



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

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

Proyecto de Investigación:

**“CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DE LA
HARINA OBTENIDA A PARTIR DE SEMILLAS DE CALABAZA (*Cucúrbita*)”**

Autora:

KAREN ELIZABETH MACIAS PAREDES

Director de Proyecto de Investigación:

ING. WISTON JAVIER MORALES RODRÍGUEZ, MSc.

QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR

2025



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **KAREN ELIZABETH MACIAS PAREDES**, declaro que la investigación aquí descrita es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado por 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 normatividad institucional vigente.

KAREN ELIZABETH MACIAS PAREDES

C.I. 1206795179



UTEQ

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, **Wiston Javier Morales Rodríguez**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que la estudiante **Karen Elizabeth Macías Paredes**, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado “**Caracterización físico-química y microbiológica de la harina obtenida a partir de semillas de calabaza (*cucúrbita*)**”, previo a la obtención del título de **Ingeniera Agroindustrial**, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

A handwritten signature in blue ink, reading 'Wiston Javier Morales Rodríguez', is written over a horizontal line.


Ing. Wiston Javier Morales Rodríguez, MSc.

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



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

El suscrito, **Ing. Wiston Javier Morales Rodríguez**, mediante el presente cumpla en presentar a usted el informe del proyecto de Investigación titulado “Caracterización físico-química y microbiológica de la harina obtenida a partir de semillas de calabaza (*cucúrbita*)”, presentado por la estudiante **Karen Elizabeth Macias Paredes**, egresada de la Carrera de Agroindustria que fue revisado bajo mi dirección según la 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 el requerimiento de análisis de COMPILATIO el cual avala los niveles de originalidad en un 93% y similitud en 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_MACIAS PAREDES KAREN ELIZABETH	7% Textos sospechosos
	< 1% Similitudes (ignorado) 0% similitudes entre comillas 0% entre las fuentes mencionadas 7% Idiomas no reconocidos
Nombre del documento: TESIS_MACIAS PAREDES KAREN ELIZABETH.docx ID del documento: 65f327d3e3b8474cf324d7a8ba3250d5e246850d Tamaño del documento original: 6,11 MB	Depositante: DENISSE MARGOTH ZAMBRANO MUÑOZ Fecha de depósito: 12/5/2025 Tipo de carga: interface fecha de fin de análisis: 12/5/2025
	Número de palabras: 25.783 Número de caracteres: 167.503

Ing, Wiston Javier Morales Rodríguez MSc.

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



UTEQ

UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN

CARRERA DE AGROINDUSTRIA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

“Caracterización físico-química y microbiológica de la harina obtenida a partir de semillas de calabaza (*cucúrbita*)”

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. Loguard Smith Rojas Uribe, MSc.



MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. José Vicente Villarroel Bastidas, MSc.



MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Abelardo Jeronimo Alderete Rendon, MSc.

QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR

2025

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios, fuente de vida, sabiduría y fortaleza. Sin su guía y bendiciones, este camino no habría sido posible. En cada momento de dificultad encontré en Él la esperanza y el aliento necesario para seguir adelante, y por ello le dedico este logro con gratitud infinita.

A mis amados padres, Wilmer Macías y Ana Paredes, quienes, con su amor incondicional, sacrificio y apoyo constante han sido el pilar fundamental en mi vida. Gracias por creer en mí, por impulsarme a alcanzar mis sueños y por enseñarme que la perseverancia y el esfuerzo son claves para el éxito. También doy mi gratitud hacia mi tía Magaly Paredes, a mi tío José Paredes y mi tía Margarita Macías, quienes han sido personas que desde niña siempre han estado acompañándome, y apoyándome moralmente.

Agradezco al Ing. Wiston Morales, mi tutor de tesis, por su paciencia, dedicación y sabios consejos durante este proceso. Su guía fue crucial para el desarrollo de este trabajo.

Asimismo, extiendo mi gratitud a la Ing. Denisse Zambrano, mi cotutora, por su valiosa colaboración, apoyo y orientación técnica, que fueron esenciales para el cumplimiento de este proyecto.

Finalmente, agradezco a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo por brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente y por ser un espacio donde pude crecer no solo académicamente, sino también como persona.

Karen Elizabeth Macías Paredes

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación y logro, a Dios, por ser mi guía y fortaleza en cada paso de este camino, a mis padres Wilmer Macías y Ana Paredes, por su amor incondicional y su apoyo infinito. Dedico este logro a mi querida tía Silvana Paredes, quien, aunque ya no está en este mundo, siempre me trató como su hija y dejó en mí un amor eterno y profundo.

A mi abuelito Hedilberto Paredes, por su respaldo constante y por ser un ejemplo de esfuerzo y dedicación en mi vida. Y a mis hermanos Ariel, Amir y Emir, quienes con su cariño y compañerismo me han motivado a seguir adelante. A todos ustedes, este triunfo es también suyo.

Por último, también quiero dedicar este trabajo a mis amigos (los culebras) con quienes he compartido risas y también han sido un apoyo emocional importante sobre todo en aquellos momentos en los que me quise rendir, en este largo viaje. Su compañerismo y amistad hicieron que cada obstáculo sea más fácil de superar.

Karen Elizabeth Macías Paredes

RESUMEN

El presente estudio evaluó el rendimiento, las propiedades físico-químicas y microbiológicas de la harina obtenida a partir de semillas de dos variedades de calabaza (*Cucurbita foetidissima* y *Cucurbita maxima*), mediante un diseño experimental A x B x C, considerando dos tipos de calabaza, dos temperaturas de deshidratación y dos tiempos de secado, con un total de ocho tratamientos y tres réplicas por tratamiento. Los resultados indicaron un rendimiento de 78,89 % para *C. foetidissima* y 77,58 % para *C. maxima*, lo que demuestra una alta eficiencia en la deshidratación de las semillas. Sin embargo, se reconoce que parte de la pérdida de masa se debe a la eliminación de agua y residuos no aprovechables durante el proceso. En cuanto a las características físico-químicas, los valores de humedad oscilaron entre 5.29 % y 6.35 %, la proteína entre 30.17 % y 33.85 %, la fibra entre 8.53 % y 10.30 %, y la ceniza entre 3.90 % y 4.57 %. El análisis microbiológico confirmó que todas las muestras cumplieron con los límites establecidos en la normativa NTE INEN 1529, sin detección de *E. coli*, coliformes totales ni mohos y levaduras (<10 UFC/cm³), garantizando así la inocuidad del producto final. El balance de materia evidenció que la mayor pérdida de peso fue atribuible a la eliminación de humedad durante la deshidratación. Los resultados permiten concluir que la harina obtenida mantiene una composición estable y microbiológicamente apta para su aplicación en la industria alimentaria, aunque la optimización de los parámetros de proceso podría mejorar la eficiencia de recuperación del producto.

Palabras claves: Harina de semillas de calabaza, balance de materia, optimización del proceso, deshidratación

ABSTRACT

This study evaluated the yield, physicochemical, and microbiological properties of flour obtained from seeds of two pumpkin varieties (*Cucurbita foetidissima* and *Cucurbita maxima*) using an A x B x C experimental design, considering two pumpkin types, two drying temperatures, and two drying times, resulting in eight treatments with three replicates each. The results indicated a yield of 78.89 % for *C. foetidissima* and 77.58 % for *C. maxima*, demonstrating high efficiency in seed dehydration. However, it is acknowledged that part of the mass loss is due to water removal and the elimination of non-usable residues during the process. Regarding physicochemical characteristics, moisture content ranged between 5.29 % and 6.35 %, protein between 30.17 % and 33.85 %, fiber between 8.53 % and 10.30 %, and ash between 3.90 % and 4.57 %. Microbiological analysis confirmed compliance with the limits established by the NTE INEN 1529 standard, with no detection of *E. coli*, total coliforms, or molds and yeasts (<10 CFU/cm³), ensuring the microbiological safety of the final product. The mass balance showed that most of the weight loss was due to water removal during drying. The results indicate that the flour maintains stable composition and microbiological quality, making it suitable for use in the food industry, although optimizing processing parameters could improve product recovery efficiency.

Keywords: Pumpkin seed flour, mass balance, process optimization, dehydration.

TABLA DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA 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
AGRADECIMIENTO.....	vi
DEDICATORIA	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	ix
TABLA DE CONTENIDO	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xvi
CÓDIGO DUBLÍN.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	1
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Problema de investigación.....	3
1.1.1. Planteamiento del problema.....	3
1.1.2. Formulación del problema.....	4
1.1.3. Sistematización del problema.....	4
1.2. Objetivos.....	4
1.2.1. Objetivo General.....	4
1.2.2. Objetivos Específicos.....	5
1.3. Justificación.....	5
CAPÍTULO II.....	3
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	3
2.1. Marco conceptual	7
2.1.1. Calabaza (<i>Cucúrbita</i>)	7
2.1.2. Semillas de calabaza.....	9
2.1.3. Consumo de calabaza en Ecuador.....	10
2.1.4. Harinas.....	11

2.1.5.	<i>Clasificación de las harinas</i>	11
2.1.6.	<i>Normativa ecuatoriana para las harinas</i>	13
2.1.7.	<i>Deshidratación de los alimentos</i>	14
2.1.8.	<i>Granulometría de las harinas</i>	18
2.1.9.	<i>Métodos de molienda</i>	19
2.1.10.	<i>Proceso de tostado en la elaboración de harinas</i>	21
2.1.11.	<i>Caracterización físico – química</i>	23
2.1.12.	<i>Viabilidad microbiológica</i>	23
2.2.	Marco referencial.....	24
CAPÍTULO III.....		7
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....		7
3.1.	Localización.....	17
3.1.1.	<i>Ubicación del área de investigación, para análisis</i>	17
3.2.	Tipo de investigación.....	18
3.2.1.	<i>Investigación analítica</i>	18
3.2.2.	<i>Investigación descriptiva</i>	18
3.2.3.	<i>Investigación bibliográfica</i>	18
3.3.	Métodos de investigación.....	18
3.3.1.	<i>Método analítico</i>	18
3.3.2.	<i>Método inductivo</i>	19
3.4.	Fuente de recopilación de la información.....	19
3.5.	Diseño de la investigación.....	19
3.5.1.	<i>Factores de estudio</i>	20
3.5.2.	<i>Variables estudiadas</i>	22
3.6.	Instrumentos de investigación.....	22
3.6.1.	<i>Descripción del proceso de elaboración de la harina de semillas de calabaza</i> ..	22
3.6.2.	<i>Determinación del rendimiento de la harina elaborada a partir de las semillas de dos variedades de calabaza</i>	26
3.6.3.	<i>Balance de materia del proceso de elaboración de harina a partir de semillas de calabaza variedad (Cucurbita foetidissima)</i>	28
3.6.4.	<i>Balance de materia del proceso de elaboración de harina a partir de semillas de calabaza variedad (Cucurbita Maxima)</i>	29
3.6.5.	<i>Descripción de los análisis físico – químicos, y microbiológicos</i>	30
3.7.	Tratamiento de datos.....	31

3.8. Recursos humanos y materiales.....	32
CAPÍTULO IV.....	33
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
4.1. Resultados.....	34
4.1.1. Resultados de las variables físico-químicas evaluadas en el proyecto de investigación.....	34
4.1.2. Consideraciones metodológicas y limitaciones del análisis.....	65
CAPÍTULO V.....	67
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	67
5.1. Conclusiones.....	68
5.2. Recomendaciones.....	68
CAPÍTULO VI.....	70
BIBLIOGRAFÍA	70
CAPÍTULO VII	82
ANEXOS.....	82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Información nutricional de la calabaza variedad Cucúrbita	7
Tabla 2. Clasificación taxonómica de la calabaza	8
Tabla 3. Valores físicos y químicos de las semillas de calabaza.....	10
Tabla 4. Requisitos fisicoquímicos según NTE INEN 616:2015	13
Tabla 5. Requisitos microbiológicos según NTE INEN 616:2015.....	13
Tabla 6. Límites de contaminantes según NTE INEN 616:2015	14
Tabla 7. Rangos de temperatura de deshidratación y sus aplicaciones	17
Tabla 8. Clasificación de la granulometría de harinas y su aplicación	19
Tabla 9. Factores de estudio que intervienen en la investigación.....	20
Tabla 10. Combinaciones de los tratamientos propuestos en la investigación	20
Tabla 11. Esquema del análisis de varianza (A x B x C) para las variables a estudiar	21
Tabla 12. Recursos humanos y materiales para la realización del proyecto de investigación.	32
Tabla 13. Resultados obtenidos de Humedad; Ceniza; Proteína; y Fibra	34
Tabla 14. Análisis de Varianza para humedad - Suma de Cuadrados Tipo III.....	35
Tabla 15. Análisis de Varianza para ceniza - Suma de Cuadrados Tipo III	36
Tabla 16. Análisis de Varianza para proteína - Suma de Cuadrados Tipo III	37
Tabla 17. Análisis de Varianza para fibra - Suma de Cuadrados Tipo III	38
Tabla 18. Prueba de significancia, Tukey (Factor A) humedad	39
Tabla 19. Prueba de significancia, Tukey (Factor B) humedad.....	39
Tabla 20. Prueba de significancia, Tukey (Factor C) humedad.....	40
Tabla 21. Prueba de significancia, Tukey interacción (Factor A y Factor B) humedad	40
Tabla 22. Prueba de significancia, Tukey interacción (Factor A y Factor C) humedad	41
Tabla 23. Prueba de significancia, Tukey interacción (Factor B y Factor C) humedad	41
Tabla 24. Prueba de significancia, Tukey interacción (Factor A* Factor B* Factor C) humedad	42

Tabla 25. Prueba de significancia, Tukey (Factor A) ceniza	45
Tabla 26. Prueba de significancia, Tukey (Factor B) ceniza	45
Tabla 27. Prueba de significancia, Tukey (Factor C) ceniza	45
Tabla 28. Prueba de significancia, Tukey interacción (Factor A y Factor B) ceniza	46
Tabla 29. Prueba de significancia, Tukey interacción (Factor A y Factor C) ceniza	46
Tabla 30. Prueba de significancia, Tukey interacción (Factor B y Factor C) ceniza	47
Tabla 31. Prueba de significancia, Tukey interacción (Factor A* Factor B* Factor C) ceniza.....	47
Tabla 32. Prueba de significancia, Tukey (Factor A) proteína	49
Tabla 33. Prueba de significancia, Tukey (Factor B) proteína	50
Tabla 34. Prueba de significancia, Tukey (Factor C) proteína	50
Tabla 35. Prueba de significancia, Tukey interacción (Factor A y Factor B) proteína	51
Tabla 36. Prueba de significancia, Tukey interacción (Factor A y Factor C) proteína	52
Tabla 37. Prueba de significancia, Tukey interacción (Factor B y Factor C) proteína	52
Tabla 38. Prueba de significancia, Tukey interacción (Factor A* Factor B* Factor C) proteína	53
Tabla 39. Prueba de significancia, Tukey (Factor A) fibra.....	56
Tabla 40. Prueba de significancia, Tukey (Factor B) fibra	56
Tabla 41. Prueba de significancia, Tukey (Factor C) fibra	57
Tabla 42. Prueba de significancia, Tukey interacción (Factor A y Factor B) fibra.....	57
Tabla 43. Prueba de significancia, Tukey interacción (Factor A y Factor C) fibra.....	58
Tabla 44. Prueba de significancia, Tukey interacción (Factor B y Factor C) fibra	59
Tabla 45. Prueba de significancia, Tukey interacción (Factor A* Factor B* Factor C) fibra	59
Tabla 46. Análisis microbiológicos de todos los tratamientos	62
Tabla 47. Rendimientos obtenidos de calabaza (<i>Cucurbita foetidissima</i> y <i>Cucurbita maxima</i>)	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Semillas de calabaza.....	9
Figura 2. Diagrama de flujo de la harina de semillas de calabaza	25
Figura 3. Balance de materia (Cucurbita foetidissima).....	28
Figura 4. Balance de materia (Variedad Cucurbita Maxima).....	29
Figura 5. Interacciones variables (humedad).....	43
Figura 6. Interacciones variables (ceniza).....	48
Figura 7. Interacciones variables (proteína).....	54
Figura 8. Interacciones variables (fibra)	60
Figura 9. Recepción de las variedades de calabaza.....	83
Figura 10. Pesado de las calabazas.....	83
Figura 11. Pesado de las semillas de Cucurbita foetidissima	84
Figura 12. Pesado de las semillas de Cucurbita Maxima.....	84
Figura 13. Ingreso de las semillas a la estufa	84
Figura 14. Salida de las semillas	84
Figura 15. Pulverización de la semillas.....	85
Figura 16. Tamizado del polvo.....	85
Figura 17. Pesado de la muestra	85
Figura 18. Esterilización de crisoles para análisis de humedad y ceniza.....	85
Figura 19 . Determinación dela fibra.....	86
Figura 20. Obtención de la proteína	86
Figura 21. Preparación de la muestra	86
Figura 22. Agar con las muestras	86

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Recepción y pesado.....	83
Anexo 2. Extracción y pesado de las semillas	83
Anexo 3. Deshidratado.....	84
Anexo 4. Molienda y tamizado.....	84
Anexo 5. Preparación y análisis de la muestra	85
Anexo 6. Análisis de fibra y proteína.....	85
Anexo 7. Análisis microbiológicos	86

CÓDIGO DUBLÍN

Título:	Caracterización físico-química y microbiológica de la harina obtenida a partir de semillas de calabaza (<i>cucúrbita</i>)			
Autor:	Karen Elizabeth Macías Paredes			
Palabras clave:	Harina de semillas de calabaza	Balance de materia	Optimización del proceso	Deshidratación
Fecha de publicación:	Mayo, 2025			
Editorial:	Quevedo - UTEQ "La María", 2025			
Resumen:	<p>El presente estudio evaluó el rendimiento, las propiedades físico-químicas y microbiológicas de la harina obtenida a partir de semillas de dos variedades de calabaza (<i>Cucurbita foetidissima</i> y <i>Cucurbita maxima</i>), mediante un diseño experimental A x B x C, considerando dos tipos de calabaza, dos temperaturas de deshidratación y dos tiempos de secado, con un total de ocho tratamientos y tres réplicas por tratamiento. Los resultados indicaron un rendimiento de 78,89 % para <i>C. foetidissima</i> y 77,58 % para <i>C. maxima</i>, lo que demuestra una alta eficiencia en la deshidratación de las semillas. Sin embargo, se reconoce que parte de la pérdida de masa se debe a la eliminación de agua y residuos no aprovechables durante el proceso. En cuanto a las características físico-químicas, los valores de humedad oscilaron entre 5.29 % y 6.35 %, la proteína entre 30.17 % y 33.85 %, la fibra entre 8.53 % y 10.30 %, y la ceniza entre 3.90 % y 4.57 %. El análisis microbiológico confirmó que todas las muestras cumplieron con los límites establecidos en la normativa NTE INEN 1529, sin detección de <i>E. coli</i>, coliformes totales ni mohos y levaduras (<10 UFC/cm³), garantizando así la inocuidad del producto final. El balance de materia evidenció que la mayor pérdida de peso fue atribuible a la eliminación de humedad durante la deshidratación. Los resultados permiten concluir que la harina obtenida mantiene una composición estable y microbiológicamente apta para su aplicación en la industria alimentaria, aunque la optimización de los parámetros de proceso podría mejorar la eficiencia de recuperación del producto.</p>			
Abstract:	<p>This study evaluated the yield, physicochemical, and microbiological properties of flour obtained from seeds of two pumpkin varieties (<i>Cucurbita foetidissima</i> and <i>Cucurbita maxima</i>) using an A x B x C experimental design, considering two pumpkin types, two drying temperatures, and two drying times, resulting in eight treatments with three replicates each. The results indicated a yield of 78.89% for <i>C. foetidissima</i> and 77.58% for <i>C. maxima</i>, demonstrating high efficiency in seed dehydration. However, it is acknowledged that part of the mass loss is due to water removal and the elimination of non-usable residues during the process. Regarding physicochemical characteristics, moisture content ranged between 5.29 % and 6.35 %, protein between 30.17 % and 33.85 %, fiber between 8.53 % and 10.30 %, and ash between 3.90 % and 4.57 %. Microbiological analysis confirmed compliance with the limits established by the NTE INEN 1529 standard, with no detection of <i>E. coli</i>, total coliforms, or molds and yeasts (<10 CFU/cm³), ensuring the microbiological safety of the final product. The mass balance showed that most of the weight loss was due to water removal during drying. The results indicate that the flour maintains stable composition and microbiological quality, making it suitable for use in the food industry, although optimizing processing parameters could improve product recovery efficiency.</p>			
Descripción	114 hojas: dimensiones 29 x 21 cm + CD ROM 6162			
URI:				

INTRODUCCIÓN

En la industria alimentaria actual, el uso de semillas se ha convertido en una estrategia destacada para aprovechar los residuos agroindustriales. Un ejemplo notable son las semillas de calabaza, que suelen descartarse tras la utilización de la pulpa, la cual es la parte principal de interés para diversas preparaciones alimentarias como sopas, cremas, purés, panes, postres y rellenos. Estas semillas, sin embargo, son valoradas por sus múltiples componentes bioactivos que son beneficiosos para la salud humana (Arboleda, 2024). Son una rica fuente de nutrientes que incluyen proteínas, ácidos grasos insaturados como omega 3 y 6, vitaminas, minerales, así como por sus efectos antioxidantes y potencialmente anticancerígenos (Dotto & Chacha, 2020).

Según el (MAGAP, 2012), en el Ecuador, la producción calabaza del género (*Cucúrbita*) está repartida de la siguiente manera: un 53 % se cultiva en la Sierra, un 37 % en la Costa y un 10 % en la Amazonía. Las provincias con mayor producción son Azuay, seguida por Guayas, Loja y Pichincha (INEC, 2012). El país cuenta con aproximadamente 23 variedades diferentes de calabaza popularmente conocida como zapallo, que se presentan en una amplia gama de colores, tamaños y formas (INIAP, 2009). Sin embargo, a pesar de esta diversidad y volumen de producción, gran parte se desperdicia. Es fundamental encontrar maneras de darle un valor agregado a esta cosecha para evitar el desperdicio y maximizar sus beneficios (Pincay, 2020).

La elaboración de harina a partir de las semillas de calabaza no solo podría reducir el desperdicio, sino también proporcionar una fuente adicional de ingresos para los agricultores y una alternativa saludable para la industria alimentaria. En este estudio, se busca realizar una caracterización exhaustiva de esta harina desde un enfoque físico, químico y microbiológico, con el fin de comprender mejor sus propiedades y potenciales aplicaciones.

CAPÍTULO I
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de investigación

1.1.1. Planteamiento del problema

El consumidor actual demanda productos nutritivos e innovadores que mantengan las características propias de la materia prima. La calabaza, pese a sus múltiples beneficios nutricionales, sigue siendo una hortaliza poco industrializada (Wú Guin & Alvarado de la Fuente, 2021). La calabaza contiene diversos nutrientes esenciales, entre ellos las vitaminas A, C y E, además de minerales como potasio, magnesio y zinc, junto con compuestos bioactivos con acción antioxidante. No obstante, una fracción significativa de estos componentes, en particular los que se hallan en las semillas, suele perderse durante las etapas de procesamiento.

Las semillas de calabaza, por ejemplo, son una fuente significativa de proteínas, ácidos grasos insaturados (omega 3 y 6), fibra y minerales esenciales, nutrientes que contribuyen a la prevención de enfermedades cardiovasculares y a la mejora de la salud metabólica (Pincay, 2020). A pesar de ello, estas semillas suelen ser descartadas, lo que representa tanto una pérdida de recursos económicos como de componentes con potencial funcional en la industria alimentaria.

Además, la ausencia de iniciativas que permitan transformar estos subproductos en ingredientes de valor agregado agrava la situación, limitando la sostenibilidad del proceso productivo. En este sentido, la falta de una caracterización completa de la harina elaborada a partir de semillas de calabaza considerando parámetros fisicoquímicos y microbiológicos impide su adecuado aprovechamiento e incorporación en productos innovadores, como alternativas libres de gluten. Por tanto, esta investigación se centrará en generar información clave para optimizar el uso de esta harina, contribuyendo a una industria alimentaria más sostenible y eficiente.

Diagnóstico

Actualmente, la caracterización de las semillas del género *Cucúrbita* no está ampliamente documentada en fuentes bibliográficas. Esta ausencia de información limita el conocimiento teórico y técnico necesario para impulsar su aprovechamiento en la industria alimentaria. En este sentido, la caracterización debe abordar aspectos clave como las propiedades fisicoquímicas (humedad, cenizas, proteínas, fibra) y microbiológicas (presencia de microorganismos patógenos y mesófilos), que son esenciales para evaluar la calidad, seguridad

e idoneidad de la harina como ingrediente alimentario. Por lo tanto, realizar una investigación que integre estos parámetros no solo llenará este vacío de conocimiento, sino que también aportará bases sólidas para el desarrollo de nuevos productos innovadores y sostenibles a partir de esta materia prima.

Pronóstico

La falta de estudios sobre la harina obtenida de las semillas de calabaza (*Cucúrbita*) ha frenado su aprovechamiento en la industria alimentaria. Sin información clara sobre sus características fisicoquímicas y microbiológicas, su potencial para ser incorporada en productos innovadores y funcionales sigue siendo limitado. Esto mantiene a las semillas en un ciclo de desaprovechamiento, cuando podrían representar una alternativa sostenible y nutritiva dentro del desarrollo de nuevos alimentos.

1.1.2. Formulación del problema

¿Qué características fisicoquímicas y microbiológicas presentará la harina elaborada a partir de semillas de calabaza (*Cucúrbita*) que permitan su incorporación en la industria alimentaria?

1.1.3. Sistematización del problema

¿Será posible evaluar, por el método de deshidratación, la elaboración de harina de semillas de calabaza (*Cucúrbita*) considerando análisis físico-químicos?

¿Cuál será la estabilidad microbiológica de la harina de semillas de calabaza mediante pruebas específicas que aseguren su inocuidad y carga microbiana para el consumo humano?

¿De qué manera se evaluará el rendimiento del proceso de elaboración de la harina de semilla de calabaza?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

- Caracterizar las propiedades físico – químicas y microbiológicas de la harina obtenida a partir de la semilla de calabaza (*Cucúrbita*).

1.2.2. *Objetivos Específicos*

- Evaluar el método de deshidratación para la elaboración de harina de semillas de calabaza (*cucúrbita*) a través de las características físico-químicas.
- Analizar la viabilidad microbiológica de la harina de calabaza (*cucúrbita*).
- Determinar el rendimiento del proceso de elaboración de la harina de semilla de calabaza (*Cucúrbita*)

1.3. **Justificación**

La calabaza es una verdura con muchos beneficios para el organismo. Su sabor dulce la convierte en un alimento muy valorado para llevar una dieta saludable, ya que permite realizar diferentes tipos de receta, desde platos salados a dulces. Pero lo más interesante de la calabaza se encuentra en su valor nutricional y las propiedades que contiene, factores que le dan todavía más relevancia a nivel alimenticio (Gonzalez, Montenegro, & Lopez, 2001). Adicionalmente contiene muchos minerales, entre los que se encuentran el potasio, magnesio, calcio, zinc y hierro, también tiene unos niveles altos de ácido graso Omega 3 (Sánchez., 2023). Desde un enfoque socioeconómico, el género *Cucurbita* desempeña un papel clave al formar parte importante de la alimentación cotidiana en diversas zonas de América, Asia y Europa. Su importancia a nivel mundial se refleja en la amplia extensión de terreno destinada a su producción (Vallejo & Estrada, 2004).

Este estudio podría ser fundamental para llenar el vacío de conocimiento existente sobre la caracterización físico – química y microbiológica, de la harina de semillas de calabaza, proporcionando información científica rigurosa y confiable que puede ser utilizada por la industria alimentaria para desarrollar productos alimenticios innovadores y nutritivos. De manera que se contribuya a generar subproductos que beneficien a la sociedad en general, y se aproveche al máximo la materia prima en cuestión. Además, se podría considerar de relevancia para los agricultores del sector, agregando un valor comercial a una parte de la calabaza, que se desechaba (Sanmartín, 2014). Es importante también mencionar, que al realizar una evaluación del rendimiento que se obtiene en la producción de la harina, se aportara seguridad al momento de su producción, fortaleciendo su competitividad a largo plazo en la industria.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual

2.1.1. Calabaza (*Cucúrbita*)

La calabaza del género (*Cucúrbita*), más conocida como zapallo en el país, es originaria de América, es una fruta con un alto valor nutritivo, ya que contiene grandes cantidades de vitaminas y minerales como fósforo, hierro y calcio (Gonzalez, Montenegro, & Lopez, 2001). Tiene menos del 10 % de carbohidratos, bajo contenido de lípidos, 1.1 % de compuestos nitrogenados y 1.6 % de fibra bruta. Además, es valioso por su contenido en carotenoides (β -caroteno, α -caroteno y luteína), potasio y vitaminas B2, C y E, y posee un bajo contenido calórico (Estrada, 2002).

Tabla 1.

Información nutricional de la calabaza variedad Cucúrbita

Nutriente	Unidad	En 100 g
Energía	Kcal	40.00
Humedad	g	87.78
Fibra dietética	g	3.90
Carbohidratos	g	10.42
Proteína	g	2.00
Grasa total	g	0.10

Fuente: (USDA, 2018)

La calabacita es una especie alógama que requiere de insectos para llevar a cabo su polinización. En sistemas de cultivo bajo invernadero, su producción enfrenta complicaciones debido a la baja eficacia polinizadora de especies como el abejorro (*Bombus terrestris*), cuyo patrón de vuelo alto y la sensibilidad a temperaturas elevadas limitan su desempeño en este entorno. Aunque en el mercado se comercializan variedades partenocárpicas como 'Cora', 'Tosca', 'Balboa', 'Elite', 'Cavili' y 'Mastil', su comportamiento en condiciones de invernadero ha presentado problemas, entre ellos la deformación y caída de frutos jóvenes cuando no hay agentes polinizadores presentes (Eñaranda et al., 2007).

Esta planta es conocida por nombres comunes como auyama, ayote, joko y zapallo. Pertenece a la familia botánica *Cucurbitaceae*, que incluye otras plantas cultivadas del mismo género *Cucurbita*, tanto de la misma especie como de especies relacionadas. Entre estas se encuentran diversas variedades de calabazas y calabacines de invierno, como *C. moschata*, *C. pepo*, *C. maxima* y *C. argyrosperma* (*C. mixta*), cuyas frutas, al igual que nuestra calabaza, se cosechan cuando están completamente maduras. Además, dentro del género *Cucurbita* también se incluyen los calabacines de verano (*C. pepo*), caracterizados por ser recolectados en su etapa inmadura (Guillermo, 2016).

Tabla 2.

Clasificación taxonómica de la calabaza

Taxonomía de zapallo	
Reino	<i>Plantae</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Equisetopsita</i>
Orden	<i>Cucurbitales</i>
Género	<i>Cucurbita</i>

Fuente: (Tropico, 2019)

2.1.1.1. Calabaza (*Cucurbita foetidissima*)

Estas plantas, mayormente de crecimiento rastrero, poseen raíces tuberosas adaptadas a condiciones secas y suelen desprender un aroma intenso. Su distribución geográfica abarca desde los Estados Unidos hasta el centro de México. Han sido ampliamente investigadas por el elevado contenido de aceite y proteínas en sus semillas, además de los almidones que se encuentran en sus raíces. Aunque son resistentes a algunas enfermedades virales, presentan dificultades para hibridarse con otras especies del mismo género, lo que ha limitado su uso inmediato en programas de mejoramiento (Bemis & Whitaker, 1969).

2.1.1.2. Calabaza (*Cucúrbita Maxima*)

La domesticación de la calabaza tuvo lugar en América del Sur (Whitaker, 1962), y se han encontrado restos arqueológicos que datan desde Perú hasta el norte de Argentina. Las especies silvestres más estrechamente vinculadas son *C. andreana* y *C. ecuadorensis*, siendo *C. andreana* considerada el ancestro silvestre más probable (Cutler & Whitaker, 1969). Esta

especie destaca por su gran diversidad dentro del género *Cucurbita*, abarcando una amplia gama de razas locales, variedades tradicionales y cultivares con hábitos tanto rastreros como arbustivos. Los frutos y semillas de estas plantas varían considerablemente en forma, tamaño y color, y presentan diferentes niveles de resistencia a enfermedades. Se cultiva extensamente en Sudamérica y Estados Unidos, desde altitudes de 100 metros hasta los 3000 metros sobre el nivel del mar (Lira, 1995).

2.1.2. Semillas de calabaza

La naturaleza dota a estas semillas de una fuente extraordinariamente rica en nutrientes orgánicamente ligados, incluyendo niveles excepcionalmente altos de minerales esenciales. Una porción de una taza de semillas proporciona zinc, cobre, magnesio, manganeso, potasio y una cantidad adecuada de hierro, lo cual puede ayudar a combatir la deficiencia de hierro relacionada con la anemia (Álvarez, 2015).

Las semillas de zapallo, aunque pequeñas, son una fuente nutricional formidable, ofreciendo una amplia gama de nutrientes y proteínas. Además, contienen una variedad de compuestos vegetales beneficiosos, conocidos como fitoesteroles y antioxidantes que capturan los radicales libres, proporcionando un impulso adicional a la salud (Mercola, 2013). Desde la antigüedad, estas semillas han sido muy valoradas por sus propiedades medicinales y alimenticias. Contienen cucurbitina, un aminoácido relacionado con la eliminación de parásitos intestinales (Chavèz, Tuxill, & Jarvis, 2008).

Figura 1.

Semillas de calabaza



Fuente: (Alija, 2015)

2.1.2.1. Características morfológicas de las semillas

Las semillas presentan una forma aplanada y redondeada, con tamaños y contornos variables, y en algunas especies cuentan con un borde cartilaginoso engrosado. Se localizan en la cavidad central del fruto y, por lo general, su color oscila entre blanco y crema o tonos claros, aunque también se encuentran semillas de color negro, como en el caso de *Cucurbita ficifolia Bouche*. En promedio, un gramo contiene de tres a cuatro semillas de calabaza. Para su adecuada conservación, se recomienda mantenerlas con una humedad relativa del 7 % y almacenarlas a temperaturas entre 3 °C y 8 °C (Sarmiento, 2012). Según (Ortega, 2013), las características de las semillas varían en función de la variedad y su ubicación geográfica. Estas son de forma ovalada a elíptica, con una longitud que oscila entre 1,6 y 2,2 cm y un grosor de 0,5 a 1,5 mm. Su color puede ir desde café oscuro hasta negro, dependiendo de la variedad.

Tabla 3.

Valores físicos y químicos de las semillas de calabaza

Parámetro	Semilla de calabaza (entera y cruda)
% Humedad	7.229
% Sólidos totales	92.508
Proteínas [g/100 g muestra]	0.129
Carbohidratos [g/100 g muestra]	21.119
pH	5.767

Fuente: (Rössel, Ortiz, Amante, Durán, & López, 2018)

2.1.3. Consumo de calabaza en Ecuador

De acuerdo con datos del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), solo el 11 % de los hogares ecuatorianos incluye esta cucurbitácea en su dieta, evidenciando una limitada cultura de consumo (INEC, 2017). En el país, el cultivo de zapallo enfrenta altos niveles de desperdicio. Según testimonios de productores en la parroquia Sigchos, muchos prefieren dejar la cosecha en el campo, donde se descompone, debido a que los costos asociados con la recolección y el transporte superan las ganancias obtenidas por su comercialización. Esta falta de rentabilidad ha llevado a que los agricultores opten por cultivar otros productos más lucrativos. Estas circunstancias subrayan la necesidad de buscar formas de aprovechamiento sostenible del zapallo (Arroyo, 2018).

Durante la Semana Santa, celebrada entre marzo y abril, se comercializa aproximadamente el 80 % de la producción anual. Este aumento en las ventas está relacionado con la preparación

de la fanesca, un plato tradicional ecuatoriano en el que el zapallo es un ingrediente esencial, proporcionando color y textura característicos a la receta (González M. , 2008)

2.1.4. Harinas

La harina es un polvo fino obtenido a partir de la molienda de diversas semillas, como trigo, cebada, centeno, maíz, así como de tubérculos y legumbres. Aunque la harina de trigo es la más común y esencial en la producción de pan, también se elaboran harinas a partir de otros cereales como centeno, avena, cebada, arroz y maíz. Todas estas variedades de harinas vegetales comparten una característica principal: su alto contenido de almidón, un carbohidrato complejo que constituye la base de su composición (Sangronis, Machado, & Cava, 2004).

2.1.5. Clasificación de las harinas

Según su origen:

- Harinas de cereales: provienen de granos como el trigo, maíz, arroz, avena y cebada. La harina de trigo es la más utilizada por su contenido de gluten, lo que le confiere propiedades panificables (Almeida, Chang, & Steel, 2013)
- Harinas de pseudocereales: se obtienen de granos como la quinua, amaranto y trigo sarraceno. Son valoradas por su perfil nutricional y su uso en productos libres de gluten (Almeida, Chang, & Steel, 2013).
- Harinas de leguminosas: elaboradas a partir de soya, garbanzo, lenteja o arveja. Estas harinas son ricas en proteínas y fibra, utilizadas en formulaciones de alimentos funcionales y productos enriquecidos (Day, 2013).
- Harinas de tubérculos y raíces: derivadas de la yuca, papa o camote, son empleadas principalmente en la elaboración de productos sin gluten y alimentos tradicionales (Charles, Chang, Sriroth, & Ko, 2004).
- Harinas de semillas y frutos: como la harina de linaza, chía, calabaza y almendra, que destacan por su contenido de ácidos grasos esenciales y compuestos bioactivos (Rafiq, Sharma, & Singh, 2017).

Según su grado de extracción:

- Harina refinada: se obtiene tras eliminar las capas externas del grano (salvado y germen), resultando en un producto de color más claro y menor contenido de fibra y micronutrientes (Rosell, Rojas, & Benedito de Barber, 2001).

- Harina integral: contiene todas las partes del grano (endospermo, salvado y germen), aportando mayor contenido de fibra, vitaminas y minerales (Rafiq, Sharma, & Singh, 2017).

Según su contenido proteico o uso funcional:

- Harinas con alto contenido de gluten: como las harinas panaderas, utilizadas en productos de panificación debido a su capacidad de formar redes de gluten que retienen gases y otorgan volumen (Rosell, Rojas, & Benedito de Barber, 2001).
- Harinas sin gluten: como las harinas de maíz, arroz, papa o semillas como la calabaza, indicadas para la elaboración de alimentos aptos para personas con enfermedad celíaca (Rosell, Rojas, & Benedito de Barber, 2001).

Según la fuerza o contenido de gluten (para harinas de trigo):

- Harina de fuerza: contiene un alto porcentaje de gluten (12-14 %), lo que la hace ideal para panadería, especialmente para masas que requieren fermentaciones largas o productos que necesitan retener gases, como panes rústicos o de molde (TIA, 2021).
- Harina semifuerza: presenta un contenido moderado de gluten (10-11.5 %), utilizada en productos como bollería o masas enriquecidas que requieren cierta elasticidad, pero no tanta como en los panes de alta fermentación (TIA, 2021).
- Harina floja o débil: baja en gluten (menos del 10 %), se emplea principalmente en repostería, pasteles, galletas y bizcochos, donde se busca una textura suave y esponjosa (TIA, 2021).

2.1.5.1. Harinas de origen vegetal

Las harinas de origen vegetal se obtienen mediante la molienda de diversas materias primas vegetales, como cereales, pseudocereales, legumbres, tubérculos, frutos y semillas. Estas harinas se caracterizan por ser alternativas versátiles y sostenibles en la industria alimentaria, gracias a su valor nutricional, propiedades funcionales y diversidad de aplicaciones en la formulación de productos. En términos generales, las harinas vegetales son fuentes importantes de macronutrientes como carbohidratos, proteínas y lípidos, además de micronutrientes esenciales, como vitaminas y minerales. Su composición varía según la materia prima utilizada, permitiendo que cada tipo de harina tenga propiedades específicas que favorecen su uso en la creación de alimentos funcionales y libres de gluten (Umaña, Lopera, & Gallardo, 2013).

2.1.6. Normativa ecuatoriana para las harinas

La Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 616:2015 establece los requisitos que debe cumplir la harina de trigo destinada al consumo humano y a la elaboración de productos alimenticios en Ecuador. Aunque la NTE INEN 616:2015 está dirigida específicamente a la harina de trigo para consumo humano, esta norma constituye un referente técnico fundamental para la evaluación de calidad en harinas de origen vegetal. Si bien no aplica directamente a la harina obtenida a partir de semillas de calabaza, sus parámetros fisicoquímicos y microbiológicos como límites de humedad, contenido de cenizas, proteína y requisitos de inocuidad sirven como guía comparativa para establecer criterios de calidad, conservación y aptitud del producto evaluado en esta investigación.

Tabla 4.

Requisitos fisicoquímicos según NTE INEN 616:2015

Parámetro	Límite establecido	Observación
Humedad	Máximo 14.5 % (15.0 % para integral)	Para evitar crecimiento microbiano
Proteína (base seca)	Mínimo 10.5 % (panificación)	Varía según el tipo de harina
Cenizas (base seca)	Máximo 0.85 % (panificación)	Indicador de contenido mineral
Acidez	Máximo 0.2 % (ácido sulfúrico)	Control de rancidez
Gluten húmedo	Mínimo 28 % (panificación)	Relevante en propiedades funcionales
Grasa (base seca)	Máximo 2 % (3 % en harina integral)	Asociado a estabilidad y conservación
Tamaño de partícula	≥ 95 % pasa tamiz de 212 μm	Determina finura de la harina

Fuente: (NTE INEN 616, 2015)

Tabla 5.

Requisitos microbiológicos según NTE INEN 616:2015

Microorganismo	Límite permitido	Unidad de medida
Mohos y levaduras	$\leq 1 \times 10^4$	UFC/g
<i>Escherichia coli</i>	Ausencia	En 1 g

Fuente: (NTE INEN 616, 2015)

Tabla 6.

Límites de contaminantes según NTE INEN 616:2015

Contaminante	Límite máximo permitido	Unidad de medida
Cadmio	0.2	mg/kg
Plomo	0.2	mg/kg
Ocratoxina A	5	µg/kg

Fuente: (NTE INEN 616, 2015)

2.1.7. Deshidratación de los alimentos

Actualmente, los alimentos e ingredientes sometidos a procesos de deshidratación pueden igualar o incluso superar al producto fresco en aspectos como costo, sabor, aroma y apariencia. Estos productos ofrecen la ventaja de ser fácilmente rehidratables, conservar su valor nutricional y contar con una excelente estabilidad durante el almacenamiento. No obstante, las características finales y la estructura de un alimento deshidratado dependen considerablemente del método de deshidratación utilizado, así como de factores del proceso como la temperatura, el tiempo y la velocidad de secado, además de las propiedades originales del alimento fresco. De igual manera, los alimentos deshidratados se caracterizan por su buena capacidad de rehidratación, permitiendo recuperar texturas adecuadas tras la cocción. Esto indica una conservación efectiva de la estructura celular y una absorción de agua uniforme a nivel microscópico (Aguilera & Stanley, 1999).

No obstante, diversos estudios han señalado que la deshidratación de alimentos frescos puede ocasionar una disminución en la calidad del producto final, manifestada en aspectos como endurecimiento, reducción del tamaño, y cambios en el color y la textura. Estos efectos suelen presentarse en ciertos alimentos específicos y su impacto varía según la composición del producto y la intensidad del método de deshidratación aplicado. La exposición a temperaturas elevadas y tiempos prolongados de secado puede generar consecuencias negativas en parámetros clave de calidad, como el color y la textura (Migliori, Gabriele, Cindio, & Pollini, 2005).

Otro efecto asociado a la deshidratación de alimentos es la dificultad para lograr una rehidratación eficiente. Este problema tiene tanto causas físicas como químicas, entre las cuales se incluyen la contracción y deformación de las células y capilares, así como la desnaturalización de las proteínas debido al calor y la acumulación de sales. En estas condiciones, las proteínas presentes en las paredes celulares pierden su capacidad de absorber

agua con facilidad, lo que resulta en la pérdida de turgencia y la alteración de la textura original del alimento (Aguilera Y. , 2009).

La deshidratación va más allá de ser solo una operación unitaria; se trata de una técnica funcional que permite desarrollar estructuras alimenticias únicas a partir de ingredientes frescos (Aguilera, Chiralt, & Fito, 2003). En este contexto, investigar las transformaciones estructurales de los componentes alimentarios durante el proceso representa un avance significativo para comprender y optimizar el uso de alimentos deshidratados. Además, el análisis a nivel microestructural podría facilitar la comprensión de los mecanismos de transporte involucrados en la deshidratación, así como permitir una mejor evaluación de la funcionalidad de los productos finales (Aguilera Y. , 2009).

2.1.7.1. Secado por aire caliente

Para (Neira, 1998), la deshidratación mediante aire caliente es la técnica más ampliamente utilizada a nivel global para producir frutas y hortalizas deshidratadas. Este método implica exponer el producto húmedo a una corriente de aire caliente y relativamente seco; el calor proporciona la energía necesaria para que la humedad del alimento se evapore, mientras que el vapor de agua resultante es eliminado de la superficie del producto, sin embargo, es crucial controlar las condiciones del aire para evitar que el alimento pierda sus propiedades nutricionales y sus características sensoriales durante el proceso.

2.1.7.2. Componentes afectados por la deshidratación

- **Humedad**

Es el componente más crítico a eliminar durante la deshidratación, ya que su presencia en niveles elevados favorece la actividad microbiológica, la fermentación espontánea y la degradación de la materia prima. En productos como las semillas de calabaza, es fundamental reducir el contenido de humedad por debajo del 10%, ya que esto garantiza la estabilidad microbiológica y evita el crecimiento de hongos, levaduras y bacterias que podrían comprometer la calidad y seguridad del producto final. Además, una humedad baja disminuye la actividad de agua (a_w), lo cual es esencial para prolongar la vida útil de la harina y mejorar la eficiencia del proceso de molienda al reducir la pegajosidad de las partículas durante el triturado (Lewicki, 2006).

- **Proteínas**

Las proteínas presentan una relativa estabilidad frente a tratamientos térmicos moderados; sin embargo, cuando son expuestas a temperaturas superiores a 70-80°C durante periodos prolongados, pueden sufrir desnaturalización. Este fenómeno altera la estructura terciaria y cuaternaria de las proteínas, lo que impacta directamente su solubilidad, la capacidad de emulsificación y su interacción con otros componentes como el agua y los carbohidratos. En harinas derivadas de semillas de calabaza, la desnaturalización proteica puede afectar la calidad tecnológica del producto, reduciendo su capacidad de hidratación y su comportamiento en mezclas alimentarias, como productos de panificación o suplementos en polvo (Krokida & Maroulis, 2001)

- **Lípidos**

Los lípidos, y especialmente los ácidos grasos insaturados presentes en semillas oleaginosas, son muy sensibles a la oxidación cuando se someten a temperaturas elevadas durante la deshidratación. En particular, las semillas de calabaza contienen aceites ricos en omega 3 y omega 6, que pueden deteriorarse si el proceso térmico no es controlado adecuadamente. La oxidación de lípidos genera compuestos como peróxidos y aldehídos que afectan negativamente las propiedades sensoriales (olor rancio) y la calidad nutricional del producto. Por esta razón, resulta esencial emplear temperaturas controladas, preferiblemente entre 70 y 80 °C, y restringir el tiempo de exposición al calor, con el fin de mantener la estabilidad oxidativa de los lípidos y prevenir la aparición de rancidez (Sosulski, Garratt, & Slimkard, 1976).

- **Carbohidratos**

Los carbohidratos, principalmente los azúcares y almidones presentes en semillas y granos, son componentes relativamente estables frente a la deshidratación. No obstante, a temperaturas superiores a los 120°C pueden activarse reacciones no deseadas como la caramelización, que genera compuestos de coloración oscura y sabores amargos o astringentes. Además, si coexisten aminoácidos libres, es común que ocurra la reacción de Maillard, la cual impacta de forma significativa las propiedades sensoriales, generando compuestos de pardeamiento no enzimático y modificando la textura de la harina. Aunque estas reacciones pueden ser deseadas en ciertos procesos de tostado, en la deshidratación orientada a harinas funcionales es preferible

evitar estas temperaturas para preservar el color claro y el perfil nutricional del producto (Lewicki, 2006).

- **Vitaminas y compuestos bioactivos**

Las vitaminas hidrosolubles (como las del complejo B) y liposolubles (A, D, E y K) son especialmente susceptibles a la degradación térmica durante procesos de deshidratación intensivos. Asimismo, compuestos bioactivos como tocoferoles, carotenoides y polifenoles pueden perderse debido a la combinación de calor y exposición al oxígeno, reduciendo el potencial antioxidante de la harina final. En semillas como la calabaza, estas sustancias son clave para su valor nutricional y funcional, por lo que es recomendable emplear temperaturas moderadas (60-70°C) para minimizar estas pérdidas (Shahidi & Ambigaipalan, 2015).

2.1.7.3. Temperaturas de deshidratación recomendadas

Tabla 7.

Rangos de temperatura de deshidratación y sus aplicaciones

Rango de temperatura (°C)	Aplicación	Observaciones
50 °C – 60 °C	Preservar la calidad nutricional (proteínas y antioxidantes); deshidratación lenta.	Ideal para harinas funcionales y productos con alto valor nutricional.
65 °C – 80 °C	Reducir carga microbiana sin grandes pérdidas de nutrientes; secado convectivo o de bandeja.	Común para semillas oleaginosas como calabaza, girasol o linaza.
80 °C – 100 °C	Reducción rápida de humedad con riesgo de degradación de lípidos y vitaminas.	Cuidado con la rancidez de grasas y pérdida de compuestos sensibles.
> 100 °C	Secado industrial acelerado o pre-tostado; cambios sensoriales y pardeamiento no enzimático.	Se utiliza principalmente para productos que requieren sabor y aroma tostado.

Fuente: (Ore, Aguirre, & Ticsihua, 2020); (Valdivia, Alaníz, & Reyes, 2022)

2.1.8. Granulometría de las harinas

Este es un parámetro clave en la caracterización de las harinas, ya que hace referencia al tamaño y distribución de las partículas resultantes del proceso de molienda. Esta propiedad no solo incide en la apariencia física del producto, sino que también influye directamente en su comportamiento funcional, sus propiedades reológicas y su aplicabilidad en distintas formulaciones alimentarias (Dussán, Hurtado, & Camacho, 2019). En términos generales, la granulometría de una harina depende de factores como el tipo de materia prima, el método de molienda empleado (seca, húmeda o criogénica) y el ajuste de los equipos (velocidad, presión, tamaño de tamiz, entre otros). Las partículas de harina pueden clasificarse en diferentes rangos de tamaño, que suelen medirse en micrómetros (μm), mediante métodos como el tamizado convencional o la difracción láser (Bressani, Turcios, Reyes, & Mérida, 2001).

2.1.8.1. Importancia de la granulometría

- **Capacidad de absorción de agua:** las harinas con partículas finas tienden a presentar una mayor superficie específica, lo que aumenta su capacidad de retener agua durante la mezcla o el amasado. Esto es especialmente importante en la elaboración de masas, donde una buena hidratación de la harina mejora la cohesión y estructura del producto final (Rosell, Rojas, & Benedito de Barber, 2001).
- **Textura y densidad aparente:** la granulometría afecta directamente la textura de los alimentos. Harinas más finas se asocian a productos con textura suave y homogénea (como bizcochos o bebidas instantáneas), mientras que las harinas más gruesas o de grano medio suelen emplearse en panes rústicos o productos que buscan aportar sensación de rusticidad y mayor densidad (Ramos, 2024).
- **Velocidad de gelatinización del almidón:** en productos que requieren cocción, las harinas con partículas más pequeñas facilitan una gelatinización más rápida del almidón, debido a su mayor contacto con el agua y el calor. En cambio, una granulometría gruesa puede retardar este proceso, afectando la textura y la estructura del alimento procesado (Pang, Guan, Yang, Li, & Bian, 2021)
- **Estabilidad y vida útil:** una harina con partículas uniformes tiende a tener mejor estabilidad durante el almacenamiento, ya que la presencia de partículas muy finas junto a partículas gruesas puede generar problemas de segregación en mezclas y favorecer la absorción de humedad, afectando la vida útil del producto (Ramos, 2024).

Tabla 8.*Clasificación de la granulometría de harinas y su aplicación*

Tipo de harina	Tamaño de partícula (μm)	Aplicación típica
Harina fina	< 125 μm	Galletas, panes suaves, productos sin gluten y mezclas instantáneas.
Harina de grano medio	125 - 250 μm	Panes rústicos, repostería, productos de panificación convencional.
Harina de grano grueso	> 250 μm	Mezclas para cereales, barras energéticas y productos con textura crocante.

Fuente: (Pérez, 2010)

2.1.9. Métodos de molienda

La molienda es una etapa fundamental en la obtención de harinas, ya que permite la reducción de tamaño de la materia prima hasta obtener un polvo fino o semifino, según el objetivo del proceso. Este procedimiento influye directamente en la calidad final de la harina, afectando características como la granulometría, la capacidad de absorción de agua, la textura y la funcionalidad tecnológica. Existen diversos métodos de molienda que varían según el tipo de materia prima, la tecnología disponible y el uso final de la harina (Bustillos, 2022).

2.1.9.1. Molienda seca

Es uno de los métodos más tradicionales y ampliamente utilizados en la industria alimentaria, especialmente para la producción de harinas a partir de cereales y semillas. Consiste en triturar el material en estado seco mediante la acción de equipos como molinos de rodillos, molinos de martillos o molinos de discos. Este proceso se enfoca en separar las fracciones del grano (endospermo, salvado y germen, en el caso de cereales) o en reducir directamente la semilla entera en harinas, como sucede con la calabaza (Valencia, García, & Muñoz, 2020).

Tiene la ventaja de ser un proceso más sencillo y de menor consumo energético en comparación con otros métodos, aunque puede generar mayor presencia de partículas gruesas y una menor uniformidad granulométrica si no se controla adecuadamente. Es ampliamente utilizada para la producción de harinas integrales, harinas libres de gluten (maíz, arroz, calabaza) y para la elaboración de premezclas alimentarias (Rosell, Rojas, & Benedito de Barber, 2001).

2.1.9.2. Molienda húmeda

En la molienda húmeda, la materia prima es sometida previamente a un proceso de hidratación para facilitar la separación de componentes específicos. Es común en la producción de almidones, concentrados proteicos y harinas refinadas de maíz y arroz. Este método permite una molienda más fina y controlada, además de facilitar la obtención de subproductos como gluten, salvado hidratado o almidón puro (Ponce, 2015).

A diferencia de la molienda seca, este proceso requiere mayor tiempo y recursos, debido a la necesidad de secado posterior de la harina o de sus fracciones. No obstante, permite una mejor separación de los constituyentes y es ampliamente aplicada en industrias que buscan obtener fracciones diferenciadas con fines específicos, como la elaboración de almidones modificados o ingredientes funcionales (Dieter, Grosch, & Schieberle, 2009).

2.1.9.3. Molienda criogénica

Consiste en reducir el tamaño de la materia prima utilizando temperaturas extremadamente bajas, generalmente mediante la aplicación de nitrógeno líquido o dióxido de carbono en estado sólido (hielo seco). Este método es especialmente útil para productos con alto contenido graso o que son sensibles al calor, como semillas oleaginosas, nueces o especias (González O. , 2017).

Al mantener temperaturas muy bajas durante la molienda, se minimiza la oxidación de los lípidos y la pérdida de compuestos volátiles o bioactivos que podrían degradarse por acción del calor. Además, se obtienen partículas más finas y con mejor uniformidad, lo que puede ser clave en la formulación de productos funcionales o suplementos nutricionales. Sin embargo, es un proceso más costoso y menos común en operaciones a gran escala, siendo más frecuente en la industria farmacéutica y alimentaria especializada (Saxena, Soni, Saxna, & Singh, 2013).

2.1.9.4. Molienda ultrafina o micronización

Esta busca obtener partículas de tamaño micrométrico mediante molinos de alta energía, como molinos de chorro de aire (jet mills) o molinos coloidales (Salvador, Bonache, Borrás, & Mataix, 2008). Esta técnica permite mejorar la solubilidad, dispersión y bioaccesibilidad de ciertos nutrientes o compuestos bioactivos presentes en la harina. La micronización es utilizada principalmente en la elaboración de harinas especiales para alimentos infantiles, productos para pacientes con necesidades nutricionales específicas o suplementos alimenticios, donde se requiere una granulometría extremadamente fina y homogénea (Salomón, López De la Peña, Haydee Yajaira, Hernández, & López, 2019).

2.1.10. Proceso de tostado en la elaboración de harinas

El tostado es una operación térmica ampliamente utilizada en la industria alimentaria para mejorar las propiedades organolépticas y funcionales de diversos productos, incluidos granos, legumbres y semillas destinadas a la producción de harinas. Este proceso consiste en la aplicación de calor controlado que provoca cambios físicos, químicos y microbiológicos en la materia prima. En términos generales, el tostado tiene como finalidad potenciar el sabor y aroma a través de reacciones de Maillard y caramelización, reducir la carga microbiana, disminuir la humedad, e incluso modificar las propiedades estructurales de la semilla o el grano, facilitando su posterior molienda (Wang, Sun, Cao, Tian, & Li, 2008).

Durante el tostado, factores como la temperatura, el tiempo y la humedad inicial del producto son determinantes para alcanzar las características deseadas en la harina resultante. Además, la intensidad del proceso puede afectar tanto la estabilidad nutricional como la funcionalidad de la harina, dado que temperaturas excesivamente altas pueden provocar la degradación de compuestos termo-sensibles, como antioxidantes naturales o ácidos grasos insaturados, mientras que un tostado leve puede ser insuficiente para lograr la reducción esperada de la carga microbiana o la mejora de la textura (Pizzani, y otros, 2006).

En el caso de las semillas oleaginosas, como las de calabaza, chía o sésamo, el tostado permite una mejor liberación de aceites y un incremento en la aceptación sensorial debido al desarrollo de notas tostadas y matices que no están presentes en la semilla cruda. También se ha observado que el tostado puede mejorar la biodisponibilidad de ciertos nutrientes al desactivar factores

antinutricionales como inhibidores de tripsina o ácido fítico, los cuales limitan la absorción de minerales como hierro y zinc (Ermiş & Yanmaz, 2012).

2.1.10.1. Tipos de tostado

- **Tostado convencional o directo**

Es el más utilizado a nivel artesanal e industrial. Se realiza mediante la aplicación directa de calor seco en equipos como tostadores de tambor rotatorio, bandejas en hornos de convección o en tostadores de aire caliente. Las temperaturas suelen oscilar entre 110°C y 180°C, dependiendo del tipo de semilla y del efecto deseado. Es el método más empleado para la obtención de harinas a partir de semillas de calabaza, sésamo y frutos secos (Chen, Lin, Lin, Zheng, & Chen, 2020).

- **Tostado por aire caliente (hot air roasting)**

Utiliza corrientes de aire caliente para generar una transferencia de calor más homogénea y controlada. Este tipo de tostado minimiza el riesgo de quemado localizado y es más eficiente para grandes volúmenes. Además, suele mejorar la retención de compuestos bioactivos sensibles al calor, en comparación con el tostado directo. Este método es común en la industria de cereales y productos listos para consumo como snacks (Pizzani, y otros, 2006).

- **Tostado infrarrojo**

Se basa en la radiación infrarroja para transferir calor de manera superficial y rápida a la materia prima. Permite una rápida evaporación del agua de la superficie, disminuyendo los tiempos de tostado y reduciendo la pérdida de compuestos volátiles. Es especialmente útil en productos con alto contenido de aceites, ya que ayuda a prevenir la oxidación lipídica durante el proceso. Sin embargo, requiere equipos más especializados y un control más preciso de las variables operativas (Moreno, Bayas, & Quiroz, 2011).

- **Tostado criogénico o controlado a baja temperatura**

Aunque menos común, algunos procesos industriales aplican tostado a temperaturas relativamente bajas (menores a 100°C) para productos donde se busca preservar al máximo el perfil nutricional y evitar cambios drásticos en color o sabor. Suele combinarse con otras tecnologías como la molienda criogénica en el caso de harinas funcionales destinadas a alimentos saludables o suplementos (Valentas, Levine, & Clark, 2020).

2.1.11. Caracterización físico – química

Las características de los alimentos pueden ser examinadas desde diferentes ángulos, incluyendo su composición físico-química y sus propiedades nutricionales. Físico-químicamente, los alimentos están compuestos principalmente de carbohidratos, lípidos, proteínas y agua, además de otros compuestos inorgánicos. En la industria agroalimentaria, las grasas y aceites son especialmente importantes, ya que sus propiedades y los cambios que experimentan durante el almacenamiento tienen un impacto significativo en la tecnología de los alimentos (Gallego, 2013).

2.1.12. Viabilidad microbiológica

Según lo establecido en la normativa (NTE INEN 0527, 1984) se deben establecer los siguientes parámetros microbiológicos:

- **Recuento total de bacterias aerobias mesófilas:** Este parámetro mide la cantidad total de bacterias que pueden crecer en condiciones aerobias (presencia de oxígeno) a temperaturas moderadas (*mesófilas*).
- **Coliformes totales:** Los coliformes son un grupo de bacterias que incluyen especies que viven en el intestino de los animales, así como en el suelo y el agua. La presencia de coliformes totales puede indicar contaminación ambiental.
- **Coliformes fecales (*Escherichia coli*):** La presencia de *E. coli* es un indicador de contaminación fecal, lo cual es crítico para evaluar la seguridad microbiológica del producto.
- ***Staphylococcus aureus*:** Esta bacteria puede causar intoxicación alimentaria si está presente en niveles elevados en alimentos.
- ***Salmonella spp.*:** La presencia de *Salmonella* es inaceptable en productos alimenticios debido a su capacidad para causar graves enfermedades gastrointestinales.
- **Mohos y levaduras:** Estos organismos pueden afectar la calidad del producto, causando alteraciones en el sabor, olor y apariencia, además de representar riesgos para la salud.

2.2. Marco referencial

Según la investigación de Escobar et al. (2012), la harina elaborada a partir de semillas de zapallo presenta un alto contenido proteico, alcanzando 48.3 % en base seca, lo que la convierte en una opción viable como fuente vegetal de proteínas, cumpliendo con los estándares del Codex Alimentarius, que exige al menos un 40 % de proteína para esta clasificación. Además, posee un aporte significativo de fibra alimentaria (10.8 g/100 g) y vitamina E (3.4 mg/100 g), sumado a la presencia de aminoácidos esenciales. Su perfil lipídico también es favorable, con una relación de grasas insaturadas a saturadas de 5.5, destacando el ácido linoleico como componente predominante, el cual es fundamental para procesos biológicos relacionados con el crecimiento.

Rössel, Ortiz, Amante, Durán y López (2018) señalan que las semillas de calabaza de castilla (*Cucurbita* spp.) tienen potencial como insumo en forma de harina para la elaboración de productos alimenticios como totopos. En sus resultados, se observó una mayor retención de aceite cuando la harina se produce a partir de semillas sin descascarillar. Estas semillas poseen un contenido lipídico elevado, con 48.92 % de aceite, dentro del cual destacan el ácido oleico (29 %) y el ácido linoleico (51.9 %), ambos conocidos por sus propiedades beneficiosas para la salud cardiovascular y metabólica.

Los autores (Mendoza, Barre, Vargas, & Zambrano, 2019) al realizar análisis químicos de la harina de zapallo obtuvieron los siguientes resultados: humedad 13.24 %, proteína 4.63 %, grasas 1.82 %, ceniza 6.59 %, fibras 2.44 %, carbohidratos 71.28 % y energía 320.02 kcal / 100 mg, carotenoides totales 76,4 mg / Kg. La harina integral de zapallo cumple con los estándares exigidos por la normativa nacional vigente para dicho producto, además presentó un alto contenido de nutrientes y pigmentos.

Martínez, López y Rössel (2023) determinaron que las propiedades físico-químicas de las semillas juegan un papel clave en la elección del tipo de maquinaria y las especificaciones técnicas necesarias para su procesamiento. Esta adecuación tecnológica contribuye a optimizar la eficiencia de los procesos agroindustriales, mejorando el uso de recursos como agua, energía y materiales, y fortaleciendo la sostenibilidad en toda la cadena de valor asociada a la transformación de semillas de calabaza.

(Naves, Correa, Abreu, & Santos, 2010), también caracterizaron, harina de trigo y harina de semillas de calabaza fisicoquímicamente obteniendo los siguientes resultados: harina de trigo

(10 % de humedad, 11 % de proteína, 2.2 % de grasa, 3.1 % de fibra cruda, 0.8 % de ceniza, 72.9 % de extracto libre de nitrógeno, 0.15 % de acidez y 355.4 kcal/ 100 g), y harina de semillas de calabaza (7.45 % de humedad, 30.32 % de proteína, 17.6 % de grasa, 4.5 % de fibra cruda, 5.29 % de ceniza, 34.84 % de extracto libre de nitrógeno, 0.09 % de acidez y 419.4 kcal/ 100 g)

Escobar, Asanza, Herrera y González (2015) desarrollaron harinas a partir del mesocarpo del fruto de chontaduro (*Bactris gasipaes* Kunth) y del corno de papa china (*Colocasia esculenta* (L.) Schott), siguiendo parámetros de calidad establecidos en procesos agroindustriales. Durante la elaboración, reportaron pérdidas aproximadas del 70 % en el caso del chontaduro debido a etapas como cocción, pelado y deshidratación, obteniendo un rendimiento final del 30 % en harina. En el caso de la papa china, las mermas fueron aún mayores, con un 75 % atribuido a pelado y deshidratación, y solo un 25 % recuperado como producto final. A pesar de estas pérdidas, la humedad de ambas harinas se mantuvo dentro de los límites establecidos por la norma ecuatoriana NTE INEN 616:2006, lo que respalda su adecuación para consumo alimentario.

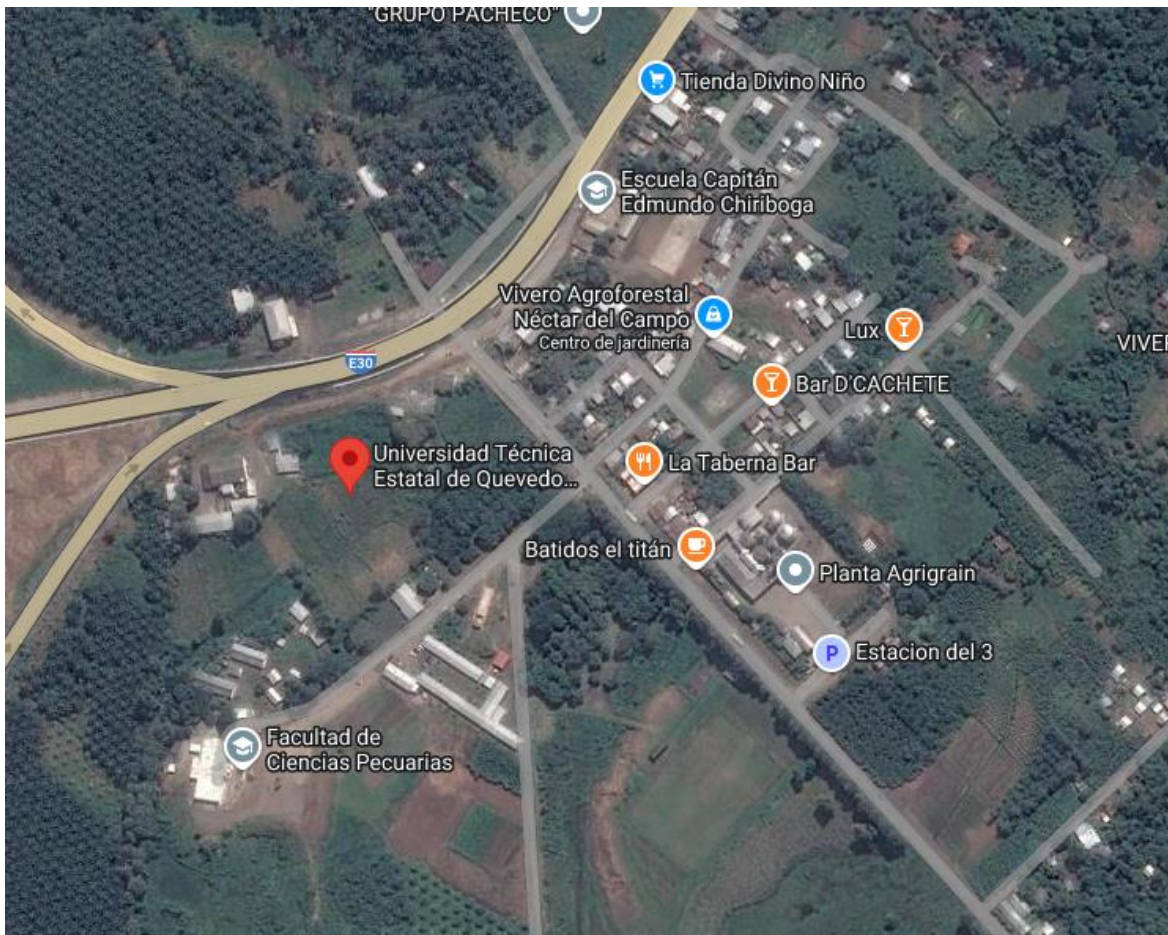
CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización

Este estudio se llevó a cabo en el laboratorio de Operaciones Unitarias de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, ubicado en el Campus La María, en el kilómetro 7½ de la vía Quevedo-El Empalme, provincia de Los Ríos.

3.1.1. Ubicación del área de investigación, para análisis

Los respectivos análisis fueron llevados a cabo en el laboratorio de Microbiología y Bromatología de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (Campus La María) ubicado en el km 7 ½ vía Quevedo-El Empalme de la provincia de Los Ríos, 1° 3'18" de latitud Sur y 79°25' 24" de longitud oeste, con una altitud de 77.6 msn.



Obtenido por: Google maps

3.2. Tipo de investigación

3.2.1. Investigación analítica

Se realizó una investigación analítica con el objetivo de comprender las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y estructurales de la harina obtenida a partir de semillas de calabaza (*Cucurbita*). Este enfoque fue importante porque permitió identificar las características clave del producto, evaluar su potencial para aplicaciones alimentarias y determinar cómo las variables del proceso influyen en su calidad final.

3.2.2. Investigación descriptiva

Se llevó a cabo una investigación descriptiva con el propósito de detallar las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y estructurales de la harina obtenida de semillas de calabaza (*Cucurbita*). Este tipo de estudio fue crucial para proporcionar una caracterización completa de la materia prima, documentando sus características específicas y comportamiento bajo diferentes condiciones. Los hallazgos obtenidos permitieron establecer una base de datos detallada que puede ser utilizada para optimizar procesos de producción, garantizar la calidad del producto y fomentar su inclusión en diversas aplicaciones dentro de la industria alimentaria.

3.2.3. Investigación bibliográfica

Se desarrolló una investigación bibliográfica centrada en recopilar y analizar información existente sobre las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y funcionales de la harina derivada de semillas de calabaza (*Cucurbita*). Este enfoque permitió consolidar conocimientos previos, identificar vacíos en la literatura y sustentar la importancia de su aprovechamiento en la industria alimentaria. Además, sirvió como base teórica para futuras investigaciones experimentales y para diseñar estrategias que potencien el uso de esta harina en la elaboración de productos innovadores y sostenibles.

3.3. Métodos de investigación

3.3.1. Método analítico

Con el método analítico se logró descomponer las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y funcionales de la harina de semillas de calabaza (*Cucurbita*) en sus componentes fundamentales. Este enfoque permitió examinar en detalle cada característica, identificando los factores que influyen en su calidad y comportamiento. La aplicación de este método fue

esencial para comprender las interacciones entre los diferentes elementos de la harina y su impacto en las posibles aplicaciones industriales, contribuyendo a generar conocimientos precisos y útiles para su aprovechamiento en la formulación de productos innovadores.

3.3.2. Método inductivo

Se utilizó el método de observación para registrar y analizar de manera directa las características físicas, estructurales y comportamentales de la harina obtenida de semillas de calabaza (*Cucurbita*). Este método permitió identificar patrones visibles relacionados con su textura, color y comportamiento bajo diferentes condiciones, proporcionando datos valiosos sobre su calidad. De manera que se consiguió evaluar los aspectos observables del producto, los cuales sirvieron como base para determinar su potencial uso en aplicaciones alimentarias y garantizar estándares de calidad en su procesamiento.

3.4. Fuente de recopilación de la información

Se llevó a cabo una revisión amplia de la literatura disponible, que incluyó la consulta de libros, artículos científicos, investigaciones previas, repositorios académicos y regulaciones específicas (normativas INEN, CODEX, etc). La búsqueda se realizó en plataformas especializadas como SpringerLink, PubMed, Google académico, Scopus y Redalyc. Adicionalmente, se mantuvieron reuniones regulares con el director de tesis, con el propósito de recopilar información relevante y evaluar los datos obtenidos durante el proceso.

3.5. Diseño de la investigación

El estudio se llevó a cabo utilizando un diseño A x B x C, donde A correspondió a las variedades de calabaza, B a las temperaturas de deshidratación y C a los tiempos de deshidratación. Se implementaron un total de 8 tratamientos con 3 réplicas cada uno. Los datos obtenidos fueron analizados utilizando el software estadístico INFOSTAT versión 2020, aplicando una significancia del 95 % y evaluados mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

3.5.1. Factores de estudio

Tabla 9.

Factores de estudio que intervienen en la investigación

Factores	Niveles	Descripción
Factor A: Variedades de calabaza	a ₀	Variedad <i>Maxima</i>
Factor B: Temperatura de deshidratación	a ₁	Variedad <i>foetidissima</i>
Factor C: Tiempo de deshidratación	b ₀	70 °C
	b ₁	80 °C
	c ₀	20 hrs
	c ₁	10 hrs

Elaborado: autora

Tabla 10.

Combinaciones de los tratamientos propuestos en la investigación

Tratamiento	Simbología	Descripción
T1	a ₀ b ₀ c ₀	Variedad <i>Maxima</i> + 70 °C + 20 hrs
T2	a ₀ b ₀ c ₁	Variedad <i>Maxima</i> + 70 °C + 10 hrs
T3	a ₀ b ₁ c ₀	Variedad <i>Maxima</i> + 80 °C + 20 hrs
T4	a ₀ b ₁ c ₁	Variedad <i>Maxima</i> + 80 °C + 10 hrs
T5	a ₁ b ₀ c ₀	Variedad <i>foetidissima</i> + 70 °C + 20 hrs
T6	a ₁ b ₀ c ₁	Variedad <i>foetidissima</i> + 70 °C + 10 hrs
T7	a ₁ b ₁ c ₀	Variedad <i>foetidissima</i> + 80 °C + 20 hrs
T8	a ₁ b ₁ c ₁	Variedad <i>foetidissima</i> + 80 °C + 10 hrs

Elaborado: autora

Tabla 11.*Esquema del análisis de varianza (A x B x C) para las variables a estudiar*

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados medios	Razón de varianza
FA	SC _A	a - 1 2 - 1 = 1	CM _A	CM _A / CM _E
FB	SC _B	b - 1 2 - 1 = 1	CM _B	CM _B / CM _E
FC	SC _C	c - 1 2 - 1	CM _C	CM _C / CM _E
INTERACCIONES				
(AB)	SC _{AB}	(a - 1)(b - 1) 1 x 1 = 1	CM _{AB}	CM _{AB} / CM _E
INTERACCIONES				
(AC)	SC _{AC}	(a - 1)(c - 1) 1 x 1 = 1	CM _{AC}	CM _{AC} / CM _E
INTERACCIONES				
(BC)	SC _{BC}	(b - 1)(c - 1) 1 x 1 = 1	CM _{BC}	CM _{BC} / CM _E
INTERACCIONES				
(ABC)	SC _{ABC}	(a - 1)(b - 1)(c - 1) 1 x 1 x 1 = 1	CM _{ABC}	CM _{ABC} / CM _E
Réplicas	SC _R	r - 1 3 - 1 = 2	CM _R	CM _R / CM _E
Error	SC _E	abc (n - 1) 2 x 2 x 2(3 - 1) = 16	CM _E	
Total	SC _T	abc n - 1 2 x 2 x 2 x 3 - 1 = 23		

Elaborado: autora

3.5.2. Variables estudiadas

- Humedad, (NTE INEN 0518, 1981).
- Ceniza, (NTE INEN 520, 2012).
- Proteína, (AOAC 2001.11, 2001).
- Fibra, (NTE INEN 522, 2013).
- *E. coli*, (NTE INEN 1529-8, 1990).
- Coliformes totales, (NTE INEN 1529-7, 1990).
- Mohos y levaduras, (NTE INEN 1529 -10, 1998).
- Rendimiento

3.6. Instrumentos de investigación

3.6.1. Descripción del proceso de elaboración de la harina de semillas de calabaza

1. Recepción y selección de la materia prima

Se recibió la calabaza en un área de recepción acondicionada con condiciones higiénicas controladas. Cada unidad fue inspeccionada visualmente para identificar daños mecánicos, signos de pudrición o contaminación. Solo se seleccionaron frutos en buen estado, libres de defectos físicos, para garantizar un producto final de alta calidad.

2. Lavado

El lavado se realizó en tres etapas:

- Prelavado: Las calabazas fueron sometidas a un flujo continuo de agua potable para remover partículas grandes de suciedad y residuos de tierra.
- Lavado principal: Se utilizaron cepillos rotatorios y agua destilada con un sistema de aspersión para garantizar la eliminación de impurezas superficiales.
- Enjuague final: Las calabazas fueron sumergidas en agua destilada con agitación para retirar cualquier residuo remanente.

3. Pesado inicial

Cada calabaza fue pesada en una balanza digital de alta precisión (± 0.01 g). Este registro permitió documentar el peso bruto de la materia prima.

4. Pelado

El pelado se realizó manualmente utilizando cuchillos de acero inoxidable grado alimenticio, previamente esterilizados. Durante este proceso:

- La corteza fue separada cuidadosamente para evitar la pérdida de pulpa.
- Los desechos de corteza fueron recogidos en recipientes específicos para ser gestionados como residuos orgánicos.

5. Pesado posterior al pelado

La pulpa y las semillas de cada calabaza pelada fueron pesadas nuevamente para calcular el porcentaje de corteza eliminado.

6. Extracción de las semillas

Las semillas fueron retiradas manualmente de la cavidad central utilizando utensilios de acero inoxidable. Se colocaron en bandejas de polipropileno y se separaron los restos de pulpa adheridos mediante lavado con agua destilada.

7. Pesado de las semillas

Las semillas limpias fueron secadas con papel absorbente estéril para eliminar el exceso de humedad superficial y posteriormente pesadas en la misma balanza digital.

8. Deshidratación

Las semillas fueron colocadas en bandejas de aluminio con recubrimiento antiadherente, distribuidas en una sola capa para asegurar un secado uniforme. La deshidratación se realizó en una estufa de convección con las siguientes condiciones:

- **Tratamiento 1:** 70 °C durante 20 horas.
- **Tratamiento 2:** 80 °C durante 10 horas. Durante el proceso, se registraron las temperaturas y el tiempo mediante un termohigrómetro digital, asegurando el control constante de las variables.

9. Molienda

Las semillas deshidratadas fueron molidas en un molino de cuchillas de acero inoxidable. Se realizaron dos pasadas:

- **Primera molienda:** Reducción del tamaño inicial a partículas gruesas.
- **Segunda molienda:** Obtención de un polvo fino y homogéneo.

10. Tamizado

La harina resultante fue tamizada utilizando un sistema de tamices vibratorios con mallas estándar:

- **Malla 60:** Retención de partículas gruesas.
- **Malla 80:** Obtención de una granulometría fina y uniforme. El tamizado garantizó que la harina final cumpliera con los estándares requeridos para su análisis.

11. Empaque

La harina tamizada fue envasada en bolsas de polietileno tipo Ziploc con cierre hermético, etiquetadas con los datos de lote, fecha de producción y tratamiento aplicado. Las bolsas fueron selladas utilizando una selladora térmica para evitar la entrada de humedad.

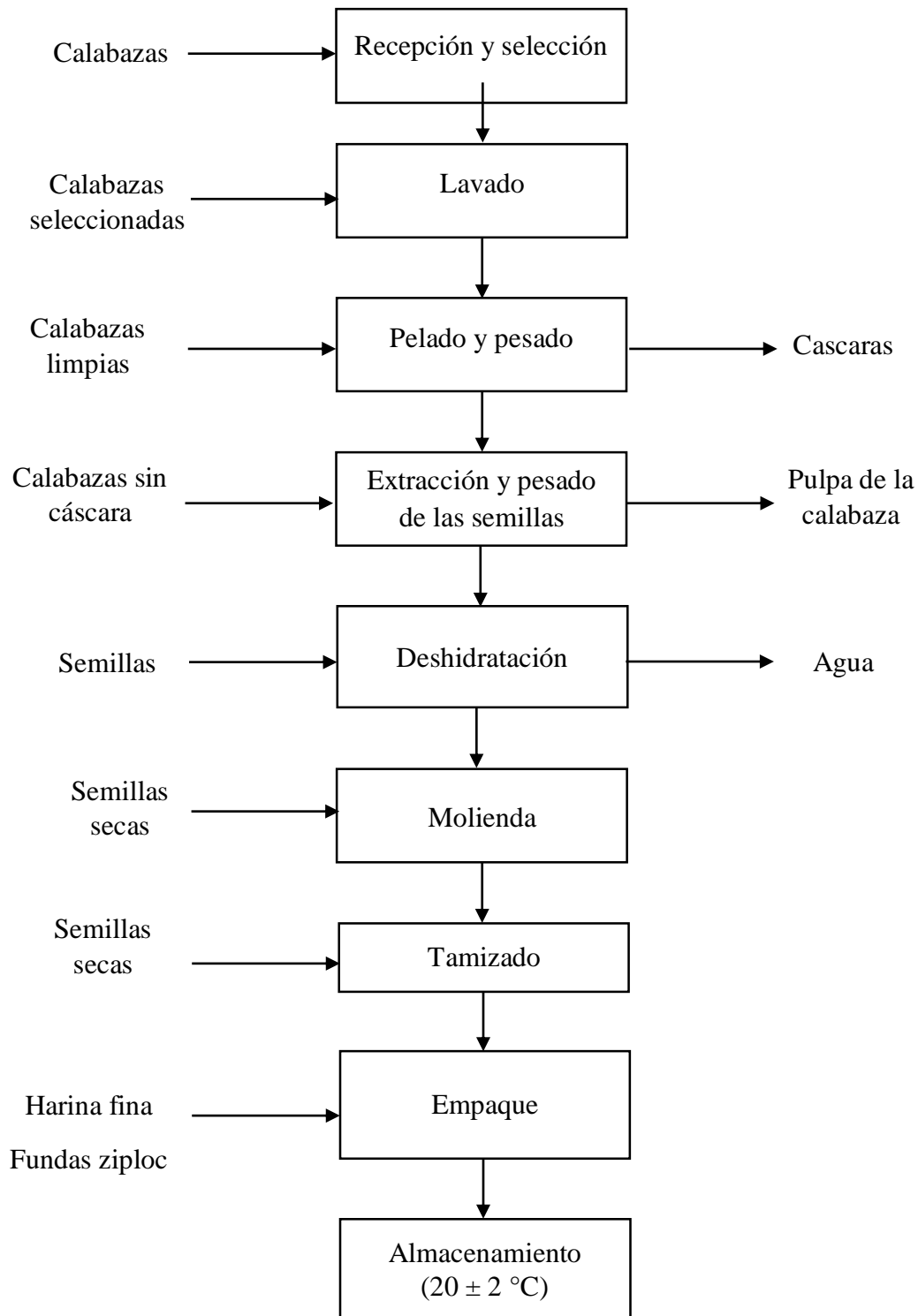
12. Almacenamiento

Los paquetes de harina se almacenaron en un cuarto seco con temperatura controlada (20 ± 2 °C) y humedad relativa inferior al 60 %, evitando la exposición a luz directa o contaminantes. El almacenamiento se llevó a cabo en estantes de acero inoxidable, asegurando condiciones óptimas para la preservación del producto.

3.6.1.1. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de la harina de semillas de calabaza

Figura 2.

Diagrama de flujo de la harina de semillas de calabaza



Elaborado: Autora

3.6.2. *Determinación del rendimiento de la harina elaborada a partir de las semillas de dos variedades de calabaza.*

Síntesis del proceso de secado

Durante el proceso de secado de las semillas de calabaza, se evaluaron distintas combinaciones de temperatura y tiempo con el objetivo de identificar las condiciones más eficientes para reducir el contenido de humedad sin comprometer la calidad del producto. Las temperaturas seleccionadas fueron 70 °C y 80 °C, aplicadas por períodos de 10 y 20 horas, respectivamente. El proceso se llevó a cabo en una estufa de convección forzada, con una velocidad de aire constante de 1.5 m/s, medida a nivel del lecho de las muestras.

A través del cálculo del rendimiento de deshidratación (% R), utilizando la fórmula:

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} \times 100$$

3.6.2.1. *Rendimiento de Calabaza (Cucurbita Foetidissima)*

- **Tratamiento 1 – 70 °C / 10 h**

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{0.482 \text{ kg}}{0.630 \text{ kg}} \times 100 = 76.51 \%$$

- **Tratamiento 2 – 70 °C / 20 h**

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{0.493 \text{ kg}}{0.630 \text{ kg}} \times 100 = 78.25 \%$$

- **Tratamiento 3 – 80 °C / 10 h**

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{0.486 \text{ kg}}{0.630 \text{ kg}} \times 100 = 77.14 \%$$

- **Tratamiento 4 – 80 °C / 20 h**

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{0.497 \text{ kg}}{0.630 \text{ kg}} \times 100 = 78.89 \%$$

3.6.2.2. Rendimiento de Calabaza (*Cucurbita maxima*)

- **Tratamiento 1 – 70 °C / 10 h**

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{0.758 \text{ kg}}{0.990 \text{ kg}} \times 100 = 76.57 \%$$

- **Tratamiento 2 – 70 °C / 20 h**

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{0.765 \text{ kg}}{0.990 \text{ kg}} \times 100 = 77.27 \%$$

- **Tratamiento 3 – 80 °C / 10 h**

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{0.762 \text{ kg}}{0.990 \text{ kg}} \times 100 = 77.07 \%$$

- **Tratamiento 4 – 80 °C / 20 h**

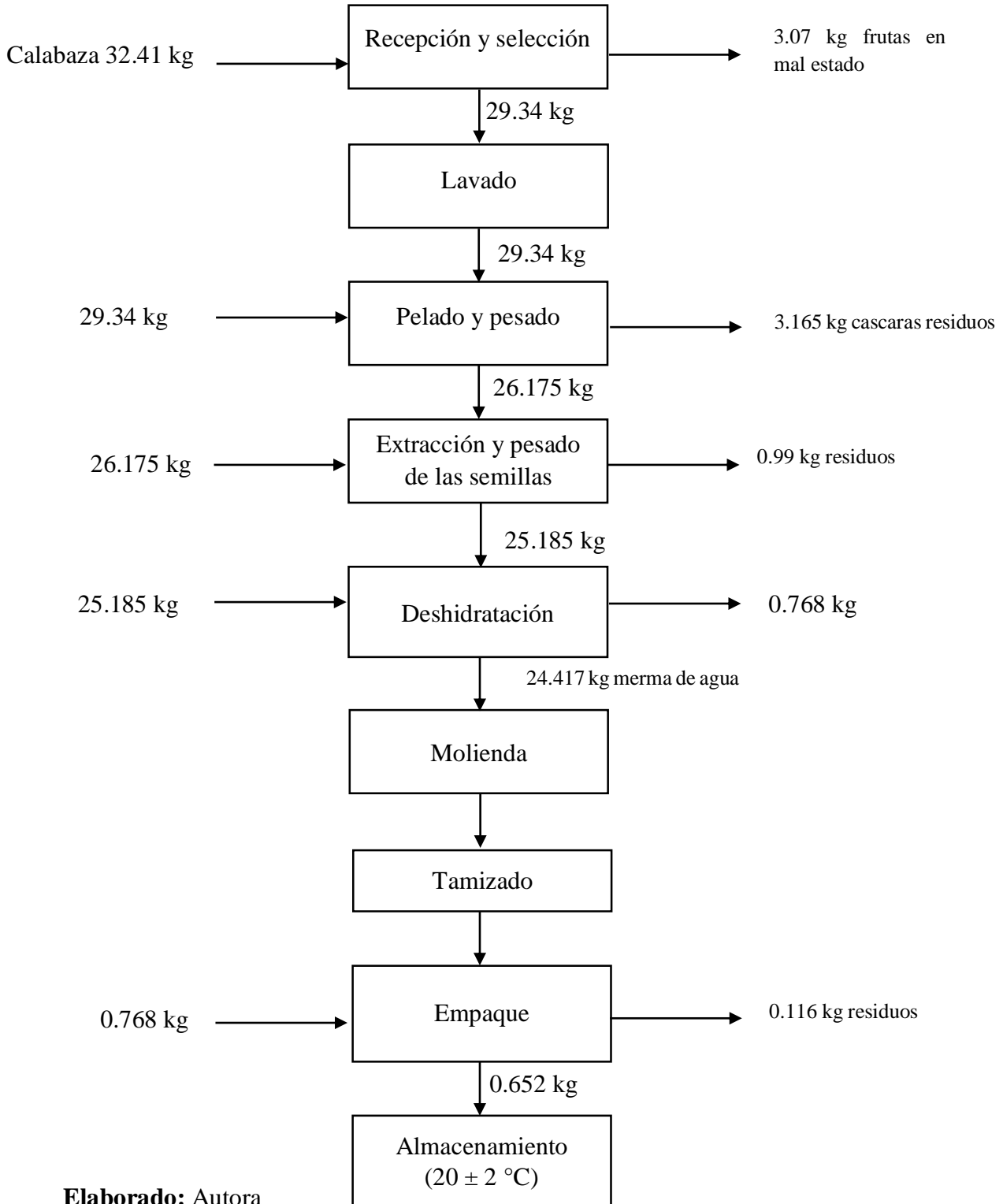
$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{0.768 \text{ kg}}{0.990 \text{ kg}} \times 100 = 77.58 \%$$

Se obtuvieron distintos valores de rendimiento según la combinación de temperatura y tiempo de secado, lo que permitió identificar las condiciones más favorables para maximizar la recuperación de masa seca. Las condiciones óptimas se determinaron con base en el mayor porcentaje de rendimiento, menor pérdida de componentes útiles y un tiempo de exposición térmica adecuado. Asimismo, se observó que los tratamientos con mayores rendimientos coincidieron con humedades finales controladas por debajo del 10 %, lo cual evidencia una deshidratación eficiente que permitió eliminar el exceso de agua sin comprometer la masa útil del producto.

3.6.3. Balance de materia del proceso de elaboración de harina a partir de semillas de calabaza variedad (*Cucurbita foetidissima*)

Figura 3.

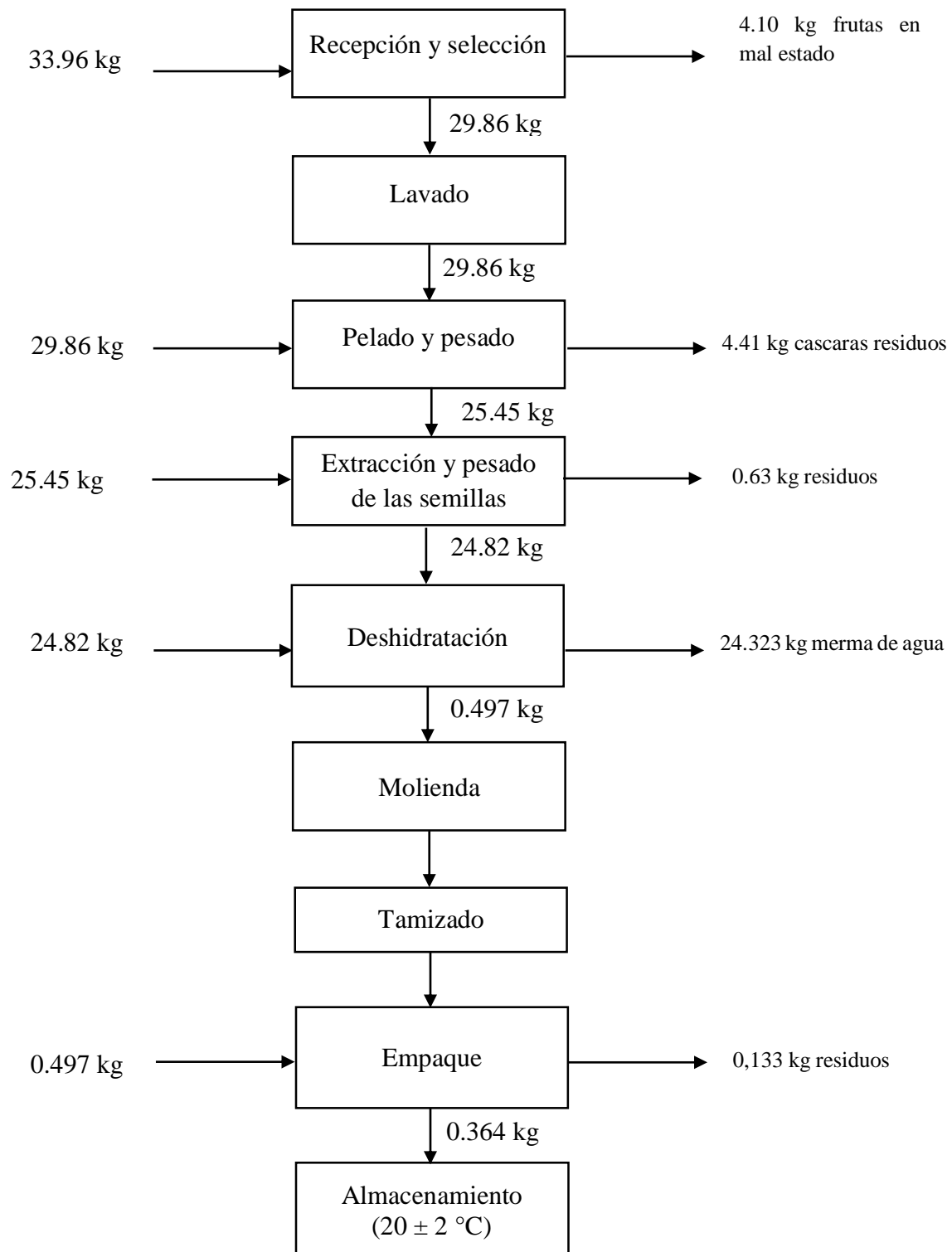
Balance de materia (*Cucurbita foetidissima*)



3.6.4. Balance de materia del proceso de elaboración de harina a partir de semillas de calabaza variedad (Cucurbita Maxima)

Figura 4.

Balance de materia (Variedad Cucurbita Maxima)



Elaborado: Autora

3.6.5. Descripción de los análisis físico – químicos, y microbiológicos

- **Proteína**

El contenido de proteína se determinó siguiendo la norma (AOAC 2001.11, 2001) mediante el método Kjeldahl. Se pesó 1 g de muestra homogeneizada, se digirió con H_2SO_4 y un catalizador para convertir el nitrógeno proteico en NH_4 . Posteriormente, se realizó la destilación con NaOH y recolección en H_3BO_3 , seguido de titulación con HCl 0.1 M hasta el punto de viraje violeta. Finalmente, el contenido de proteína cruda se calculó con las ecuaciones correspondientes. Todos los ensayos fueron realizados por duplicado para asegurar la precisión de los resultados.

- **Fibra**

El análisis de fibra cruda se realizó mediante digestión ácida y básica consecutiva, conforme a lo especificado en la norma (NTE INEN 522, 2013). La muestra fue tratada con ácido sulfúrico 1.25 % y luego con hidróxido de sodio 1.25 %, bajo agitación constante y control de temperatura. Posteriormente, el residuo insoluble fue filtrado, lavado y secado en estufa a 105 °C, seguido de calcinación en un horno a 550 °C. La fibra cruda se calculó como el peso del residuo libre de cenizas, expresado en porcentaje de la muestra original.

- **Humedad**

El contenido de humedad se determinó utilizando el método gravimétrico, de acuerdo con la norma (NTE INEN 0518, 1981). Se pesaron 5 g de muestra en un crisol previamente tarado y se secaron en una estufa a 105 °C hasta alcanzar peso constante. La pérdida de peso se calculó como porcentaje, indicando el contenido de agua en la muestra, un parámetro esencial para evaluar la estabilidad y conservación del producto.

- **Ceniza**

El análisis de cenizas se realizó siguiendo el procedimiento descrito en la norma (NTE INEN 520, 2012). Se pesaron 5 g de muestra en un crisol previamente tarado y se sometieron a calcinación en un horno mufla a 550 °C hasta que el residuo adquirió un color blanco uniforme. El contenido de cenizas, expresado como porcentaje de la muestra original, representó el total de minerales presentes en el producto.

- ***Escherichia coli***

El análisis de *Escherichia coli* se realizó mediante la técnica de filtración por membrana, conforme a lo especificado en la norma (NTE INEN 1529-8, 1990). La muestra fue filtrada a través de una membrana de 0.45 μm de poro, la cual fue colocada en un medio selectivo *m-Endo Agar* y incubada a 35 ± 2 °C durante 24 horas. Las colonias típicas de *Escherichia coli* fueron identificadas por su morfología, coloración característica y pruebas bioquímicas confirmatorias. Los resultados se expresaron en unidades formadoras de colonias por gramo (UFC/g) de muestra.

- **Coliformes totales**

La detección de coliformes totales se llevó a cabo utilizando el método del número más probable (NMP), conforme a la norma (NTE INEN 1529-7, 1990). Para ello, la muestra fue sembrada en tubos con caldo lactosado que contenían tubos de Durham invertidos y posteriormente incubada a una temperatura de 35 ± 2 °C durante un periodo de 24 a 48 horas. La producción de gas y la turbidez en los tubos fueron indicativos de un resultado presuntivo positivo. Para su confirmación, las muestras positivas se transfirieron a medios diferenciales (*Caldo EC* y *Caldo Verde Brillante Bile 2%*), donde se incubaron bajo las condiciones establecidas. Finalmente, los resultados fueron expresados en NMP/g de muestra.

- **Mohos y Levaduras**

La determinación de mohos y levaduras se realizó mediante el método de recuento en placas, conforme a la norma (NTE INEN 1529 -10, 1998). Se prepararon diluciones seriadas de la muestra y se inocularon en medio agar Papa Dextrosa Acidificado (PDA). Las placas se incubaron a 25 ± 1 °C durante 5 días, y el recuento de colonias se expresó en unidades formadoras de colonias (UFC) por gramo de muestra. Este análisis evaluó la calidad microbiológica y la seguridad del producto.

3.7. Tratamiento de datos

Tras obtener los resultados del análisis de varianza para identificar diferencias significativas entre los tratamientos aplicados, se procedió a realizar la prueba de comparaciones múltiples de Tukey ($P \leq 0.05$). Los datos fueron procesados utilizando el software estadístico INFOSTAT versión 2020. Es importante destacar que, en este diseño experimental, se combinaron todos los niveles de cada factor, permitiendo la creación de todas las posibles combinaciones de tratamientos.

3.8. Recursos humanos y materiales

Tabla 12.

Recursos humanos y materiales para la realización del proyecto de investigación.

Recursos humanos	
Tesista: Karen Elizabeth Macías Paredes	
Director: Ing. Wiston Javier Morales Rodriguez	
Codirectora: Ing. Dennisse Margoth Zambrano Muñoz MSc.	
Materia prima	Reactivos
<ul style="list-style-type: none">• Calabaza	<ul style="list-style-type: none">• Hidróxido de sodio 0.1 N• Fenolftaleína• Agua destilada
Equipo	Materiales
<ul style="list-style-type: none">• Deshidratador• Molino manual• Mesa de trabajo• Balanza• Cuchillo• Tabla de picar• Bandejas• Aluminio• Microscopio• potenciómetro	<ul style="list-style-type: none">• Vasos de precipitado• Matraz Erlenmeyer• Pipetas• Placas Petri

Elaborado: Autora

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Resultados de las variables físico-químicas evaluadas en el proyecto de investigación

Tabla 13.

Resultados obtenidos de Humedad; Ceniza; Proteína; y Fibra

Tratamientos		Humedad(%)	Ceniza (%)	Proteína (%)	Fibra (%)
T1	T1R1	4.40	4.1	30.62	9.28
	T1R2	4.47	4.5	34.66	10.93
	T1R3	4.60	4.2	33.12	8.00
T2	T2R1	4.63	4.5	32.19	9.57
	T2R2	5.12	4.4	29.09	9.96
	T2R3	5.36	4.6	31.47	7.45
T3	T3R1	6.53	3.9	28.95	8.99
	T3R2	6.34	4.0	34.21	11.20
	T3R3	6.61	4.1	33.35	10.12
T4	T4R1	7.97	5.0	32.78	9.85
	T4R2	8.08	5.1	30.91	8.45
	T4R3	8.23	5.1	29.88	9.05
T5	T5R1	7.04	4.9	31.22	7.98
	T5R2	5.92	4.7	33.45	10.30
	T5R3	5.90	4.68	30.33	8.67
T6	T6R1	6.17	3.3	28.76	8.85
	T6R2	5.75	3.6	35.00	11.50
	T6R3	6.60	3.3	34.10	10.05
T7	T7R1	4.75	3.9	32.50	9.75
	T7R2	4.80	4.1	31.80	8.55
	T7R3	4.65	4.15	30.20	9.10
T8	T8R1	4.59	4.2	29.70	7.85
	T8R2	5.18	4.25	33.90	10.85
	T8R3	4.43	4.4	32.40	9.50

Elaborado: Autora

4.1.1.1. Análisis de varianza de resultados de análisis físico-químicos (Humedad; Ceniza; Proteína; y Fibra)

Tabla 14.

Análisis de Varianza para humedad - Suma de Cuadrados Tipo III

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	20.32	9	2.26	2.32	0.0762
Factor A	0.56	1	0.56	0.57	0.4611
Factor B	0.06	1	0.06	0.06	0.8137
Factor C	0.03	1	0.03	0.03	0.8548
Réplicas	18.33	2	9.17	9.43	0.0025
Factor A*Factor B	0.28	1	0.28	0.29	0.6016
Factor A*Factor C	0.71	1	0.71	0.73	0.4080
Factor B*Factor C	0.13	1	0.13	0.14	0.7180
Factor A*Factor B*Factor C	0.22	1	0.22	0.23	0.6384
Error	13.61	14	0.97		
Total	33.93	23			

Elaborado: Autora

La tabla 14 muestra los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para el contenido de humedad en la harina de semilla de calabaza (*Cucúrbita*), considerando un modelo factorial con efectos de interacción.

El modelo general no presentó diferencias significativas ($p = 0.0762$), lo que indica que los factores evaluados no explicaron de manera concluyente la variabilidad en el contenido de humedad. De manera individual, los factores A ($p = 0.4611$), B ($p = 0.8137$) y C ($p = 0.8548$) no mostraron efectos significativos sobre la humedad. Asimismo, las interacciones entre los factores tampoco resultaron significativas ($p > 0.05$), lo que sugiere que la combinación de estos no generó cambios relevantes en la variable estudiada. Por otro lado, el efecto de las réplicas no fue altamente significativo ($p = 0.0025$), lo que indica que no existió una variabilidad importante entre repeticiones.

Tabla 15.*Análisis de Varianza para ceniza - Suma de Cuadrados Tipo III*

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	2.90	9	0.32	1.62	0.2211
Factor A	1.7E-05	1	1.7E-05	8.4E-05	0.9928
Factor B	6.0E-04	1	6.0E-04	3.0E-04	0.9570
Factor C	0.01	1	0.01	0.04	0.8503
Réplicas	1.55	2	0.78	3.91	0.0449
Factor A*Factor B	0.93	1	0.93	4.67	0.0485
Factor A*Factor C	0.28	1	0.28	1.39	0.2573
Factor B*Factor C	0.12	1	0.12	0.59	0.4547
Factor A*Factor B*Factor C	0.02	1	0.02	0.10	0.7602
Error	2.78	14	0.20		
Total	5.69	23			

Elaborado: Autora

En los resultados se observa que el modelo general no es estadísticamente significativo (p -valor = 0.2211), ya que supera el nivel de significancia comúnmente aceptado de 0.05. Esto indica que, en conjunto, los factores y sus interacciones no provocan un efecto significativo sobre la variable de respuesta.

El factor A ($p = 0.9928$), el factor B ($p = 0.9570$) y el factor C ($p = 0.8503$) de manera individual no muestran significancia estadística. No obstante, la interacción Factor A*Factor B resulta significativa ($p = 0.0485$), sugiriendo que la combinación de estos dos factores sí influye de manera conjunta en la variación del contenido de ceniza.

Por otro lado, las réplicas no presentan un valor significativo ($p = 0.0449$), lo que indica que no existe variabilidad atribuida a las repeticiones del experimento. El resto de las interacciones al igual no son significativas ($p > 0.05$), incluyendo la interacción triple ($p = 0.7602$), lo que evidencia que no hay un efecto combinado de los tres factores sobre la variable ceniza.

Tabla 16.*Análisis de Varianza para proteína - Suma de Cuadrados Tipo III*

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	32.79	9	3.64	1.02	0.4701
Factor A	12.37	1	12.37	3.46	0.0840
Factor B	1.86	1	1.86	0.52	0.4820
Factor C	1.61	1	1.61	0.45	0.5135
Réplicas	5.03	2	2.52	0.70	0.5115
Factor A*Factor B	7.63	1	7.63	2.13	0.1662
Factor A*Factor C	1.70	1	1.70	0.48	0.5015
Factor B*Factor C	2.13	1	2.13	0.60	0.4530
Factor A*Factor B*Factor C	0.46	1	0.46	0.13	0.7262
Error	50.05	14	3.57		
Total	82.83	23			

Elaborado: Autora

El modelo general no presentó diferencias significativas ($p = 0.4701$), lo que indica que los factores evaluados no explicaron de manera concluyente la variabilidad observada en el contenido de proteína. Sin embargo, el Factor A mostró una tendencia cercana a la significancia ($p = 0.0840$), lo que sugiere que este factor podría estar influyendo en el contenido de proteína, aunque no con suficiente evidencia estadística bajo un nivel de confianza del 95%. Por otro lado, los factores B ($p = 0.4820$) y C ($p = 0.5135$), así como sus interacciones, no mostraron efectos significativos sobre la variable de estudio ($p > 0.05$).

Del mismo modo, las réplicas ($p = 0.5115$) no presentaron diferencias significativas, lo que indica una variabilidad reducida entre las repeticiones del experimento. El componente de error presentó una suma de cuadrados de 50.05 con 14 grados de libertad, reflejando una variabilidad residual moderada en los datos.

Tabla 17.*Análisis de Varianza para fibra - Suma de Cuadrados Tipo III*

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	10.71	9	1.19	0.99	0.4900
Factor A	0.81	1	0.81	0.67	0.4267
Factor B	0.36	1	0.36	0.30	0.5930
Factor C	0.01	1	0.01	0.01	0.9272
Réplicas	0.94	2	0.47	0.39	0.6830
Factor A*Factor B	7.91	1	7.91	6.57	0.0225
Factor A*Factor C	0.07	1	0.07	0.06	0.8124
Factor B*Factor C	0.52	1	0.52	0.43	0.5231
Factor A*Factor B*Factor C	0.09	1	0.09	0.07	0.7927
Error	16.85	14	1.20		
Total	27.56	23			

Elaborado: Autora

La tabla 17 presenta los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para el contenido de fibra cruda en la harina de semilla de calabaza (Cucúrbita), considerando un modelo factorial con interacciones. El modelo general no mostró diferencias significativas ($p = 0.4900$), lo que indica que los factores evaluados no explicaron de manera concluyente la variabilidad en el contenido de fibra. De manera individual, los factores A ($p = 0.4267$), B ($p = 0.5930$) y C ($p = 0.9272$) no presentaron efectos significativos sobre la variable de estudio, lo que sugiere que la aplicación de estos tratamientos no generó cambios sustanciales en la fibra cruda.

Sin embargo, la interacción entre Factor A y Factor B resultó significativa ($p = 0.0225$), lo que sugiere que la combinación de estos dos factores tuvo un impacto importante en el contenido de fibra, a diferencia de sus efectos individuales. Las demás interacciones, incluidas las de segundo y tercer orden ($p > 0.05$), no mostraron influencia significativa sobre la variable de estudio. Las réplicas tampoco presentaron diferencias significativas ($p = 0.6830$), lo que indica que la variabilidad entre repeticiones fue baja en comparación con otros componentes del modelo. El componente de error presentó una suma de cuadrados de 16.85 con 14 grados de libertad, reflejando una variabilidad residual moderada en los datos.

4.1.1.2. Pruebas de significación (Tukey $P < 0,05$) para los resultados de humedad

Tabla 18.

Prueba de significancia, Tukey (Factor A) humedad

Factor A	Medias	n	E.E	
Calabaza Fo.	4.29	12	0.13	A
Calabaza Ma.	4.29	12	0.13	A

Elaborado: Autora

La tabla 18 presenta los resultados de la prueba de Tukey para la comparación de medias del Factor A en el contenido de humedad en la harina de semilla de calabaza (*Cucúrbita*). Se observó que no hubo diferencias significativas entre los niveles del Factor A, ya que ambos tratamientos (Calabaza Fo. y Calabaza Ma.) fueron agrupados en la misma letra (A), indicando que sus medias no difieren estadísticamente.

El tratamiento Calabaza Ma. presentó un valor medio de 5.91 %, mientras que Calabaza Fo. tuvo una media de 5.60 %, con un error estándar de 0.28 en ambos casos. Dado que las medias se encuentran dentro del mismo grupo de significancia, se concluye que el tipo de calabaza utilizado no influyó de manera significativa en el contenido de humedad de la harina.

Tabla 19.

Prueba de significancia, Tukey (Factor B) humedad

Factor B	Medias	n	E.E	
80 °C	4.29	12	0.13	A
70 °C	4.30	12	0.13	A

Elaborado: Autora

Los tratamientos 70 °C y 80 °C fueron agrupados en la misma categoría de significancia (A), lo que indica que no se encontraron diferencias significativas entre ellos. La media de humedad para el tratamiento a 70 °C fue de 5.71 %, mientras que el tratamiento a 80 °C presentó un valor ligeramente mayor de 5.80 %, ambos con un error estándar de 0.28. Estos resultados sugieren que la temperatura de secado no tuvo un efecto significativo sobre el contenido de humedad de la harina, ya que las medias obtenidas no presentan variaciones estadísticamente relevantes.

Tabla 20.*Prueba de significancia, Tukey (Factor C) humedad*

Factor C	Medias	n	E.E	
10 h	4.27	12	0.13	A
20 h	4.31	12	0.13	A

Elaborado: Autora

La Tabla 20 presenta los resultados de la prueba de Tukey aplicada a la comparación de medias del Factor C en el contenido de humedad de la harina de semilla de calabaza (Cucúrbita). Se observó que los tratamientos 10 h y 20 h fueron agrupados en la misma categoría de significancia (A), lo que indica que no hubo diferencias estadísticas entre ellos. La media de humedad para el tratamiento de 10 h fue de 5.72 %, mientras que el tratamiento de 20 h presentó un valor de 5.79 %, ambos con un error estándar de 0.28.

Tabla 21.*Prueba de significancia, Tukey interacción (Factor A y Factor B) humedad*

Factor A	Factor B	Medias	n	E.E	
Calabaza Fo.	80 °C	4.09	6	0.18	A
Calabaza Ma.	70 °C	4.10	6	0.18	A
Calabaza Ma.	80 °C	4.48	6	0.18	A
Calabaza Fo.	70 °C	4.49	6	0.18	A

Elaborado: Autora

Se observó que todos los tratamientos fueron agrupados en la misma categoría de significancia (A), lo que indica que no hubo diferencias estadísticas entre las combinaciones evaluadas. La media más baja de humedad se registró en el tratamiento Calabaza Fo. - 70 °C (5.45 %), mientras que la media más alta correspondió a Calabaza Ma. - 70 °C (5.97 %). Sin embargo, debido a la superposición en los valores y el error estándar de 0.40, estas diferencias no fueron significativas.

Estos resultados sugieren que la combinación entre el tipo de calabaza y la temperatura de secado no afectó de manera significativa el contenido de humedad en la harina, ya que no se encontraron diferencias estadísticamente relevantes entre las interacciones evaluadas.

Tabla 22.*Prueba de significancia, Tukey interacción (Factor A y Factor C) humedad*

Factor A	Factor C	Medias	n	E.E	
Calabaza Fo.	20 h	5.47	6	0.40	A
Calabaza Ma.	10 h	5.70	6	0.40	A
Calabaza Fo.	10 h	5.74	6	0.40	A
Calabaza Ma.	20 h	6.12	6	0.40	A

Elaborado: Autora

La Tabla 22 presenta los resultados de la prueba de Tukey aplicada a la interacción entre el Factor A (tipo de calabaza) y el Factor C (tiempo de secado) en el contenido de humedad de la harina de semilla de calabaza (Cucúrbita).

Los tratamientos evaluados fueron agrupados en la misma categoría de significancia (A), lo que indica que no hubo diferencias estadísticas entre las combinaciones de tipo de calabaza y tiempo de secado. El tratamiento con la media más baja correspondió a Calabaza Fo. - 20 h (5.47 %), mientras que el tratamiento con la media más alta fue Calabaza Ma. - 20 h (6.12 %). Sin embargo, el error estándar de 0.40 sugiere que las variaciones observadas no fueron significativas.

Tabla 23.*Prueba de significancia, Tukey interacción (Factor B y Factor C) humedad*

Factor B	Factor C	Medias	n	E.E	
70 °C	10 h	5.60	6	0.40	A
80 °C	20 h	5.77	6	0.40	A
70 °C	20 h	5.82	6	0.40	A
80 °C	10 h	5.84	6	0.40	A

Elaborado: Autora

Los resultados de la Tabla 23 corresponden a la prueba de Tukey aplicada a la interacción entre el Factor B (temperatura de secado) y el Factor C (tiempo de secado) en la humedad de la harina de semilla de calabaza (Cucúrbita).

Se evidenció que ninguno de los tratamientos presentó diferencias significativas, ya que todos fueron agrupados en la misma categoría de significancia (A). El contenido de humedad varió

entre 5.60 % para el tratamiento 70 °C - 10 h y 5.84 % en 80 °C - 10 h, aunque estas diferencias no fueron estadísticamente relevantes debido al error estándar de 0.40.

A pesar de la ligera variación en los valores, la combinación entre la temperatura y el tiempo de secado no generó cambios significativos en la humedad de la harina. Esto sugiere que estos factores, en los niveles evaluados, no influyen de manera determinante en la retención de humedad del producto final.

Tabla 24.

Prueba de significancia, Tukey interacción (Factor A Factor B* Factor C) humedad*

Factor A	Factor B	Factor C	Medias	n	E.E	
Calabaza Fo.	70 °C	20 h	5.29	3	0.57	A
Calabaza Ma.	70 °C	10 h	5.59	3	0.57	A
Calabaza Fo.	70 °C	10 h	5.60	3	0.57	A
Calabaza Fo.	80 °C	20 h	5.65	3	0.57	A
Calabaza Ma.	80 °C	10 h	5.81	3	0.57	A
Calabaza Fo.	80 °C	10 h	5.87	3	0.57	A
Calabaza Ma.	80 °C	20 h	5.89	3	0.57	A
Calabaza Ma.	70 °C	20 h	6.35	3	0.57	A

Elaborado: Autora

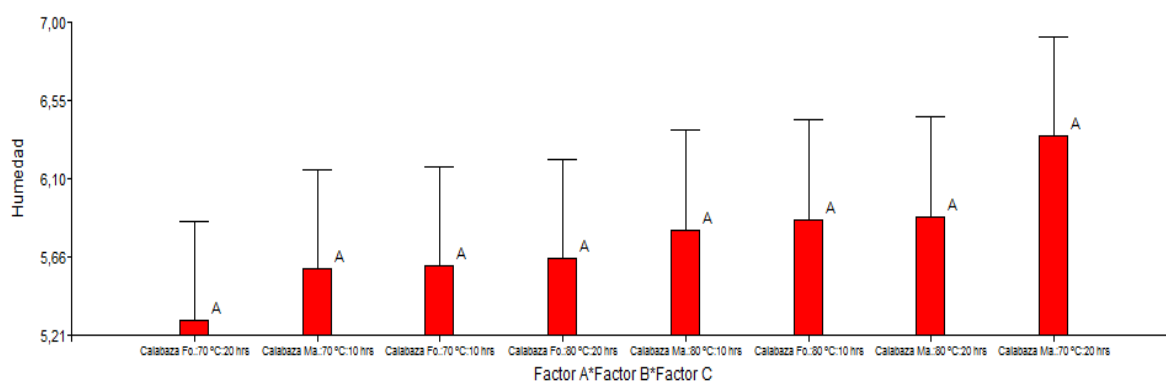
El análisis de la Tabla 24 presenta la prueba de Tukey aplicada a la interacción entre el Factor A (tipo de calabaza), el Factor B (temperatura de secado) y el Factor C (tiempo de secado) en la humedad de la harina de semilla de calabaza (Cucúrbita).

Los resultados indican que todas las combinaciones evaluadas fueron agrupadas en la misma categoría de significancia (A), lo que confirma la ausencia de diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. La menor media de humedad se obtuvo en el tratamiento Calabaza Fo. - 70 °C - 20 h (5.29 %), mientras que la mayor correspondió a Calabaza Ma. - 70 °C - 20 h (6.35 %). Sin embargo, el error estándar de 0.57 sugiere que estas diferencias no son lo suficientemente relevantes desde el punto de vista estadístico.

A pesar de la ligera variabilidad observada en los valores, la interacción entre los tres factores no mostró un impacto significativo en el contenido de humedad. Esto indica que ni el tipo de calabaza, ni la temperatura, ni el tiempo de secado, ni su combinación generaron cambios sustanciales en la retención de humedad de la harina.

Figura 5.

Interacciones variables (humedad)



Elaborado: Autora

La Figura 5 muestra la interacción entre los factores A (tipo de calabaza), B (temperatura de secado) y C (tiempo de secado) en relación con el contenido de humedad en la harina de semilla de calabaza (Cucúrbita).

Se observa que todas las combinaciones de tratamientos presentan una misma categoría de significancia (A), lo que respalda los resultados obtenidos en la prueba de Tukey (Tabla 19). Las medias de humedad se distribuyen en un rango estrecho, sin diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados. Sin embargo, se evidencia una ligera tendencia a valores mayores en la combinación Calabaza Ma. - 70 °C - 20 h, mientras que Calabaza Fo. - 70 °C - 20 h muestra el menor valor de humedad.

Las barras de error indican la variabilidad en los datos, mostrando una dispersión moderada entre las repeticiones. La superposición de los intervalos refuerza la ausencia de diferencias significativas entre los tratamientos, lo que sugiere que la interacción entre los tres factores evaluados no tuvo un impacto determinante en la retención de humedad de la harina.

Discusión:

El contenido de humedad es un factor determinante en la calidad y estabilidad de las harinas, ya que regula la actividad de agua (a_w) y, por lo tanto, la posibilidad de crecimiento microbiano

y reacciones de deterioro físico-químico durante el almacenamiento (Rössel, Ortiz, Amante, Durán, & López, 2018). La harina de semilla de calabaza presentó valores que oscilaron entre 5.29 % y 6.35 %, rangos que se consideran adecuados para la conservación de productos secos, de acuerdo con estándares industriales (<10 %) (Preedy & Watson, 2019).

El análisis estadístico mostró que los factores A (tipo de calabaza), B (temperatura de secado) y C (tiempo de secado) no generaron diferencias significativas en el contenido de humedad de la harina ($p > 0.05$). Según la prueba de Tukey, los tratamientos fueron agrupados en la misma categoría de significancia, lo que indica una respuesta homogénea en la variable de estudio. Estos resultados son consistentes con lo reportado por (Aguilera Y. , 2009), quien tampoco encontró diferencias relevantes en la humedad de harinas de semillas de calabaza sometidas a distintos tiempos de secado.

En el Factor A, tanto la harina obtenida de la variedad Calabaza Ma. (5.91 %) como la de Calabaza Fo. (5.60 %) presentaron valores similares, sin diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$). Estas diferencias menores coinciden con lo descrito por Mendoza et al. (2019), quienes atribuyen este comportamiento al bajo contenido de humedad inicial de la materia prima y a las características fisicoquímicas similares entre las variedades de calabaza utilizadas.

Respecto al Factor B, las temperaturas de 70 °C y 80 °C no provocaron modificaciones significativas en la humedad final ($p > 0.05$), hallazgo que concuerda con estudios de Lewicki (2006), donde temperaturas moderadas de secado (<100 °C) mostraron un comportamiento similar, preservando la integridad estructural de las semillas y limitando la pérdida adicional de humedad.

Las interacciones entre factores, tales como A*B, A*C, B*C, y la triple interacción ABC, tampoco evidenciaron efectos significativos ($p > 0.05$). Si bien se registraron pequeñas variaciones, como la combinación Calabaza Fo. - 70 °C - 20 h con el valor más bajo de 5.29 %, y Calabaza Ma. - 70 °C - 20 h con el valor más alto de 6.35 %, estas diferencias no fueron relevantes a nivel estadístico debido a la variabilidad natural entre réplicas (Shahidi & Ambigaipalan, 2015).

Finalmente, el rango de humedad obtenido en este trabajo es inferior al reportado por Mendoza et al. (2019) (13.24 %) y al de Naves et al. (2010) (7.45 %), lo que puede atribuirse a las condiciones de secado más controladas y eficientes aplicadas en este estudio (temperaturas de 70-80 °C y tiempos de 10-20 horas). Esta baja humedad garantiza una mejor estabilidad

microbiológica y tecnológica de la harina, favoreciendo su uso en aplicaciones alimentarias funcionales o en productos sin gluten (Rosell et al., 2001; Preedy & Watson, 2019)

4.1.1.3. Pruebas de significación (Tukey $P < 0,05$) para los resultados de ceniza

Tabla 25.

Prueba de significancia, Tukey (Factor A) ceniza

Factor A	Medias	n	E.E	
Calabaza Fo.	4.29	12	0.13	A
Calabaza Ma.	4.29	12	0.13	A

Elaborado: Autora

La tabla presenta los resultados de la prueba de significancia de Tukey para el Factor A (ceniza), donde se comparan dos variedades de calabaza (*foetidissima* y *maxima*). Ambas variedades mostraron una media de contenido de ceniza de 4.29 %, y sin diferencias significativas entre ellas, ya que comparten la misma letra estadística (A), indicando homogeneidad en los resultados.

Tabla 26.

Prueba de significancia, Tukey (Factor B) ceniza

Factor B	Medias	n	E.E	
80 °C	4.29	12	0.13	A
70 °C	4.30	12	0.13	A

Elaborado: Autora

Se observa que las temperaturas de secado de 80 °C y 70 °C no presentan diferencias significativas en el contenido de ceniza, ya que ambas registran medias muy cercanas (4.29 % para 80 °C y 4.30 % para 70 °C). Según la prueba de Tukey, ambas condiciones comparten la misma clasificación estadística (A), lo que indica que la variación de temperatura no influyó de manera significativa en la cantidad de ceniza presente en la harina.

Tabla 27.

Prueba de significancia, Tukey (Factor C) ceniza

Factor C	Medias	n	E.E	
10 h	4.27	12	0.13	A
20 h	4.31	12	0.13	A

Elaborado: Autora

Se evidencia que los tiempos de secado de 10 h y 20 h no generaron diferencias significativas en el contenido de ceniza, ya que las medias obtenidas (4.27 % para 10 h y 4.31 % para 20 h) son muy similares y ambas pertenecen al mismo grupo estadístico (A) según la prueba de Tukey. Esto sugiere que el tiempo de exposición no tuvo un efecto relevante sobre la concentración de ceniza en la harina.

Tabla 28.

Prueba de significancia, Tukey interacción (Factor A y Factor B) ceniza

Factor A	Factor B	Medias	n	E.E	
Calabaza Fo.	80 °C	4.09	6	0.18	A
Calabaza Ma.	70 °C	4.10	6	0.18	A
Calabaza Ma.	80 °C	4.48	6	0.18	A
Calabaza Fo.	70 °C	4.49	6	0.18	A

Elaborado: Autora

La tabla muestra la interacción entre el Factor A (variedad) y el Factor B (temperatura) sobre el contenido de ceniza. Las combinaciones evaluadas presentaron medias que oscilan entre 4.09 % y 4.49 %, sin diferencias significativas, ya que todas comparten la misma letra estadística (A) según la prueba de Tukey. Esto indica que la interacción entre la variedad de calabaza y la temperatura de secado no tuvo un efecto significativo sobre el porcentaje de ceniza en la harina.

Tabla 29.

Prueba de significancia, Tukey interacción (Factor A y Factor C) ceniza

Factor A	Factor C	Medias	n	E.E	
Calabaza Ma.	10 h	4.17	6	0.18	A
Calabaza Fo.	20 h	4.20	6	0.18	A
Calabaza Fo.	10 h	4.38	6	0.18	A
Calabaza Ma.	20 h	4.42	6	0.18	A

Elaborado: Autora

La tabla 29 presenta la interacción entre el Factor A (variedad) y el Factor C (tiempo) sobre el contenido de ceniza. Las medias varían entre 4.17 % y 4.42 %, sin diferencias significativas, ya que todas las combinaciones se agrupan bajo la misma letra estadística (A) según la prueba de Tukey. Esto indica que ni la variedad de calabaza ni el tiempo de secado, de manera combinada, influyeron de forma significativa en la concentración de ceniza del producto final.

Tabla 30.*Prueba de significancia, Tukey interacción (Factor B y Factor C) ceniza*

Factor B	Factor C	Medias	n	E.E	
70 °C	10 h	4.21	6	0.18	A
80 °C	20 h	4.23	6	0.18	A
80 °C	10 h	4.34	6	0.18	A
70 °C	20 h	4.38	6	0.18	A

Elaborado: Autora

Se aprecia que la combinación de los factores temperatura (70 °C y 80 °C) y tiempo (10 h y 20 h) no produjo diferencias significativas en el contenido de ceniza, con medias entre 4.21 % y 4.38 %. La prueba de Tukey muestra que todas las combinaciones pertenecen al mismo grupo estadístico (A), lo que confirma que estas variables, de manera conjunta, no afectan de forma significativa la concentración de ceniza en la harina.

Tabla 31.*Prueba de significancia, Tukey interacción (Factor A* Factor B* Factor C) ceniza*

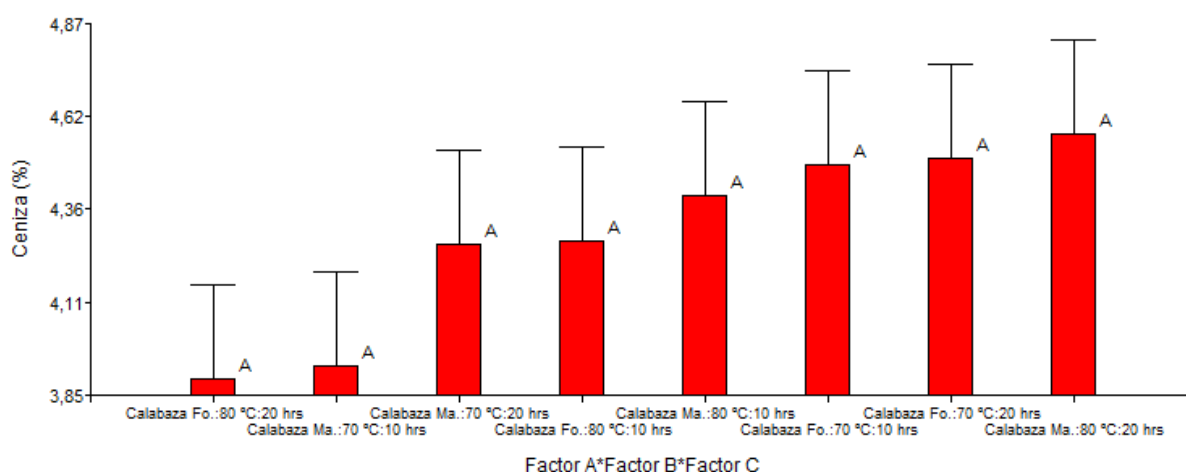
Factor A	Factor B	Factor C	Medias	n	E.E	
Calabaza Fo.	80 °C	20 h	3.90	3	0.26	A
Calabaza Ma.	70 °C	10 h	3.93	3	0.26	A
Calabaza Ma.	70 °C	20 h	4.27	3	0.26	A
Calabaza Fo.	80 °C	10 h	4.28	3	0.26	A
Calabaza Ma.	80 °C	10 h	4.40	3	0.26	A
Calabaza Fo.	70 °C	10 h	4.48	3	0.26	A
Calabaza Fo.	70 °C	20 h	4.50	3	0.26	A
Calabaza Ma.	80 °C	20 h	4.57	3	0.26	A

Elaborado: Autora

Los resultados muestran que la interacción triple entre variedad (Factor A), temperatura (Factor B) y tiempo (Factor C) no generó diferencias significativas en el contenido de ceniza, ya que las medias, que oscilan entre 3.90 % y 4.57 %, pertenecen al mismo grupo estadístico (A) según la prueba de Tukey. Esto indica que la combinación simultánea de estos tres factores no influyó de manera significativa en la variación del contenido de ceniza en la harina de calabaza.

Figura 6.

Interacciones variables (ceniza)



Elaborado: Autora

La figura 6 presenta la interacción entre los factores A (variedad), B (temperatura) y C (tiempo) sobre el contenido de ceniza (%). Se observa que, a pesar de las variaciones en las combinaciones de tratamientos, no se presentan diferencias significativas entre los grupos, ya que todos comparten la misma letra estadística (A). Las barras reflejan que los valores de ceniza fluctúan desde aproximadamente 3.90 % hasta 4.57 %, pero la prueba de Tukey indica que estas diferencias no son estadísticamente relevantes. Además, los errores estándar muestran una variabilidad moderada en algunos tratamientos.

Discusión

Según (Bressani, Turcios, Reyes, & Mérida, 2001), la ceniza una medida directa de la concentración de minerales presentes en la harina y está relacionado con la estabilidad y composición inorgánica del producto. Los valores de ceniza oscilaron entre 3.90 % y 4.57 %, dependiendo de las combinaciones de los factores o tratamientos.

Los resultados estadísticos evidenciaron que los factores individuales A (variedad de calabaza), B (temperatura de secado) y C (tiempo de secado) no mostraron diferencias significativas ($p > 0.05$), de acuerdo con la prueba de Tukey. Las medias fueron prácticamente homogéneas: 4.29 % para ambas variedades de calabaza (Calabaza Ma. y Calabaza Fo.), 4.30 % y 4.29 % para

temperaturas de 70 °C y 80 °C respectivamente, y 4.27 % y 4.31 % para los tiempos de 10 h y 20 h. Estos resultados son consistentes con los hallazgos de (Escobar, Curutchet, Zirbesegger, & Márquez, 2012), quienes reportaron niveles similares de ceniza en harinas de semillas de calabaza bajo condiciones de procesamiento por secado convencional.

En cuanto a las interacciones entre factores, no se evidenciaron efectos significativos en ninguna de las combinaciones analizadas (A*B, A*C, B*C y ABC), ya que todos los tratamientos evaluados fueron clasificados dentro del mismo grupo estadístico. Las medias oscilaron en un rango estrecho, de 4.09 % a 4.57 %, lo que sugiere que la interacción de las variables estudiadas no tuvo un impacto notable sobre la variación del contenido de ceniza (Mendoza et al., 2019).

Comparado con otros trabajos, los valores obtenidos son menores que los reportados por (Andrade, Martínez, & López, 2016) para harina de pulpa de zapallo, donde se documentó un porcentaje de ceniza de 5.93 %. Esta diferencia podría deberse a la naturaleza de la materia prima, ya que las harinas derivadas de semillas suelen tener comportamientos distintos a las provenientes de pulpa, así como al método de secado y al tamaño de partícula final (Lewicki, 2006).

La estabilidad de los valores de ceniza en todas las condiciones experimentales confirma que las temperaturas de 70-80 °C y los tiempos de 10-20 h no generan cambios significativos en este parámetro, lo que sugiere que el proceso de deshidratación y molienda aplicado es adecuado para mantener la composición mineral estable en la harina de semilla de calabaza (Rosell, Rojas, & Benedito de Barber, 2001).

4.1.1.4. Pruebas de significación (Tukey $P < 0,05$) para los resultados de proteína

Tabla 32.

Prueba de significancia, Tukey (Factor A) proteína

Factor A	Medias	n	E.E	
Calabaza Fo.	31.14	12	0.55	A
Calabaza Ma.	32.58	12	0.55	A

Elaborado: Autora

La tabla 32 presenta los resultados de la prueba de Tukey aplicada al Factor A (tipo de calabaza) en el contenido de proteína de la harina de semilla de calabaza (Cucúrbita).

Los tratamientos evaluados no mostraron diferencias significativas, ya que ambos fueron agrupados en la misma categoría de significancia (A). La media de proteína para la Calabaza Fo. fue de 31.14 %, mientras que la Calabaza Ma. presentó un valor ligeramente superior de 32.58 %, con un error estándar de 0.55 en ambos casos. Estos resultados sugieren que el tipo de calabaza no tuvo un impacto estadísticamente significativo en el contenido de proteína de la harina, lo que indica que ambos tipos de calabaza presentan una composición proteica similar bajo las condiciones experimentales evaluadas.

Tabla 33.

Prueba de significancia, Tukey (Factor B) proteína

Factor B	Medias	n	E.E	
80 °C	31.58	12	0.55	A
70 °C	32.14	12	0.55	A

Elaborado: Autora

En la Figura 33 se presentan los resultados de la prueba de Tukey, aplicada para evaluar el efecto del Factor B (temperatura de secado) sobre el contenido de proteína en la harina de semilla de calabaza (Cucúrbita).

Los valores obtenidos revelan que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, ya que ambos fueron agrupados en la misma categoría de significancia (A). La media de proteína en el tratamiento a 80 °C fue de 31.58%, mientras que en 70 °C se registró un valor levemente mayor de 32.14%, con un error estándar de 0.55 en ambos casos.

Dado que las variaciones observadas no fueron estadísticamente relevantes, se concluye que la temperatura de secado no influyó significativamente en la concentración de proteína en la harina. Esto sugiere que, dentro de los rangos evaluados, el secado a 70 °C o 80 °C mantiene una composición proteica similar en el producto final.

Tabla 34.

Prueba de significancia, Tukey (Factor C) proteína

Factor C	Medias	n	E.E	
10 h	31.60	12	0.55	A
20 h	32.12	12	0.55	A

Elaborado: Autora

Los datos obtenidos indican que no se identificaron diferencias significativas entre los tratamientos, ya que ambos fueron agrupados en la misma categoría de significancia (A). La media de proteína en el tratamiento con 10 h de secado fue de 31.60 %, mientras que con 20 h se obtuvo un valor ligeramente mayor de 32.12 %, con un error estándar de 0.55 en ambos casos.

A partir de estos resultados, se infiere que el tiempo de secado no afectó significativamente la concentración de proteína en la harina. Esto sugiere que, bajo las condiciones evaluadas, extender el tiempo de secado de 10 h a 20 h no genera una variación relevante en el contenido proteico del producto final.

Tabla 35.

Prueba de significancia, Tukey interacción (Factor A y Factor B) proteína

Factor A	Factor B	Medias	n	E.E	
Calabaza Fo.	70 °C	30.86	6	0.77	A
Calabaza Fo.	80 °C	31.43	6	0.77	A
Calabaza Ma.	80 °C	31.73	6	0.77	A
Calabaza Ma.	70 °C	33.42	6	0.77	A

Elaborado: Autora

En la Tabla 35 se presentan los resultados de la prueba de Tukey, aplicada para evaluar la interacción entre el Factor A (tipo de calabaza) y el Factor B (temperatura de secado) en el contenido de proteína de la harina de semilla de calabaza (Cucúrbita).

Los valores obtenidos muestran que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, ya que todos fueron agrupados en la misma categoría de significancia (A). La menor media de proteína se registró en Calabaza Fo. - 70 °C (30.86 %), mientras que la mayor correspondió a Calabaza Ma. - 70 °C (33.42 %). No obstante, debido al error estándar de 0.77, estas diferencias no fueron estadísticamente relevantes.

Estos resultados sugieren que la interacción entre el tipo de calabaza y la temperatura de secado no tuvo un impacto significativo en la concentración de proteína de la harina. La similitud entre los valores obtenidos indica que, independientemente de la combinación evaluada, el contenido de proteína se mantuvo estable dentro de los rangos experimentales.

Tabla 36.*Prueba de significancia, Tukey interacción (Factor A y Factor C) proteína*

Factor A	Factor C	Medias	n	E.E	
Calabaza Fo.	10 h	30.62	6	0.77	A
Calabaza Fo.	20 h	31.67	6	0.77	A
Calabaza Ma.	20 h	32.57	6	0.77	A
Calabaza Ma.	10 h	32.58	6	0.77	A

Elaborado: Autora

Los tratamientos analizados no mostraron diferencias significativas, ya que todas las combinaciones fueron agrupadas en la misma categoría de significancia (A). La media más baja de proteína se registró en Calabaza Fo. - 10 h (30.62 %), mientras que la mayor correspondió a Calabaza Ma. - 10 h (32.58 %). Sin embargo, el error estándar de 0.77 indica que estas variaciones no fueron estadísticamente relevantes.

Estos resultados sugieren que la interacción entre el tipo de calabaza y el tiempo de secado no tuvo un efecto significativo en el contenido de proteína de la harina. La similitud en los valores obtenidos indica que, dentro de las condiciones experimentales, el contenido proteico se mantuvo estable independientemente del tiempo de secado aplicado.

Tabla 37.*Prueba de significancia, Tukey interacción (Factor B y Factor C) proteína*

Factor B	Factor C	Medias	n	E.E	
80 °C	20 h	31.54	6	0.77	A
70 °C	10 h	31.58	6	0.77	A
80 °C	10 h	31.62	6	0.77	A
70 °C	20 h	32.69	6	0.77	A

Elaborado: Autora

La Tabla 37 presenta los resultados de la prueba de Tukey, aplicada para analizar la interacción entre el Factor B (temperatura de secado) y el Factor C (tiempo de secado) en el contenido de proteína de la harina de semilla de calabaza (Cucúrbita).

Los valores obtenidos muestran que no se identificaron diferencias significativas entre los tratamientos, ya que todas las combinaciones fueron agrupadas en la misma categoría de significancia (A). La media más baja de proteína correspondió a 80 °C - 20 h (31.54 %), mientras que la más alta se registró en 70 °C - 20 h (32.69 %). No obstante, el error estándar de 0.77 indica que estas diferencias no fueron estadísticamente relevantes.

Tabla 38.

Prueba de significancia, Tukey interacción (Factor A Factor B* Factor C) proteína*

Factor A	Factor B	Factor C	Medias	n	E.E	
Calabaza Fo.	70 °C	10 h	30.17	3	1.09	A
Calabaza Fo.	80 °C	10 h	31.06	3	1.09	A
Calabaza Ma.	80 °C	20 h	31.29	3	1.09	A
Calabaza Fo.	70 °C	20 h	31.54	3	1.09	A
Calabaza Fo.	80 °C	20 h	31.79	3	1.09	A
Calabaza Ma.	80 °C	10 h	32.18	3	1.09	A
Calabaza Ma.	70 °C	10 h	32.99	3	1.09	A
Calabaza Ma.	70 °C	20 h	33.85	3	1.09	A

Elaborado: Autora

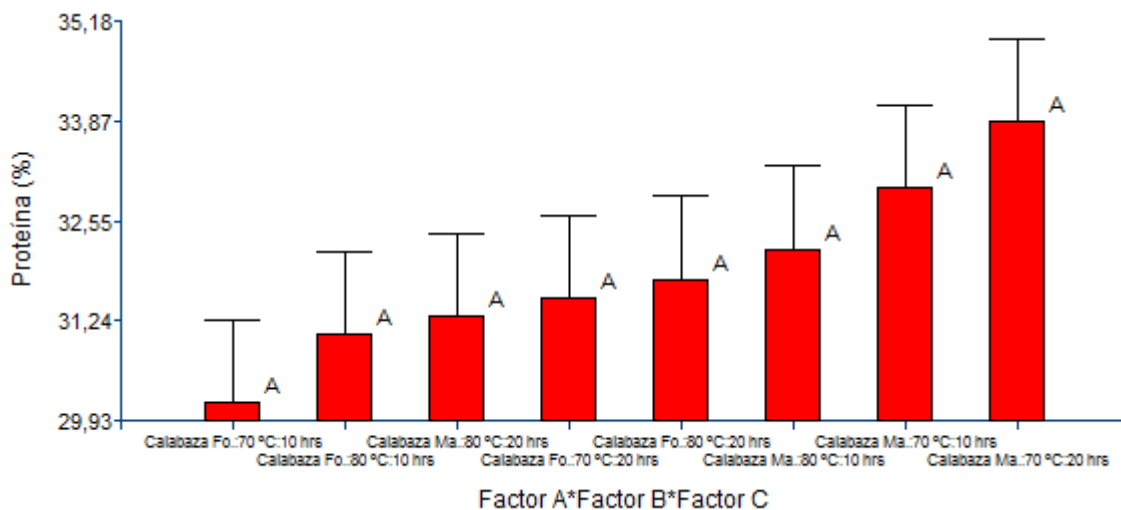
La tabla 38 presenta los resultados de la prueba de Tukey, aplicada para evaluar la interacción entre el Factor A (tipo de calabaza), el Factor B (temperatura de secado) y el Factor C (tiempo de secado) en el contenido de proteína de la harina de semilla de calabaza (Cucúrbita).

Los valores obtenidos indican que no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, ya que todas las combinaciones fueron agrupadas en la misma categoría de significancia (A). La menor media de proteína se registró en Calabaza Fo. - 70 °C - 10 h (30.17 %), mientras que la mayor correspondió a Calabaza Ma. - 70 °C - 20 h (33.85 %). Sin embargo, el error estándar de 1.09 sugiere que estas diferencias no son estadísticamente relevantes.

Estos resultados sugieren que la interacción entre los tres factores no tuvo un impacto significativo sobre la concentración de proteína en la harina. A pesar de las ligeras variaciones observadas entre los tratamientos, la estabilidad en los valores indica que la combinación de tipo de calabaza, temperatura y tiempo de secado no influye de manera determinante en la retención de proteínas dentro del producto final.

Figura 7.

Interacciones variables (proteína)



Elaborado: Autora

Se observa que todas las combinaciones de tratamientos fueron agrupadas en la misma categoría de significancia (A), lo que confirma la ausencia de diferencias estadísticas entre ellos, en concordancia con los resultados obtenidos en la prueba de Tukey (Tabla 33). La menor media de proteína se registró en el tratamiento Calabaza Fo. - 70 °C - 10 h, mientras que la mayor correspondió a Calabaza Ma. - 70 °C - 20 h.

Las barras de error reflejan la dispersión en los datos, mostrando una variabilidad moderada entre los tratamientos. Aunque se puede notar una ligera tendencia creciente en la concentración de proteína en algunos tratamientos, la superposición de los intervalos de confianza sugiere que las diferencias no son estadísticamente significativas.

En general, los resultados indican que la combinación de tipo de calabaza, temperatura y tiempo de secado no generó un impacto significativo en la retención de proteína dentro de la harina. Esto sugiere que, bajo las condiciones experimentales evaluadas, la variación en estos factores no altera de manera sustancial el contenido proteico del producto final.

Discusión

El análisis mostró valores que oscilaron entre 30.17 % y 33.85 %, dependiendo de la combinación de factores de procesamiento aplicados. Estos resultados reflejan una variabilidad reducida en los valores obtenidos, que es consistente con lo observado en otros estudios sobre harinas de semillas (Cerdeira, Cerdeira, Pilamala, Moreno, & Pérez, 2017).

De acuerdo con los resultados de la prueba de Tukey, los factores A (tipo de calabaza), B (temperatura de secado) y C (tiempo de secado) no presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$) sobre la concentración de proteínas. Las medias obtenidas fueron similares: 31.14 % para Calabaza Fo. y 32.58 % para Calabaza Ma.; 31.58 % para 80 °C y 32.14 % para 70 °C; y 31.60 % para 10 h frente a 32.12 % para 20 h. Estas variaciones, aunque presentes, no fueron estadísticamente relevantes, lo que sugiere una estabilidad del contenido proteico bajo las condiciones de secado aplicadas (Escobar, Asanza, Herrera, & Gonzalez, 2015).

En cuanto a las interacciones entre factores, los resultados para A*B, A*C, B*C y ABC no evidenciaron efectos significativos ($p > 0.05$). A pesar de que se registraron diferencias mínimas, como la mayor media observada en la combinación Calabaza Ma. - 70 °C - 20 h (33.85 %) y la menor en Calabaza Fo. - 70 °C - 10 h (30.17 %), estas no fueron relevantes desde el punto de vista estadístico debido al error estándar elevado. Este comportamiento es consistente con estudios como el de (Aguirre, González, & Fondevila, 2019), quienes también reportaron estabilidad en el contenido de proteínas de harinas vegetales bajo diferentes condiciones de secado.

Cuando se comparan estos resultados con la literatura, se observa que son similares a los reportados por (D'Amore, 2016), quien documentó un valor de 30.32 % de proteína en harinas vegetales, coincidiendo con el rango obtenido en este trabajo. Sin embargo, otros estudios como el de (Escobar, Curutchet, Zirbesegger, & Márquez, 2012), reportan valores superiores (48.3 %), probablemente debido a diferencias en la fuente de la harina (torta desgrasada) o a métodos de extracción de aceite que concentran la fracción proteica.

La ausencia de diferencias significativas entre factores y combinaciones indica que el proceso de secado, en los rangos de 70-80 °C y tiempos de 10-20 h, no genera una variación sustancial en la concentración de proteína en la harina de semilla de calabaza. Esto respalda la eficiencia del proceso aplicado, permitiendo mantener la integridad de las proteínas a pesar de las variaciones en temperatura y tiempo (Lewicki, 2006).

4.1.1.5. Pruebas de significación (Tukey $P < 0,05$) para los resultados de fibra

Tabla 39.

Prueba de significancia, Tukey (Factor A) fibra

Factor A	Medias	n	E.E	
Calabaza Fo.	9.23	12	0.32	A
Calabaza Ma.	9.59	12	0.32	A

Elaborado: Autora

En la tabla 39 se presentan los resultados de la prueba de Tukey, aplicada para evaluar el efecto del Factor A (*tipo de calabaza*) sobre el contenido de fibra en la harina de semilla de calabaza (*Cucúrbita*).

Los valores obtenidos indican que no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, ya que ambos fueron agrupados en la misma categoría de significancia (A). La media de fibra en Calabaza Fo. fue de 9.23 %, mientras que en Calabaza Ma. se registró un valor ligeramente superior de 9.59 %, con un error estándar de 0.32 en ambos casos.

Dado que las diferencias observadas no son estadísticamente relevantes, se concluye que el tipo de calabaza no influyó de manera significativa en el contenido de fibra de la harina. Esto sugiere que, independientemente de la variedad utilizada, la cantidad de fibra se mantiene estable dentro de los parámetros experimentales evaluados.

Tabla 40. *Prueba de significancia, Tukey (Factor B) fibra*

Factor B	Medias	n	E.E	
80 °C	9.29	12	0.32	A
70 °C	9.53	12	0.32	A

Elaborado: Autora

Los resultados muestran que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, ya que ambos fueron agrupados en la misma categoría de significancia (A). La media de fibra en el tratamiento a 80 °C fue de 9.29%, mientras que a 70 °C se registró un valor ligeramente mayor de 9.53%, con un error estándar de 0.32 en ambos casos. Estos resultados sugieren que la temperatura de secado no tuvo un impacto significativo en la concentración de fibra en la harina. La estabilidad en los valores indica que la aplicación de 70 °C o 80 °C no genera variaciones sustanciales en la cantidad de fibra retenida en el producto final.

Tabla 41.

Prueba de significancia, Tukey (Factor C) fibra

Factor C	Medias	n	E.E	
10 h	9.39	12	0.32	A
20 h	9.43	12	0.32	A

Elaborado: Autora

La Tabla 41 presenta los resultados de la prueba de Tukey, aplicada para analizar el efecto del Factor C (*tiempo de secado*) en el contenido de fibra de la harina de semilla de calabaza (*Cucúrbita*).

Los datos obtenidos indican que no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, ya que ambos fueron agrupados en la misma categoría de significancia (A). La media de fibra para el tratamiento con 10 h de secado fue de 9.39 %, mientras que con 20 h se obtuvo un valor de 9.43 %, con un error estándar de 0.32 en ambos casos.

Estos resultados sugieren que el tiempo de secado no afectó significativamente el contenido de fibra de la harina. La similitud entre los valores obtenidos indica que la cantidad de fibra se mantuvo estable dentro de los parámetros experimentales evaluados, sin que el incremento del tiempo de secado genere variaciones relevantes.

Tabla 42.

Prueba de significancia, Tukey interacción (Factor A y Factor B) fibra

Factor A	Factor B	Medias	n	E.E	
Calabaza Fo.	70 °C	8.77	6	0.45	A
Calabaza Ma.	80 °C	8.90	6	0.45	A
Calabaza Fo.	80 °C	9.68	6	0.45	A
Calabaza Ma.	70 °C	10.29	6	0.45	A

Elaborado: Autora

La Tabla 42 presenta los resultados de la prueba de Tukey, aplicada para evaluar la interacción entre el Factor A (*tipo de calabaza*) y el Factor B (*temperatura de secado*) en el contenido de fibra de la harina de semilla de calabaza (*Cucúrbita*).

Los valores obtenidos indican que no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, ya que todos fueron agrupados en la misma categoría de significancia (A). La menor media de fibra se registró en Calabaza Fo. - 70 °C (8.77 %), mientras que la mayor correspondió a Calabaza Ma. - 70 °C (10.29 %). Sin embargo, el error estándar de 0.45 sugiere que estas diferencias no fueron estadísticamente relevantes.

Estos resultados sugieren que la interacción entre el tipo de calabaza y la temperatura de secado no tuvo un impacto significativo en la concentración de fibra de la harina. A pesar de las ligeras variaciones observadas, la similitud en los valores obtenidos indica que la combinación de estos factores no afecta de manera sustancial la retención de fibra en el producto final.

Tabla 43.

Prueba de significancia, Tukey interacción (Factor A y Factor C) fibra

Factor A	Factor C	Medias	n	E.E	
Calabaza Fo.	20 h	9.19	6	0.45	A
Calabaza Fo.	10 h	9.26	6	0.45	A
Calabaza Ma.	10 h	9.52	6	0.45	A
Calabaza Ma.	20 h	9.67	6	0.45	A

Elaborado: Autora

Los tratamientos evaluados no mostraron diferencias significativas, ya que todos fueron agrupados en la misma categoría de significancia (A). La menor media de fibra se registró en Calabaza Fo. - 20 h (9.19 %), mientras que la mayor correspondió a Calabaza Ma. - 20 h (9.67 %). Sin embargo, el error estándar de 0.45 indica que estas diferencias no fueron estadísticamente relevantes.

Estos resultados indican que la combinación entre el tipo de calabaza y el tiempo de secado no tuvo un efecto significativo sobre el contenido de fibra de la harina. A pesar de las ligeras variaciones en los valores, la estabilidad de los resultados sugiere que estos factores no influyen de manera sustancial en la retención de fibra en el producto final.

Tabla 44.*Prueba de significancia, Tukey interacción (Factor B y Factor C) fibra*

Factor B	Factor C	Medias	n	E.E	
80 °C	10 h	9.12	6	0.45	A
70 °C	20 h	9.41	6	0.45	A
80 °C	20 h	9.45	6	0.45	A
70 °C	10 h	9.66	6	0.45	A

Elaborado: Autora

La Tabla 44 muestra los resultados de la prueba de Tukey, aplicada para analizar la interacción entre el Factor B (temperatura de secado) y el Factor C (tiempo de secado) en el contenido de fibra de la harina de semilla de calabaza (*Cucúrbita*).

Los tratamientos evaluados no presentaron diferencias significativas, ya que todas las combinaciones fueron agrupadas en la misma categoría de significancia (A). La media de fibra más baja se registró en 80 °C - 10 h (9.12 %), mientras que la más alta correspondió a 70 °C - 10 h (9.66 %). No obstante, el error estándar de 0.45 indica que estas diferencias no fueron estadísticamente relevantes. Estos resultados sugieren que la interacción entre la temperatura de secado y el tiempo de secado no tuvo un impacto significativo en la concentración de fibra de la harina.

Tabla 45.*Prueba de significancia, Tukey interacción (Factor A* Factor B* Factor C) fibra*

Factor A	Factor B	Factor C	Medias	n	E.E	
Calabaza Fo.	70 °C	20 h	8.53	3	0.63	A
Calabaza Ma.	80 °C	10 h	8.73	3	0.63	A
Calabaza Fo.	70 °C	10 h	9.01	3	0.63	A
Calabaza Ma.	80 °C	20 h	9.06	3	0.63	A
Calabaza Fo.	80 °C	10 h	9.50	3	0.63	A
Calabaza Fo.	80 °C	20 h	9.85	3	0.63	A
Calabaza Ma.	70 °C	20 h	10.28	3	0.63	A
Calabaza Ma.	70 °C	10 h	10.30	3	0.63	A

Elaborado: Autora

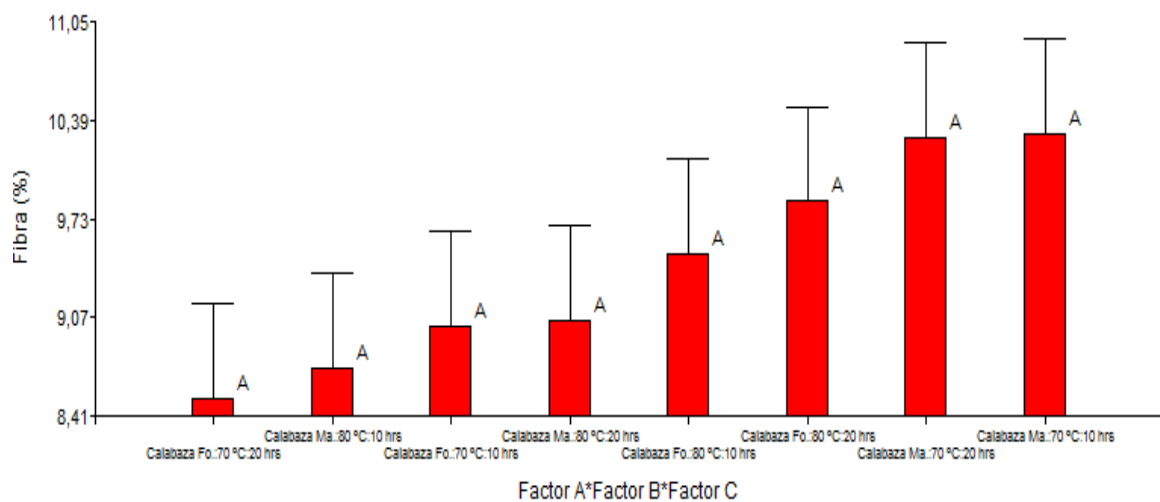
La Tabla 45 muestra los resultados de la prueba de Tukey, aplicada para analizar la interacción entre el Factor A (tipo de calabaza), el Factor B (temperatura de secado) y el Factor C (tiempo de secado) en el contenido de fibra de la harina de semilla de calabaza (*Cucúrbita*).

Los tratamientos evaluados no presentaron diferencias significativas, ya que todas las combinaciones fueron agrupadas en la misma categoría de significancia (A). La menor media de fibra se registró en Calabaza Fo. - 70 °C - 20 h (8.53 %), mientras que la mayor correspondió a Calabaza Ma. - 70 °C - 10 h (10.30 %). Sin embargo, el error estándar de 0.63 indica que estas diferencias no fueron estadísticamente relevantes.

Estos resultados sugieren que la interacción entre el tipo de calabaza, la temperatura de secado y el tiempo de secado no tuvo un efecto significativo en la concentración de fibra de la harina. A pesar de las variaciones en los valores obtenidos, la estabilidad de los resultados indica que estos factores no influyen de manera sustancial en la retención de fibra en el producto final.

Figura 8.

Interacciones variables (fibra)



Elaborado: Autora

La Figura 8 representa la interacción entre los factores A (tipo de calabaza), B (temperatura de secado) y C (tiempo de secado) en el contenido de fibra de la harina de semilla de calabaza (*Cucúrbita*).

Se observa que todas las combinaciones de tratamientos fueron agrupadas en la misma categoría de significancia (A), lo que indica que no se encontraron diferencias estadísticas entre

ellos, en concordancia con los resultados obtenidos en la prueba de Tukey (Tabla 40). La menor media de fibra se registró en el tratamiento Calabaza Fo. - 70 °C - 20 h, mientras que la mayor correspondió a Calabaza Ma. - 70 °C - 10 h.

Las barras de error reflejan la dispersión en los datos, mostrando variabilidad entre los tratamientos. Aunque se observa una ligera tendencia ascendente en el contenido de fibra en ciertos tratamientos, la superposición de los intervalos de confianza sugiere que las diferencias entre los tratamientos no son estadísticamente significativas.

En general, los resultados indican que la combinación de tipo de calabaza, temperatura y tiempo de secado no generó un impacto significativo en la retención de fibra dentro de la harina. Esto sugiere que, bajo las condiciones experimentales evaluadas, la variación en estos factores no altera de manera sustancial el contenido de fibra del producto final.

Discusión

Los análisis de fibra mostraron valores que fluctuaron entre 8.53 % y 10.30 %, dependiendo de las combinaciones de tratamientos y réplicas. La variabilidad observada es baja y las diferencias no resultaron significativas en ninguno de los factores ni en sus interacciones, de acuerdo con la prueba de Tukey ($p > 0.05$).

Los factores individuales A (variedad de calabaza), B (temperatura de secado) y C (tiempo de secado) no presentaron diferencias estadísticamente relevantes. Las medias obtenidas fueron 9.23 % para Calabaza Fo. y 9.59 % para Calabaza Ma.; 9.29 % para 80 °C y 9.53 % para 70 °C; y 9.39 % para 10 h frente a 9.43 % para 20 h. De acuerdo con (Dyner, y otros, 2016) estas pequeñas variaciones son atribuibles al comportamiento natural de la materia prima y al efecto leve que las condiciones de secado pueden tener sobre la integridad de las fibras vegetales.

De igual forma, las interacciones entre factores (A*B, A*C, B*C y ABC) tampoco presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$), manteniéndose las medias dentro de un rango estrecho, coincidiendo con (Sánchez, 2016). Por ejemplo, la menor media de fibra se registró en Calabaza Fo. - 70 °C - 20 h (8.53 %), mientras que la mayor correspondió a Calabaza Ma. - 70 °C - 10 h (10.30 %), pero sin ser estadísticamente distintas debido al margen de error elevado. Estos resultados también son consistentes con lo observado por (Garcés, Ramos, & Segura,

2024), quienes señalaron estabilidad en el contenido de fibra de harinas vegetales elaboradas bajo diferentes condiciones de procesamiento.

Al comparar los resultados con los estudios de (Marquez, Dyner, & López, 2020), se observa que el rango obtenido es menor al reportado por (Sosa, 2016), en harina integral de calabaza (21.13 %) y también inferior al valor de 15 % citado por (Espada, 2020), en productos comerciales de calabaza. Esta diferencia podría explicarse por el tipo de materia prima empleada (semilla vs pulpa o harina integral) y las condiciones específicas de procesamiento, como el tamaño de partícula o la técnica de secado utilizada como lo menciona (Rodas, 2013). Además, estudios como el de (Ruiz, 2019), destaca que la granulometría y la intensidad del secado pueden alterar la concentración y disponibilidad de fibra total en harinas vegetales.

La estabilidad de los valores obtenidos en este trabajo sugiere que los parámetros aplicados (70-80 °C por 10-20 h) no modifican de manera significativa la estructura de la fibra presente en las semillas de calabaza. Esto permite confirmar que el proceso utilizado es adecuado para mantener la integridad de la fibra en la harina final.

4.1.1.6. Resultados de las características microbiológicas de la harina

El análisis microbiológico realizado en las muestras evaluadas permitió identificar la presencia y concentración de microorganismos relevantes para determinar la calidad e inocuidad del producto final. Este estudio incluyó la detección de *Escherichia coli*, coliformes totales, y mohos y levaduras utilizando métodos establecidos en las normativas ecuatorianas correspondientes.

Las pruebas se llevaron a cabo siguiendo los protocolos especificados en las normas NTE INEN 1529-8, NTE INEN 1529-5 y NTE INEN 1 529-10, asegurando que los valores obtenidos se encuentren dentro de los límites permitidos para el consumo seguro. A continuación, se presentan los parámetros microbiológicos analizados junto con sus valores máximos establecidos:

Tabla 46.

Análisis microbiológicos de todos los tratamientos

Determinación	Unidad	Máximo	Método de ensayo
<i>E. coli</i>	UFC/cm ³	< 10 UFC	NTE INEN 1529-8
Coliformes totales	UFC/cm ³	< 10 UFC	NTE INEN 1529-5

Mohos y levadura	UFC/cm ³	< 10 UFC	NTE INEN 1 529-10
------------------	---------------------	----------	-------------------

Elaborado: Autora

Los resultados obtenidos indican que el contenido microbiológico de la harina elaborada a partir de ambas variedades de calabaza se encuentra dentro de los rangos aceptados por la normativa vigente, garantizando así su calidad microbiológica y aptitud para el consumo.

Discusión

El análisis microbiológico indicó que todos los tratamientos evaluados se mantuvieron dentro de los límites permisibles según la normativa ecuatoriana NTE INEN 1529, cumpliendo con los criterios microbiológicos para productos secos y procesados. Las muestras estuvieron por debajo de las 10 UFC/cm³ para *Escherichia coli*, coliformes totales, mohos y levaduras, garantizando la aptitud del producto para su uso posterior. Esto refleja un control adecuado durante las etapas de deshidratación y molienda, así como una manipulación higiénica de la materia prima. La baja carga microbiana coincide con lo reportado (Aguilera Y. , 2009), quien observó recuentos similares en harinas vegetales deshidratadas bajo condiciones controladas de temperatura y tiempo.

Por otro lado, (Caicedo, 2021), también obtuvo recuentos microbiológicos dentro de los parámetros aceptados para harinas vegetales, sugiriendo que el proceso térmico empleado contribuye de manera significativa a la reducción de microorganismos alterantes y patógenos. En estudios como el de (Otavalo & Mogrovejo, 2018), se menciona que procesos de secado superiores a 60 °C generan condiciones que limitan el crecimiento de mohos, levaduras y bacterias coliformes, especialmente cuando se trabaja con semillas oleaginosas.

La ausencia de *E. coli* y de coliformes totales en los tratamientos es consistente con los datos presentados por (Umaña, Lopera, & Gallardo, 2013), quienes concluyen que los tratamientos térmicos aplicados a subproductos agroindustriales reducen significativamente la carga bacteriana, siempre que se combinen con buenas prácticas de manufactura.

Finalmente, la carga controlada de mohos y levaduras observada también coincide con los hallazgos de (Salous & Pascual, 2018), quienes analizaron harinas deshidratadas de origen vegetal y concluyeron que el adecuado control del secado inhibe la proliferación de hongos filamentosos y levaduras, evitando alteraciones sensoriales y riesgos de contaminación cruzada.

4.1.1.7. Resultados del rendimiento obtenido

Tabla 47.

Rendimientos obtenidos de calabaza (Cucurbita foetidissima y Cucurbita maxima)

Tratamiento	Variedad	Temperatura (°C)	Tiempo (h)	Peso inicial (kg)	Peso final (kg)	% Rendimiento
T1	<i>C. foetidissima</i>	70	10	0.630	0.482	76.51 %
T2	<i>C. foetidissima</i>	70	20	0.630	0.493	78.25 %
T3	<i>C. foetidissima</i>	80	10	0.630	0.486	77.14 %
T4	<i>C. foetidissima</i>	80	20	0.630	0.497	78.89 %
T5	<i>C. maxima</i>	70	10	0.990	0.758	76.57 %
T6	<i>C. maxima</i>	70	20	0.990	0.765	77.27 %
T7	<i>C. maxima</i>	80	10	0.990	0.762	77.07 %
T8	<i>C. maxima</i>	80	20	0.990	0.768	77.58 %

Elaborado: Autora

La tabla presenta los rendimientos obtenidos tras el proceso de secado de semillas de *Cucurbita foetidissima* y *Cucurbita maxima* bajo diferentes combinaciones de temperatura (70 °C y 80 °C) y tiempo (10 h y 20 h). En *C. foetidissima*, el mayor rendimiento se registró a 80 °C durante 20 horas (78.89 %), mientras que el valor más bajo se obtuvo a 70 °C y 10 horas (76.51 %). Para *C. maxima*, el tratamiento más eficiente también correspondió a 80 °C durante 20 horas, con un rendimiento de 77.58 %, siendo el más bajo el de 70 °C y 10 horas (76.57 %). En general, se observa una ligera mejora en el rendimiento a mayor temperatura y tiempo de exposición, lo que sugiere una deshidratación más efectiva que permitió conservar una mayor proporción de materia seca. Estos resultados reflejan la influencia de las variables operativas sobre la eficiencia del proceso y la capacidad de retención de masa de cada variedad.

Discusión

Se presentaron diferencias leves entre las dos variedades estudiadas. Para *C. foetidissima*, el rendimiento fue de 78,89 %, mientras que para *C. maxima* se obtuvo un 77,58 %. (González, Matos, García, & Arcocha, 2023) sugieren que esta pequeña diferencia en *C. foetidissima*

podría deberse a una mayor eficiencia en la recuperación de masa o una mejor respuesta al proceso de deshidratación bajo las condiciones aplicadas.

Según (De la Horra, Seghezzo, Molfese, Ribotta, & León, 2012), estas variaciones pueden atribuirse a la composición físico-química propia de cada variedad, ya que *C. foetidissima* presentó un mayor rendimiento final en semilla deshidratada en comparación con *C. maxima*. Este comportamiento se diferencia de lo señalado por Mendoza et al. (2019), quienes reportaron un rendimiento del 7.45 %, pero en harina obtenida de zapallo, lo cual implica una transformación adicional y por tanto, un menor valor en comparación con el rendimiento directo por deshidratación de semilla.

Por otro lado, Escobar et al. (2015) documentaron rendimientos de 25 % y 15 % en harinas elaboradas a partir del mesocarpo de chontaduro y papa china respectivamente, cifras que, si bien son más altas que las de Mendoza, siguen sin ser comparables directamente con este estudio, ya que fueron obtenidas a partir de matrices diferentes (pulpa o tubérculo) con características físicas más aprovechables que las semillas.

La diferencia entre *C. foetidissima* y *C. maxima* también podría deberse al comportamiento del secado, ya que *C. foetidissima* mostró una mejor retención de masa durante la deshidratación. Tal como explica Sabillón & Bianchini (2016), la eficiencia del secado y la calidad estructural de las semillas influyen directamente en la recuperación de masa al finalizar la molienda. Además, el rendimiento ligeramente inferior de *C. maxima* podría estar asociado a una mayor proporción de componentes no aprovechables o a pérdidas mayores durante la molienda, especialmente si su estructura interna genera más residuos. Esta situación ha sido observada por Naves et al. (2010), quienes señalan que las características físicas de la materia prima, como la dureza y densidad de la semilla, afectan la eficiencia de molienda y tamizado.

4.1.2. Consideraciones metodológicas y limitaciones del análisis

No se realizaron análisis de micotoxinas ni metales pesados debido a limitaciones logísticas y presupuestarias, así como a la falta de disponibilidad de equipos específicos para dichas determinaciones, que requieren métodos instrumentales avanzados como espectrometría de absorción atómica o cromatografía líquida. Sin embargo, se priorizaron los análisis microbiológicos, ya que permiten evaluar la inocuidad básica del producto y verificar la efectividad del proceso de secado en la reducción de carga microbiana, aspecto fundamental en la fase de caracterización inicial para consumo humano. Además, se incluyó el análisis de

ceniza como parámetro fisicoquímico complementario, útil para estimar la presencia de minerales totales en la muestra, lo que contribuye indirectamente a monitorear la carga inorgánica sin necesidad de separar contaminantes específicos.

Por otro lado, no se procedió con la extracción del aceite contenido en las semillas de calabaza, dado que el enfoque del estudio fue la obtención de harina integral a partir de la semilla completa, sin fraccionamientos ni pretratamientos. Esta decisión técnica limitó la posibilidad de reducir la granulometría mediante molienda más fina, ya que el contenido lipídico favorece la formación de aglomerados o masas compactas dentro del molino, lo cual dificulta un tamizado eficiente.

La granulometría obtenida fue superior a 212 μm , determinada con el método de tamizado en seco, lo que no permitió cumplir con el criterio de finura del 95 % establecido en la NTE INEN 616:2015 para harinas de trigo. Esta limitación se puede atribuir al alto contenido graso natural de la semilla y a la resistencia estructural de las partículas no desgrasadas, factores que impidieron una molienda más homogénea.

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- La harina de semilla de calabaza obtuvo niveles de humedad menores al 10 %, adecuados para su conservación y almacenamiento. Las proteínas y la fibra se mantuvieron estables en los diferentes tratamientos. Aunque no se observaron grandes diferencias entre las temperaturas y tiempos de secado evaluados, es posible que con ajustes más finos en el proceso se pueda lograr una mayor homogeneidad en las características de la harina.
- En el análisis microbiológico no se detectó la presencia de *E. coli*, coliformes totales ni mohos o levaduras, cumpliendo así con lo establecido en la normativa NTE INEN 1529. El proceso de secado y las condiciones de trabajo fueron suficientes para garantizar la inocuidad de la harina elaborada.
- Los rendimientos obtenidos reflejaron diferencias entre las dos variedades de calabaza. *C. foetidissima* presentó un rendimiento de 78,89 %, mientras que *C. maxima* alcanzó un 77,58 %, siendo la primera ligeramente más eficiente en la recuperación de masa seca. Estas variaciones se relacionan con la composición estructural de las semillas y su comportamiento frente al secado. El proceso se llevó a cabo en una estufa de convección forzada, a temperaturas de 70 °C y 80 °C, con tiempos de 10 y 20 horas, y una velocidad de aire constante de 1.5 m/s. Los resultados demostraron que el tiempo de 20 horas permitió obtener los mejores rendimientos en ambas variedades, favoreciendo una deshidratación más eficiente. El balance de masa evidenció que la mayor pérdida correspondió a la eliminación de humedad y residuos no aprovechables.

5.2. Recomendaciones

- Ajustar los parámetros de secado, como temperatura y tiempo de exposición, para minimizar la merma de agua sin comprometer la calidad de la harina. La implementación de técnicas como el secado en atmósfera controlada o la liofilización mejora la retención de nutrientes y aumenta el rendimiento final del producto.

- Reutilizar los residuos generados en las etapas de selección y extracción, como la cáscara y semillas, para la obtención de harinas complementarias o ingredientes funcionales ricos en fibra y compuestos bioactivos, optimizando el balance de materia y reduciendo desperdicios.
- Analizar la granulometría de la harina obtenida durante la molienda y ajustar los parámetros de tamizado para minimizar las pérdidas de materia prima. La implementación de equipos más eficientes, como molinos de impacto o tamices con mallas adecuadas, podría mejorar la recuperación de harina y garantizar una mejor uniformidad del producto sin afectar sus características fisicoquímicas, facilitando así su aplicación en procesos industriales.

CAPÍTULO VI
BIBLIOGRAFÍA

- Aguilera, J., & Stanley, D. (1999). *Microstructural principles of food processing engineering*. Aspen: Gaithersburg.
- Aguilera, J., Chiralt, A., & Fito, P. (2003). Food dehydration and product structure. *Trends Food SciTech*, 432-437.
- Aguilera, Y. (2009). *Harinas de leguminosas deshidratadas: Caracterización Nutricional y Valoración de sus Propiedades Tecno-Funcionales*. Madrid, España: Universidad Autónoma de Madrid.
- Aguirre, L., González, M., & Fondevila, G. (2019). Variabilidad de la composición química y del valor nutricional de la harina de soja. *Comunidad Profesional Porcina*, 5-25.
- Alija, J. (2015). *Las semillas de calabaza*. México: Montagud.
- Almeida, E., Chang, Y., & Steel, C. (2013). Dietary fibre sources in bread: Influence on technological quality. *LWT - Food Science and Technology*, 545-553.
- Álvarez, J. (2015). *Efecto del almacenamiento sobre las propiedades fisicoquímicas de zapallo (Cucúrbita moschata Duch Var. Bolo verde) fresco y mínimamente procesado*. Palmira, Colombia: Universidad Nacional de Colombia; Facultad de Ingeniería y Administración - Posgrados.
- Andrade, M., Martínez, H., & López, N. (2016). Squash flour: characterization and use as a functional ingredient in the development of spaghetti. *Agronomía Colombiana*, 1100 - 1103.
- AOAC 2001.11. (2001). *Implementación del Método Kjeldahl para la determinación de proteína para diferentes matrices*. USA: Association of Official Agricultural Chemists. Obtenido de https://www.senasa.gob.pe/intranet/wp-content/uploads/2016/12/MET-UCCIRT-For-09_Proteinas-_Kjeldahl_Rev00.pdf
- Arboleda, L. E. (17 de JUNIO de 2024). La semilla de calabaza contiene diversas propiedades que se encargan de proteger ciertos órganos. *EL TIEMPO*.

- Arroyo, E. (2018). *Barra energética a partir del fruto del zapallo (Cucurbita máxima)*. Quito, Ecuador: UDLA.
- Bemis, W., & Whitaker, T. (1969). *The xerophytic cucurbita of northwestern Mexico and southwestern United States*. USA: Madroño 20 (2):33-41.
- Bressani, R., Turcios, J., Reyes, L., & Mérida, R. (2001). Caracterización física y química de harinas industriales nixtamalizadas de maíz de consumo humano en América Central. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 309-313.
- Bustillos, K. (2022). *Caracterización fisicoquímica y reológica de la harina de trigo (Triticum aestivum) obtenida de los pasajes del proceso de molienda en Molinos e Industrias Quito Cía. Ltda.* Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.
- Caicedo, D. (2021). *Evaluación fisicoquímica y microbiológica de la extracción de harina de oca por el método tacho abierto*. Tulcán, Ecuador: Universidad Politécnica Estatal del Carchi.
- Cerda, L., Cerda, V., Pilamala, A., Moreno, C., & Pérez, A. (2017). Proteína de harinas de maíz, cebada, quinua, trigo nacional y papa: características y funcionalidad como sustitutos de la proteína de harina de trigo importado en la producción de pan y fideos. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología Volumen 6 N°3*, 201-216.
- Charles, A., Chang, Y.-H., Siroth, K., & Ko, W.-C. (2004). Some Physical and Chemical Properties of Starch Isolates of Cassava Genotypes. *Starch - Starke* 56 (9), 413 - 418.
- Chavèz, J., Tuxill, J., & Jarvis, D. (2008). *Manejo de la diversidad de los cultivos*. Cali, Colombia: Future Harvest - Instituto Internacional de Recursos Filogenéticos.
- Chen, Y., Lin, H., Lin, M., Zheng, Y., & Chen, J. (2020). Effect of roasting and in vitro digestion on phenolic profiles and antioxidant activity of water-soluble extracts from sesame. *Food and Chemical Toxicology*, 111239. doi:<https://doi.org/10.1016/j.fct.2020.111239>
- Cutler, H., & Whitaker, T. (1969). *A new species of Cucurbita from Ecuador*. Missouri: Ann Missouri Bot. Gard.
- D'Amore, C. (2016). *Evaluación nutricional de harina proteica de Erythrina edulis*. Caracas, Venezuela: Universidad Central de Venezuela.

- Day, L. (2013). Proteins from land plants – Potential resources for human nutrition and food security. *Trends in Food Science & Technology*, Pages 25-42. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2013.05.005>
- De la Horra, A., Seghezzi, M., Molfese, E., Ribotta, P., & León, A. (2012). Indicadores de calidad de las harinas de trigo: índice de calidad industrial y su relación con ensayos predictivos. *Agriscientia*, 81-89.
- Dieter, H., Grosch, W., & Schieberle, P. (2009). *Food Chemistry*. Springer Berlin, Heidelberg. doi:<https://doi.org/10.1007/978-3-540-69934-7>
- Dotto, J. M., & Chacha, J. S. (11 de 2020). *ScienceDirect*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468227620303136?via%3Dihub>
- Dussán, S., Hurtado, D., & Camacho, J. (2019). Granulometría, Propiedades Funcionales y Propiedades de Color de las Harinas de Quinua y Chontaduro. *Información tecnológica*, 3-10.
- Dyner, L., Cagnasso, C., Ferreyra, V., Pita de Portela, M. L., Apro, N., & Olivera, M. (2016). Contenido de calcio, fibra dietaria y fitatos en diversas harinas de cereales, pseudocereales y otros. *Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana*, vol. 50, núm, 435-443.
- Eñaranda, A., Payan, M., Garrido, D., Gómez, P., & Jamilena, M. (2007). Production of fruits with attached flowers in zucchini squash is correlated with arrest of maturation of female flower. *Journal of horticultural science of Biotechnology* 82(4), 579–584.
- Ermiş, S., & Yanmaz, R. (2012). *Efectos del tostado sobre la composición nutricional de siete líneas de semillas de calabaza (Cucurbita pepo L.)*. Turquía: Ankara University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture-Dışkapı. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/277720826_Effects_of_Roasting_on_Nutritional_Composition_of_Seven_Lines_of_Pumpkin_Cucurbita_pepo_L_seeds
- Escobar, D., Curutchet, A., Zirbesegger, H., & Márquez, R. (2012). *Estudio de la composición fisicoquímica de harina de semillas de zapallo como ingrediente alimentario*. Uruguay: Laboratorio Tecnológico del Uruguay (LATU),. Obtenido de <https://ojs.latu.org.uy/index.php/INNOTEC/article/view/156/156>

- Escobar, J., Asanza, M., Herrera, B., & Gonzalez, J. (2015). Caracterización físico-química de harinas de especies vegetales para la agroindustria ecuatoriana. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología Volumen 5 N°2*, 159-168.
- Espada, B. (03 de Marzo de 2020). *¿Cuáles son las propiedades de la harina de calabaza y cómo se prepara en casa?* Obtenido de Okdiario: <https://okdiario.com/lifestyle/cuales-son-propiedades-harina-calabaza-como-prepara-casa-8711595>
- Estrada, E. (2002). *Perfil técnico para el manejo agronómico del cultivo de zapallo*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Impreso universitario. p 10.
- Fontevita. (01 de Diciembre de 2024). *Harina de pepa de zapallo*. Obtenido de <https://fontevita.cl/producto/harina-de-pepa-de-zapallo/>
- Gallego, A. (2013). *Características de los alimentos y control de calidad*. Madrid, España: UNED. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4696751.pdf>
- Garcés, B., Ramos, M., & Segura, V. (2024). Aplicación de fibras y proteínas vegetales para elaboración de productos tipo galleta a base de harina de mashua (*tropaelum tuberosum*) y oca (*oxalis tuberosa*). *Pro Sciences: Revista De Producción, Ciencias E Investigación*, 8(53), 244–256.
- Gonzalez, E., Montenegro, M., & Lopez, B. (2001). *Carotenoid composition and vitamin A value of an Argentinian squash*. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 51 (4): 1-9.
- González, M. (2008). *Recetas ecuatorianas*. Quito, Ecuador: Lexis.
- González, N., Matos, G., García, C., & Arcocha, E. (2023). Estimación del rendimiento de harina seca de yuca (*Manihot esculenta Crantz*) en un luvisol férrico de Campeche, México. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 79-100.
- González, O. (2017). Utilización de la molienda criogénica para la preservación del contenido de grasa y el cumplimiento del rendimiento para malla 10 de la nuez pecanera (*Carya illionensis*). *Universidad Nacional Autónoma de México*, México, México.
- Guillermo, J. (2016). *Conjunto Tecnológico para la Producción de Calabaza*. Puerto Rico, Mayagüez: Universidad de Puerto Rico.
- INEC. (2012). *Reporte estadístico del Sector Agropecuario*. P. Juan de Velasco, Loja: Instituto Nacional de Estadística y Censos. Obtenido de

https://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Presentaciones/espac_2010.pdf

- INEC. (2017). *Encuesta Nacional*. Quito, Ecuador: Instituto Nacional de Estadística y Censos.
- INIAP. (2009). *Descripción del zapallo*. Quito, Ecuador: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuaria.
- Krokida, M., & Maroulis, Z. (2001). Structural properties of dehydrated products during rehydration. *International Journal of Food Science & Technology*, 36(5), 529-538. doi:<https://doi.org/10.1046/j.1365-2621.2001.00483.x>
- Lewicki, P. (2006). Design of hot air drying for better foods. *Trends in Food Science & Technology*, 153-163.
- Lira, S. (1995). *Estudios taxonómicos y ecogeografía de las Cucurbitaceas Latinoamericanas de importancia*. México: Instituto de Biología. UNAM.
- Magallanes, A., & Simsek, S. (2020). Pathogens control on wheat and wheat flour: A review. *Wiley Periodicals LLC on behalf of Cereals & Grains Association*, 17-80.
- MAGAP. (2012). *Programa de horticultura*. Quito, Ecuador: Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y pesca. Obtenido de <http://www.agricultura.gob.ec/>
- Marquez, S., Dyner, L., & López, L. (2020). Aporte de energía, macronutrientes y fibra de alimentos farináceos libres de gluten elaborados a partir de premezclas comerciales. *Diaeta* 38(173), 13-27.
- Martínez, S., López, L., & Rössel, E. (2023). *Parámetros tecnológicos de interés agroindustrial de las semillas de calabaza de castilla (C. moschata) y calabaza hedionda (A. undulata)*. San Luis Potosí, México: Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Obtenido de scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2313-29572023000200073&script=sci_arttext
- Mendoza, F., Barre, R., Vargas, P., & Zambrano, L. (2019). *Harina integral de zapallo (cucúrbita moschata) para alimento alternativo en la producción avícola*. Manabí, Ecuador: Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. doi:<https://doi.org/10.35381/cm.v5i9.256>

- Mercola, J. (2013). *Beneficios Saludables de la Semilla de Calabaza*. Bogota, Colombia: Mercola control de salud.
- Migliori, M., Gabriele, D., Cindio, B., & Pollini, C. (2005). Modelling of high quality pasta drying: quality índices and industrial application. *Food Eng*, 242-251.
- Moreno, C., Bayas, F., & Quiroz, D. (2011). Comparación de la calidad de harinas de tres variedades de maíz (*Zea-mays*) obtenidas de los procesos de nixtamalizado y tostado para la elaboración de tortillas. *Investigaciòn universitaria* , 284-296.
- Naves, L. d., Correa, A. D., Abreu, C. M., & Santos, C. D. (05 de 2010). *Nutrients and functional properties in pumpkin seed (Cucurbita maxima) submitted to different processings*. Obtenido de SciELO Brasil: <https://doi.org/10.1590/S0101-20612010000500028>
- Neira, F. (1998). *Deshidrataciòn de frutas y hortalizas con aire caliente*. Colombia: Invetigacion y desarrollo Quala S.A. Obtenido de https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/31949/38910_21881.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- NTE INEN 0518. (1981). *Harinas de origen vegetal. Determinación de la pérdida por calentamiento*. Quito, Ecuador: Norma Tècnica Ecuatoriana. Obtenido de <https://www.collegesidekick.com/study-docs/1801819>
- NTE INEN 0527. (1984). *Harinas de origen vegetal. Requisitos*. Quito, Ecuador: Norma Tècnica Ecuatoriana.
- NTE INEN 1529 -10. (1998). *Control microbiològico de los alimentos. Mohos y levaduras viables. Recuentos en placa por siembra en profundidad*. Quito, Ecuador: Norma Tècnica Ecuatoriana. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/584650354/1529-10>
- NTE INEN 1529-7. (1990). *Control microbiològico de los alimentos. Determinación de microorganismos coliformes por la técnica de recuento de colonias*. Quito, Ecuador: Norma Tècnica Ecuatoriana.
- NTE INEN 1529-8. (1990). *Normativa ecuatoriana para analisis de Escherichia coli en alimentos*. Quito, Ecuador: Norma Tècnica Ecuatoriana.

- NTE INEN 2337. (2008). *Jugos, pulpas, concentrados, nectares, bebidas defrutadas y vegetales. Requisitos*. Quito, Ecuador: Norma Técnica Ecuatoriana. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/656440970/2337>
- NTE INEN 520. (2012). *Harinas de origen vegetal. Determinacion de la ceniza*. Quito, Ecuador: Norma Técnica Ecuatoriana. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/187738698/NTE-INEN-520-2012-Harina-Cenizas>
- NTE INEN 522. (2013). *Determinacion de fibra cruda en harinas de origen vegetal*. Quito, Ecuador: Norma Técnica Ecuatoriana. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/653997705/NTE-INEN-522-DETERMINACION-DE-FIBRA-CRUDA-EN-HARINAS-DE-ORIGEN-VEGETAL>
- NTE INEN-ISO 1842. (2013). *Productos vegetales y de frutas – Determinación de pH (IDT)*. Quito, Ecuador: Norma Técnica Ecuatoriana. Obtenido de <https://www.studocu.com/ph/document/university-of-st-la-salle/agriculture/inen-1842-productos-vegetales-y-de-frutas-determinacion-de-p-h-idt/65958580>
- Ore, F., Aguirre, L., & Ticsihua, J. (2020). Efecto del tiempo y temperatura en la deshidratación de oca (*Oxalis Tuberosa* Mol.) Mediante lecho fluidizado para la obtención de harina. *ALFA, Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinarias*, 200 - 210.
- Ortega, D. (2013). *Utilización de la pulpa de sambo (Cucurbita ficifolia) en la elaboración de compotas como suplemento alimenticio infantil*. Cuenca, Ecuador: Universidad Católica de Cuenca.
- Otavalo, G., & Mogrovejo, M. (2018). *Optimización de puntos críticos del proceso de obtención de harina de maca (Lepidium meyenii) en función de la calidad microbiológica del producto final*. Cuenca, Ecuador : Universidad de Cuenca.
- Pang, J., Guan, E., Yang, Y., Li, M., & Bian, K. (2021). Effects of wheat flour particle size on flour physicochemical properties and steamed bread quality. *Food Science y Nutrition*, 4691- 4700.
- Pérez, L. (2010). *Evaluación de las fracciones granulométricas de la harina de sorgo (sorghum bicolor (l.) moench) para la elaboración de una pasta alimenticia*. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

- Pincay, G. (2020). *Evaluación del tiempo de conservación de zapallo (Cucurbita máxima dutch) en almíbar a partir de las variedades (cucurbita máxima) tipo (cinderella) y (cucurbita argyrosperma)*. Santo Domingo, Ecuador: Instituto Tecnológico Superior Calazacón. Obtenido de <http://www.redisd.org/index.php/es/poster-1010-bio/394-guisella-pincay>
- Pizzani, P., Vargas, R., Pérez, S., Méndez, A., Michelangeli, C., & Sivoli, L. (2006). Efectos del tostado sobre el valor de energía metabolizable verdadera y el contenido de factores antinutricionales de harinas de granos. *Revista Científica (Maracaibo)*, 523-530.
- Ponce, N. (2015). *Estructura y principios de molienda en cereales*. Toluca de Lerdo, Mexico: Universidad Autónoma del Estado de México.
- Preedy, V., & Watson, R. (2019). *Flour and Breads and Their Fortification in Health and Disease Prevention*. London: Agricultural and biological sciences.
- Qiu, Y., Zhou, Y., Chang, Y., Liang, X., Zhang, H., Lin, X., . . . Luo, Z. (2020). The Effects of Ventilation, Humidity, and Temperature on Bacterial Growth and Bacterial Genera Distribution. *Int J Environ Res Public Health*, 20-19.
- Rafiq, A., Sharma, S., & Singh, B. (2017). In vitro starch digestibility, degree of gelatinization and functional properties of twin screw prepared cereal-legume pasta. *Journal of Cereal Science*, 279-287.
- Ramos, P. (2024). Calidad nutricional de productos de panadería enriquecidos con harinas alternativas. *Revista Internacional de Medicina Familiar y Comunitaria*, 49-54.
- Rodas, L. (2013). *Determinación de fibra en pan integral procedente de panaderías artesanales*. Cuenca, Ecuador: Universidad del Azuay.
- Rosell, C., Rojas, J., & Benedito de Barber, C. (2001). Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. *Food Hydrocolloids*, 75-81.
doi:[https://doi.org/10.1016/S0268-005X\(00\)00054-0](https://doi.org/10.1016/S0268-005X(00)00054-0)
- Rössel, D., Ortiz, H., Amante, A., Durán, A., & López, L. (2018). Características físicas y químicas de la semilla de calabaza para mecanización y procesamiento. *Nova scientia*, 9-15.
- Ruiz, J. (2019). *Efecto del secado sobre las propiedades fisicoquímicas, funcionales y tecnofuncionales de la harina de semilla de auyama (cucurbita máxima) cultivada en*

el municipio de dabeiba, antioquia y sus características bromatológicas. Sincelejo, Sucre: Universidad de Sucre.

- Sabillón, L., & Bianchini, A. (2016). From Field to Table: A Review on the Microbiological Quality and Safety of Wheat-Based Products. *Wiley Periodicals LLC on behalf of Cereals & Grains Association*, 102-125.
- Salomón, B., López De la Peña, M., Haydee Yajaira, H. G., Hernández, F., & López, C. (2019). *Digestibilidad in vitro de nanoparticulas de nopal (Opuntia Ficus-indica) obtenidas mediante molienda ultrafina*. Coahuila, México: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Salous, A. E., & Pascual, A. (2018). Determinación de e. Coli, hongos y levaduras en la harina proveniente de las cascarillas de dos variedades de cacao en Ecuador. *Revista Universidad y Sociedad*, 164-167.
- Salvador, M., Bonache, V., Borrás, V., & Mataix, D. (2008). Estudio del comportamiento durante la sinterización de mezclas WC-Co finas, ultrafinas y nanocristalinas obtenidas por molienda de alta energía. *Revista de metalurgia*, 418-431.
- Sánchez, I. (2016). *Nutrientes y compuestos bioactivos del trigo: fibra y polifenoles*. Madrid, España: Universidad Complutense de Madrid.
- Sánchez., B. C. (21 de 11 de 2023). *UNCOMO MD*. Obtenido de <https://www.mundodeportivo.com/uncomo/salud/articulo/calabaza-propiedades-beneficios-y-contraindicaciones-52777.html>
- Sangronis, E., Machado, C., & Cava, R. (2004). Propiedades funcionales de las harinas de leguminosas (*Phaseolus vulgaris* y *Cajan cajan*) germinadas. *Revista Interciencia*, 17(2):80-85.
- Sanmartín, M. (2014). *Estudio de prefactibilidad para la producción de zapallo (Cucúrbita máxima) en el cantón Arenillas y su comercialización al mercado externo*. Machala, Ecuador: Universidad Técnica de Machala.
- Sarmiento, T. (2012). *Impacto del procesamiento sobre la pared celular y las propiedades hipoglucémicas y tecnofuncionales de leguminosa*. Madrid, España: Universidad autónoma de Madrid. Facultad de ciencias departamento de química agrícola.

- Saxena, R., Soni, A., Saxna, S., & Singh, S. (2013). Cryogenic Grinding: a Physical Technique to Retain Volatile Content in Natural Products. *International Journal of Modern Physics Conference Series*, 589-592.
- Shahidi, F., & Ambigaipalan, P. (2015). Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects – A review. *Journal of Functional Foods*, 820-897.
- Sosa, A. (2016). *Diseño y elaboración de harina integral de calabaza “Cucurbita Lundelliana” para consumo humano*. Villahermosa, Tabasco: Instituto Tecnológico de Villahermosa.
- Sosulski, F., Garratt, M., & Slimkard, A. (1976). Functional Properties of Ten Legume Flours. *Canadian Institute of Food Science and Technology journal*, 66-69. Obtenido de <https://www.semanticscholar.org/paper/Functional-Properties-of-Ten-Legume-Flours-Sosulski-Garratt/be2bfe7b1ed34ac42f2d3e0ac8c4f0e00187621f>
- Terranut. (05 de Marzo de 2020). *Harina keto de Calabaza*. Obtenido de <https://www.terranut.cl/producto/harina-de-calabaza/>
- TIA. (2021). *Tipos de harina de trigo y diferentes variantes para su consumo*. Monterrey, Nuevo León: Ingredientes alimenticios S.A.
- Tropico. (2019). *Taxonomia Calabaza*. Missouri Botanical Garden. Obtenido de <https://www.google.com/search?q=tropico+taxonomia&oq=tropico+taxonomia>
- Umaña, J., Lopera, S., & Gallardo, C. (2013). caracterización de harinas alternativas de origen vegetal con potencial aplicación en la formulación. *Alimentos de hoy*, 50-103.
- USDA. (2018). *Passion-fruit juice, yellow, raw*. USA: U.S. Department of Agriculture. Obtenido de <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/169110/nutrients>
- Valdivia, S., Alaníz, K., & Reyes, E. (2022). Evaluación de factores que inciden en el proceso de deshidratación solar térmica. *Revista Científica de FAREM-Estelí.*, 11-42. doi:<https://doi.org/10.5377/farem.v11i42.14699>
- Valencia, F. T., García, J. L., & Muñoz, J. S. (2020). *Análisis de eficiencia de molienda seca sag para una mena de sulfuros*. Azuay, Ecuador: Universidad del Azuay.

- Valentas, K., Levine, L., & Clark, J. (2020). *Food Processing Operations and Scale-Up*.
Obtenido de
https://www.researchgate.net/publication/343293328_Food_Processing_Operations_and_Scale-Up
- Vallejo, F., & Estrada, E. (2004). *Producción de hortalizas en de clima cálido* (Vol. 5. El cultivo del Zapallo (Cucurbita Moschata) y (Cucurbita Maxima)). (M. Rangel, Ed.) Colombia: Universidad Nacional de Colombia .
- Wang, J., Sun, B., Cao, Y., Tian, Y., & Li, X. (2008). Optimisation of ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds from wheat bran. *Food Chemistry*, 804-810.
- Whitaker, T. (1962). *Cucurbits*. University Press: London.
- Wú Guin, S., & Alvarado de la Fuente, F. (2021). *Agroecología y alimentación saludable*. La Victoria, Lima: Red de Agricultura Ecológica del Perú. Consorcio Agroecológico Peruano. Obtenido de <https://consorcioagroecologico.pe/wp-content/uploads/2021/12/COMPILACION-DE-LIBROS-CAP.pdf>

CAPÍTULO VII

ANEXOS

Anexo 1.

Recepción y pesado



Figura 9. *Recepción de las variedades de calabaza*



Figura 10. *Pesado de las calabazas*

Anexo 2.

Extracción y pesado de las semillas

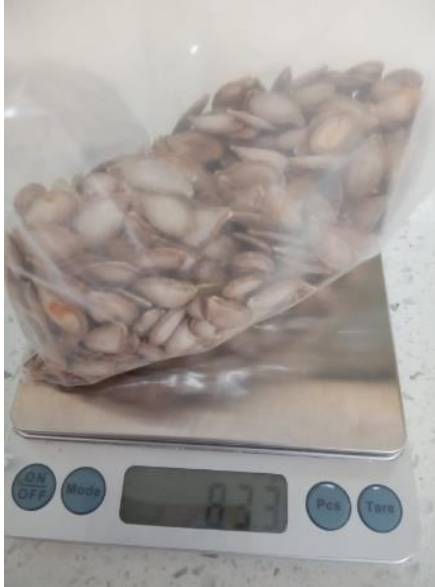


Figura 11. *Pesado de las semillas de Cucurbita foetidissima*



Figura 12. *Pesado de las semillas de Cucurbita Maxima*

Anexo 3.

Deshidratado



Figura 13. *Ingreso de las semillas a la estufa*



Figura 14. *Salida de las semillas*

Anexo 4.

Molienda y tamizado





Figura 15. *Pulverización de la semillas*



Figura 16. *Tamizado del polvo*

Anexo 5.

Preparación y análisis de la muestra



Figura 17. *Pesado de la muestra*



Figura 18. *Esterilización de crisoles para análisis de humedad y ceniza*

Anexo 6.

Análisis de fibra y proteína



Figura 19 . *Determinación de la fibra*



Figura 20. *Obtención de la proteína*

Anexo 7.

Análisis microbiológicos



Figura 21. *Preparación de la muestra*



Figura 22. *Agar con las muestras*

