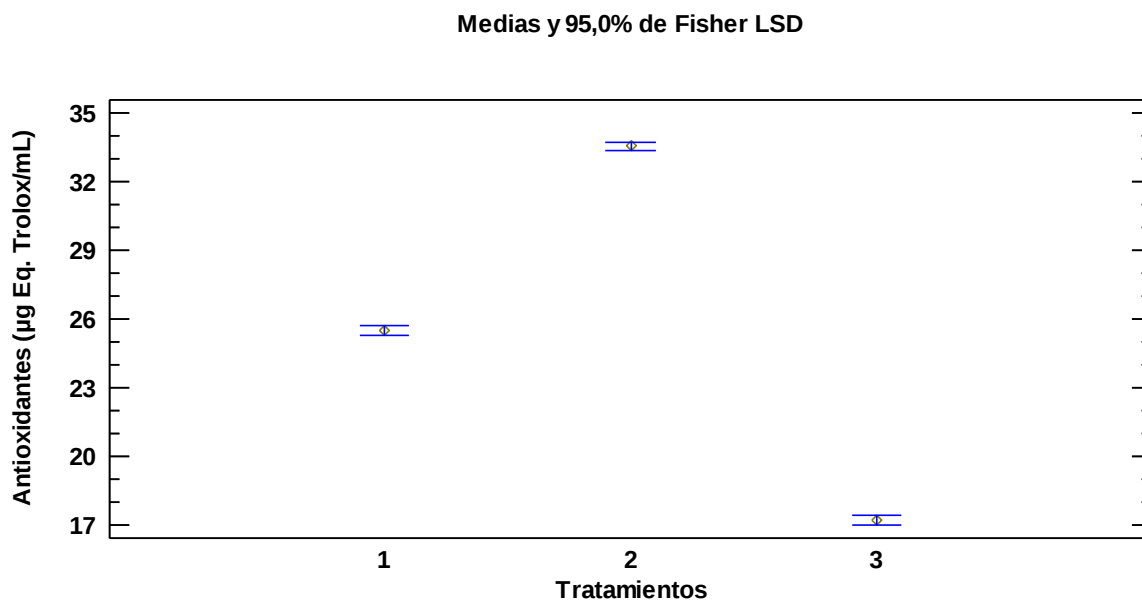


Figura 37.

Resultados del análisis de significancia de ceniza

