

UNIVERSIDAD JUÁREZ DEL ESTADO DE DURANGO

FACULTAD DE MEDICINA Y NUTRICIÓN

**“PAN DE TRIGO ENRIQUECIDO CON HARINA DE
SEMILLAS Y ORUJO DE MANZANA (*Red delicious*),
CON ALTO CONTENIDO DE FIBRA Y BAJO EN
SODIO”**

T E S I S

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADA EN NUTRICIÓN**

**P R E S E N T A:
LAURA ANDREA BERUMEN AYÓN**

**DIRECTORA DE TESIS:
DRA. EN C. SUSUKY MAR ALDANA**

VICTORIA DE DURANGO, DGO., 18 DE JUNIO DE 2026

UNIVERSIDAD JUÁREZ DEL ESTADO DE DURANGO

FACULTAD DE MEDICINA Y NUTRICIÓN

**“PAN DE TRIGO ENRIQUECIDO CON HARINA DE
SEMILLAS Y ORUJO DE MANZANA (*Red delicious*),
CON ALTO CONTENIDO DE FIBRA Y BAJO EN
SODIO”**

T E S I S

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADA EN NUTRICIÓN**

P R E S E N T A:
LAURA ANDREA BERUMEN AYÓN

DIRECTORA DE TESIS:
DRA. EN C. SUSUKY MAR ALDANA

CODIRECTORA DE TESIS:
DRA. MIRIAM HAZEL RODRÍGUEZ LÓPEZ

ASESORAS:
DRA. ZULEIMA COGOLLO MILANÉS
M.N.C. ANA LUISA FLORES ARREOLA

VICTORIA DE DURANGO, DGO., 18 DE JUNIO DE 2026

UNIVERSIDAD JUÁREZ DEL ESTADO DE DURANGO
FACULTAD DE MEDICINA Y NUTRICIÓN

DRA. MA. DEL CARMEN ROJAS GARCÍA
DIRECTORA DE LA FACULTAD DE MEDICINA Y NUTRICIÓN
UNIVERSIDAD JUÁREZ DEL ESTADO DE DURANGO
P R E S E N T E.

At'n. Dra. Karla Massiel Quiñones Martínez
Secretaria Académica
Facultad de Medicina y Nutrición

Por medio del presente nos dirigimos a Usted de la manera más atenta con la finalidad de informarle que hemos revisado y aprobado el documento de Tesis titulado **“PAN DE TRIGO ENRIQUECIDO CON HARINA DE SEMILLAS Y ORUJO DE MANZANA (*Red delicious*), CON ALTO CONTENIDO DE FIBRA Y BAJO EN SODIO”** que para obtener el grado de Licenciada en Nutrición presenta la estudiante **LAURA ANDREA BERUMEN AYÓN**, por lo cual los abajo firmantes autorizamos que el interesado inicie sus trámites de titulación.

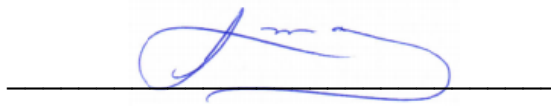
Sin más por el momento, nos despedimos de Usted, no sin antes agradecerle todas las atenciones recibidas.

A T E N T A M E N T E

Victoria de Durango, Dgo., a 29 de mayo de 2026

Dra. en C. Susuky Mar Aldana

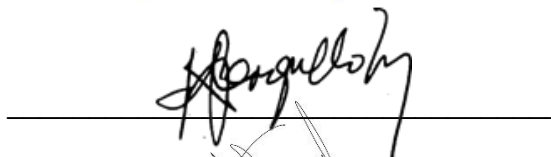
Directora de tesis



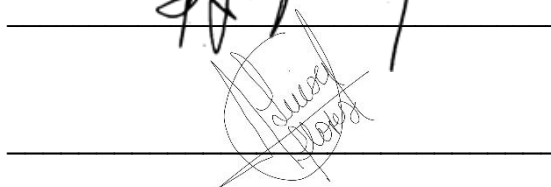
Dra. Miriam Hazel Rodríguez López
Codirectora de tesis



Dra. Zuleima Cogollo Milanés
Asesora de tesis



M.N.C. Ana Luisa Flores Arreola
Asesora de tesis



UNIVERSIDAD JUÁREZ DEL ESTADO DE DURANGO
FACULTAD DE MEDICINA Y NUTRICIÓN

DRA. MA. DEL CARMEN ROJAS GARCÍA
DIRECTORA DE LA FACULTAD DE MEDICINA Y NUTRICIÓN
UNIVERSIDAD JUÁREZ DEL ESTADO DE DURANGO
P R E S E N T E.

At'n. M.C. Jehan Calvo Cervantes
Jefa de Carrera de la Licenciatura en Nutrición

Por medio del presente nos dirigimos a Usted de la manera más atenta con la finalidad de informarle que hemos revisado y aprobado el documento de Tesis titulado **“PAN DE TRIGO ENRIQUECIDO CON HARINA DE SEMILLAS Y ORUJO DE MANZANA (*Red delicious*), CON ALTO CONTENIDO DE FIBRA Y BAJO EN SODIO”** que para obtener el grado de Licenciada en Nutrición presenta la estudiante **LAURA ANDREA BERUMEN AYÓN**, por lo cual los abajo firmantes autorizamos que el interesado inicie sus trámites de titulación.

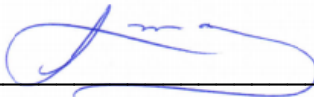
Sin más por el momento, nos despedimos de Usted, no sin antes agradecerle todas las atenciones recibidas.

A T E N T A M E N T E

Victoria de Durango, Dgo., a 29 de mayo de 2026

Dra. en C. Susuky Mar Aldana

Directora de tesis



Dra. Miriam Hazel Rodríguez López

Codirectora de tesis



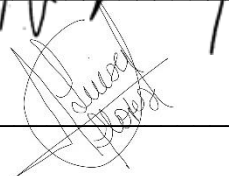
Dra. Zuleima Cogollo Milanés

Asesora de tesis



M.N.C. Ana Luisa Flores Arreola

Asesora de tesis



UNIVERSIDAD JUÁREZ DEL ESTADO DE DURANGO
FACULTAD DE MEDICINA Y NUTRICIÓN

DRA. MA. DEL CARMEN ROJAS GARCÍA
DIRECTORA DE LA FACULTAD DE MEDICINA Y NUTRICIÓN
UNIVERSIDAD JUÁREZ DEL ESTADO DE DURANGO
P R E S E N T E.

At'n. Dra. Karla Massiel Quiñones Martínez
Secretaria Académica
Facultad de Medicina y Nutrición

Me es grato comunicarle que después de revisar cuidadosamente y de discutir mis sugerencias y correcciones al documento de tesis titulado **“PAN DE TRIGO ENRIQUECIDO CON HARINA DE SEMILLAS Y ORUJO DE MANZANA (*Red delicious*), CON ALTO CONTENIDO DE FIBRA Y BAJO EN SODIO”** que para obtener el grado de Licenciada en Nutrición presenta la alumna **LAURA ANDREA BERUMEN AYÓN**, considero que la Tesis reúne los requisitos establecidos y por ello emito mi **VOTO APROBATORIO** para que se proceda a la impresión oficial del documento y se realice la réplica oral.

Agradezco de antemano la atención que se sirva prestar a la presente.

A T E N T A M E N T E

Victoria de Durango, Dgo., a 29 de mayo de 2026



DRA. MIRIAM HAZEL RODRÍGUEZ LÓPEZ
CODIRECTORA DE TESIS

c.c.p. Dra. en C. Susuky Mar Aldana. Directora de Tesis
c.c.p. Interesada
c.c.p. Archivo

UNIVERSIDAD JUÁREZ DEL ESTADO DE DURANGO
FACULTAD DE MEDICINA Y NUTRICIÓN

DRA. MA. DEL CARMEN ROJAS GARCÍA
DIRECTORA DE LA FACULTAD DE MEDICINA Y NUTRICIÓN
UNIVERSIDAD JUÁREZ DEL ESTADO DE DURANGO
P R E S E N T E.

At'n. M.C. Jehan Calvo Cervantes
Jefa de Carrera de la Licenciatura en Nutrición

Me es grato comunicarle que después de revisar cuidadosamente y de discutir mis sugerencias y correcciones al documento de tesis titulado **“PAN DE TRIGO ENRIQUECIDO CON HARINA DE SEMILLAS Y ORUJO DE MANZANA (*Red delicious*), CON ALTO CONTENIDO DE FIBRA Y BAJO EN SODIO”** que para obtener el grado de Licenciada en Nutrición presenta la alumna **LAURA ANDREA BERUMEN AYÓN**, considero que la Tesis reúne los requisitos establecidos y por ello emito mi **VOTO APROBATORIO** para que se proceda a la impresión oficial del documento y se realice la réplica oral.

Agradezco de antemano la atención que se sirva prestar a la presente.

A T E N T A M E N T E

Victoria de Durango, Dgo., a 29 de mayo de 2026



DRA. MIRIAM HAZEL RODRÍGUEZ LÓPEZ
CODIRECTORA DE TESIS

c.c.p. Dra. en C. Susuky Mar Aldana. Directora de Tesis
c.c.p. Interesada
c.c.p. Archivo

UNIVERSIDAD JUÁREZ DEL ESTADO DE DURANGO
FACULTAD DE MEDICINA Y NUTRICIÓN

DRA. MA. DEL CARMEN ROJAS GARCÍA
DIRECTORA DE LA FACULTAD DE MEDICINA Y NUTRICIÓN
UNIVERSIDAD JUÁREZ DEL ESTADO DE DURANGO
P R E S E N T E.

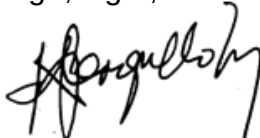
At'n. Dra. Karla Massiel Quiñones Martínez
Secretaria Académica
Facultad de Medicina y Nutrición

Me es grato comunicarle que después de revisar cuidadosamente y de discutir mis sugerencias y correcciones al documento de tesis titulado **“PAN DE TRIGO ENRIQUECIDO CON HARINA DE SEMILLAS Y ORUJO DE MANZANA (*Red delicious*), CON ALTO CONTENIDO DE FIBRA Y BAJO EN SODIO”** que para obtener el grado de Licenciada en Nutrición presenta la alumna **LAURA ANDREA BERUMEN AYÓN**, considero que la Tesis reúne los requisitos establecidos y por ello emito mi **VOTO APROBATORIO** para que se proceda a la impresión oficial del documento y se realice la réplica oral.

Agradezco de antemano la atención que se sirva prestar a la presente.

A T E N T A M E N T E

Victoria de Durango, Dgo., a 29 de mayo de 2026



DRA. ZULEIMA COGOLLO MILANÉS
ASESORA DE TESIS

c.c.p. Dra. en C. Susuky Mar Aldana. Directora de Tesis
c.c.p. Interesada
c.c.p. Archivo

UNIVERSIDAD JUÁREZ DEL ESTADO DE DURANGO
FACULTAD DE MEDICINA Y NUTRICIÓN

DRA. MA. DEL CARMEN ROJAS GARCÍA
DIRECTORA DE LA FACULTAD DE MEDICINA Y NUTRICIÓN
UNIVERSIDAD JUÁREZ DEL ESTADO DE DURANGO
P R E S E N T E.

At'n. M.C. Jehan Calvo Cervantes
Jefa de Carrera de la Licenciatura en Nutrición

Me es grato comunicarle que después de revisar cuidadosamente y de discutir mis sugerencias y correcciones al documento de tesis titulado **“PAN DE TRIGO ENRIQUECIDO CON HARINA DE SEMILLAS Y ORUJO DE MANZANA (*Red delicious*), CON ALTO CONTENIDO DE FIBRA Y BAJO EN SODIO”** que para obtener el grado de Licenciada en Nutrición presenta la alumna **LAURA ANDREA BERUMEN AYÓN**, considero que la Tesis reúne los requisitos establecidos y por ello emito mi **VOTO APROBATORIO** para que se proceda a la impresión oficial del documento y se realice la réplica oral.

Agradezco de antemano la atención que se sirva prestar a la presente.

A T E N T A M E N T E

Victoria de Durango, Dgo., a 29 de mayo de 2026



DRA. ZULEIMA COGOLLO MILANÉS
ASESORA DE TESIS

c.c.p. Dra. en C. Susuky Mar Aldana. Directora de Tesis
c.c.p. Interesada
c.c.p. Archivo

UNIVERSIDAD JUÁREZ DEL ESTADO DE DURANGO
FACULTAD DE MEDICINA Y NUTRICIÓN

DRA. MA. DEL CARMEN ROJAS GARCÍA
DIRECTORA DE LA FACULTAD DE MEDICINA Y NUTRICIÓN
UNIVERSIDAD JUÁREZ DEL ESTADO DE DURANGO
P R E S E N T E.

At'n. Dra. Karla Massiel Quiñones Martínez
Secretaria Académica
Facultad de Medicina y Nutrición

Me es grato comunicarle que después de revisar cuidadosamente y de discutir mis sugerencias y correcciones al documento de tesis titulado **“PAN DE TRIGO ENRIQUECIDO CON HARINA DE SEMILLAS Y ORUJO DE MANZANA (*Red delicious*), CON ALTO CONTENIDO DE FIBRA Y BAJO EN SODIO”** que para obtener el grado de Licenciada en Nutrición presenta la alumna **LAURA ANDREA BERUMEN AYÓN**, considero que la Tesis reúne los requisitos establecidos y por ello emito mi **VOTO APROBATORIO** para que se proceda a la impresión oficial del documento y se realice la réplica oral.

Agradezco de antemano la atención que se sirva prestar a la presente.

A T E N T A M E N T E

Victoria de Durango, Dgo., a 29 de mayo de 2026



M.N.C. ANA LUISA FLORES ARREOLA
ASESORA DE TESIS

c.c.p. Dra. en C. Susuky Mar Aldana. Directora de Tesis
c.c.p. Interesada
c.c.p. Archivo

Av. Universidad esquina con Fanny Anitua s/n. C.P. 34000, Durango, Dgo, México.
Teléfono (618) 827 13 80 Extensión 5941 www.famen.ujed.mx

UNIVERSIDAD JUÁREZ DEL ESTADO DE DURANGO
FACULTAD DE MEDICINA Y NUTRICIÓN

DRA. MA. DEL CARMEN ROJAS GARCÍA
DIRECTORA DE LA FACULTAD DE MEDICINA Y NUTRICIÓN
UNIVERSIDAD JUÁREZ DEL ESTADO DE DURANGO
P R E S E N T E.

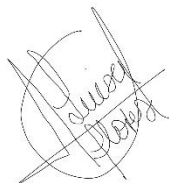
At'n. M.C. Jehan Calvo Cervantes
Jefa de Carrera de la Licenciatura en Nutrición

Me es grato comunicarle que después de revisar cuidadosamente y de discutir mis sugerencias y correcciones al documento de tesis titulado **“PAN DE TRIGO ENRIQUECIDO CON HARINA DE SEMILLAS Y ORUJO DE MANZANA (*Red delicious*), CON ALTO CONTENIDO DE FIBRA Y BAJO EN SODIO”** que para obtener el grado de Licenciada en Nutrición presenta la alumna **LAURA ANDREA BERUMEN AYÓN**, considero que la Tesis reúne los requisitos establecidos y por ello emito mi **VOTO APROBATORIO** para que se proceda a la impresión oficial del documento y se realice la réplica oral.

Agradezco de antemano la atención que se sirva prestar a la presente.

A T E N T A M E N T E

Victoria de Durango, Dgo., a 29 de mayo de 2026



M.N.C. ANA LUISA FLORES ARREOLA
ASESORA DE TESIS

c.c.p. Dra. en C. Susuky Mar Aldana. Directora de Tesis
c.c.p. Interesada
c.c.p. Archivo

DEDICATORIA

Dedico esta tesis, con todo el amor a mis papás, Melecio Berumen Veliz y Sandra Luz Ayón Lugo, por su amor incondicional, su guía constante y apoyo en cada paso de mi vida. Gracias por ser el pilar fundamental que me ha sostenido en momentos difíciles, por creer en mí, por su entrega y cuidado que me inspiran a seguir adelante. Este trabajo es un reflejo de su esfuerzo, enseñanza y de la confianza que siempre me han brindado. Con todo mi corazón, gracias por estar ahí, hoy y siempre.

AGRADECIMIENTOS

A mi directora de tesis, Dra. Susuky Mar Aldana, quiero expresar mi profundo agradecimiento por guiarme a lo largo de este proyecto. Además de ser mi guía en la elaboración de esta tesis, me ha brindado la oportunidad de realizar el servicio social de pasante y ha abierto las puertas para mi aprendizaje de manera integral. Agradezco la dedicación y entusiasmo que transmite en sus clases. Su entrega y su vocación se hacen presentes en cada enseñanza y en cada ánimo.

A mi familia, nuevamente gracias: a mi mamá Sandra Luz Ayón Lugo, mi papá Melecio Berumen Veliz y a mis hermanas Melissa Guadalupe Berumen Ayón y Sandra Edith Berumen Ayón, por ser mi mayor apoyo en cada proyecto que surge en mi vida. Su respaldo incondicional me fortalece y me inspira a perseguir mis metas con confianza. Deseo que estas palabras les hagan sentir lo presentes que están en mi vida y en este logro.

A mis compañeros de carrera, gracias por su compañerismo y por enriquecer mi formación: su cercanía, sus ideas y su apoyo constante han sido un motor a lo largo de toda la trayectoria. En especial, quiero agradecer a Adriana, quien a pesar de la distancia ha sabido escucharme cuando lo he necesitado y ha estado presente a lo largo de estas etapas en mi formación.

A mis compañeras de laboratorio, Natalia y Geraldine, quienes están en el mismo proceso y con quienes he compartido este recorrido. Su compañía en el laboratorio ha hecho agradable cada paso y, a la vez, ha sido una fuente de aprendizaje.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. ANTECEDENTES.....	3
2.1. Pan.....	3
2.1.1. Tipos de pan	3
2.1.1.1. Pan común	3
2.1.1.2. Pan especial.....	4
2.1.2. Materias primas del pan.....	4
2.1.2.1. Harina	5
2.1.2.2. Agua.....	5
2.1.2.3. Sal	5
2.1.2.4. Levadura.....	6
2.1.2.5. Otros ingredientes.....	6
2.1.3. Elaboración del pan.....	6
2.1.3.1. Sistemas de elaboración.....	6
2.1.3.2. Proceso de elaboración	7
2.1.4. Consumo de pan en México	8
2.1.5. Precios de panes integrales comerciales.....	9
2.1.6. Contenido nutrimental de panes comerciales	10
2.1.7. Situación nutricia en México	12
2.1.7.1. Obesidad y consumo de alimentos ultraprocesados en México.....	12
2.1.7.2. Hipertensión y consumo de sal.....	13
2.1.7.3. Consumo de fibra en México	14
2.1.8. Preferencia de productos más saludables.....	14
2.2. Trigo.....	15

2.2.1. Usos.....	16
2.2.2. Productos a base de harina trigo	16
2.2.3. Producción de trigo	16
2.2.4. Harina de trigo	17
2.2.5. Composición nutrimental de la harina de trigo.....	17
2.2.5.1. Principales componentes del trigo	18
2.2.5.1.1. Gluten	18
2.2.5.1.2. Almidón	18
2.2.6. Costos	19
2.3. Manzana	19
2.3.1. Productos a base de manzana	20
2.3.2. Producción de manzana	20
2.3.3. Composición nutrimental de la manzana	20
2.3.4. Residuos agroindustriales de la manzana	21
2.3.5. Harina de orujo de manzana.....	22
2.3.6. Composición nutrimental de la harina de orujo de manzana	22
2.4. Quinoa	23
2.4.1. Productos a base de quinoa.....	23
2.4.2. Producción de quinoa	23
2.4.3. Composición nutrimental de la quinoa.....	24
2.4.4. Costos	25
2.5. Chía.....	26
2.5.1. Productos a base de chía	26
2.5.2. Producción de chía.....	27
2.5.3. Costos	27

2.5.4. Composición nutrimental de la chía	27
2.6. Avena.....	28
2.6.1. Producción de avena.....	29
2.6.2. Harina de avena	29
2.6.3. Costos	29
2.6.4. Composición nutrimental de la avena	30
2.7. Linaza	32
2.7.1. Productos a base de linaza.....	32
2.7.2. Producción de linaza.....	32
2.7.3. Costos	32
2.7.4. Composición nutrimental de la linaza	33
2.8. Objetivos de desarrollo sostenible	33
2.9. Declaraciones Nutrimentales	34
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	36
IV. JUSTIFICACIÓN	38
V. OBJETIVOS	41
5.1. OBJETIVO GENERAL	41
5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	41
VI. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	42
VII. HIPÓTESIS.....	43
VIII. MATERIALES Y MÉTODOS	44
8.1. Diseño de estudio.....	44
8.2. Estrategia de Muestreo	44
8.3. Grupos de Estudio.....	44
8.4. Universo de estudio	44

8.5. Tiempo de Estudio.....	44
8.6. Tamaño de muestra.....	44
8.7. Tipo de muestra.....	44
8.8. Criterios de Selección	44
8.8.1. Criterios de inclusión	44
8.8.2. Criterios de exclusión	45
8.8.3. Criterios de eliminación	45
8.9. Variables de Estudio	45
8.10. Instrumentos empleados	49
8.11. Procedimiento.....	50
8.12. Recolección de datos.....	53
8.13. Análisis bromatológico de los alimentos	57
8.13.1 Determinación de humedad.....	57
8.13.2 Determinación de cenizas.....	57
8.13.3 Determinación de proteína cruda.....	58
8.13.4 Determinación de extracto etéreo	58
8.13.5 Determinación de fibra cruda	58
8.13.6 Determinación de extracto libre de nitrógeno	58
8.13.7 Determinación del contenido de sodio	59
8.14. Normatividad.....	59
IX. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	61
X. CONSIDERACIONES ÉTICAS.....	62
XI. RESULTADOS	65
XII. DISCUSIÓN.....	87
XIII. CONCLUSIONES.....	92

XIV. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	94
XV. GLOSARIO.....	102
XVI. ANEXOS.....	105
16.1. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	105
16.2. EVIDENCIA FOTOGRÁFICA.....	108

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1. Pesaje de ingredientes	108
Ilustración 2. Activación de la levadura.....	108
Ilustración 3. Mezcla de levadura, azúcar y harina de trigo	109
Ilustración 4. Deshidratación de orujo de manzana (sin semillas)	109
Ilustración 5. Orujo de manzana (sin semillas) deshidratada.....	109
Ilustración 6. Panes de semillas	110
Ilustración 7. Panes de semillas y orujo de manzana de manzana	110
Ilustración 8. Matraces titulados por triplicado	111
Ilustración 9. Matraz para determinación de proteínas	111
Ilustración 10. Titulación de la muestra para determinación de proteína.....	112
Ilustración 11. Destilación de la muestra para determinación de proteínas	112
Ilustración 12. Proceso de extracción de grasa	113

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Proceso de elaboración del pan	7
Tabla 2. Precio de panes industriales tipo integrales	10
Tabla 3. Precio de panes tipo bolillo o telera.....	10
Tabla 4. Nutrimientos en 100 g de pan de 12 granos y semillas.....	11
Tabla 5. Nutrimientos en 100 g de pan integral con linaza	11
Tabla 6. Nutrimientos en 100 g de pan integral	11
Tabla 7. Nutrimientos en 100 g de pan multigranos thins	12
Tabla 8. Contenido nutrimental de la harina de trigo en 20 gramos.....	17
Tabla 9. Aminoácidos en el trigo	18
Tabla 10. Costos de harinas de trigo comerciales	19
Tabla 11. Contenido nutrimental de la manzana en 139 gramos	21
Tabla 12. Contenido nutrimental de la harina de orujo de manzana.....	22
Tabla 13. Contenido nutrimental de la quinoa en 20 g de producto	24
Tabla 14. Aminoácidos de la quinoa	24
Tabla 15. Costos de diferentes marcas de quinoa.....	26
Tabla 16. Costos de diferentes marcas de chía	27
Tabla 17. Contenido nutrimental de la chía en 49 g de producto	28
Tabla 18. Costos de diferentes marcas de avena.....	30
Tabla 19. Contenido nutrimental de la avena en 27 gramos.....	30
Tabla 20. Costos de diferentes marcas de linaza	32
Tabla 21. Contenido nutrimental de la linaza en 48 g de producto	33
Tabla 22. Variables	45
Tabla 23. Ingredientes y cantidades del pan de semillas.....	51
Tabla 24. Ingredientes y cantidades del pan de harina de orujo de manzana y semillas	53
Tabla 25. Resultados de las pruebas bromatológicas por triplicado del pan de manzana y semillas.....	70
Tabla 26. Resultados de las pruebas bromatológicas por triplicado del pan de semillas	70
Tabla 27. Contenido nutrimental del pan de manzana y semillas en 100 g	71

Tabla 28. Contenido nutrimental del pan de semillas en 100 g.....	71
Tabla 29. Comparación del contenido nutrimental con panes comerciales por 100 g ..	71
Tabla 30. Edad.....	72
Tabla 31. Género	72
Tabla 32. Ocupación	72
Tabla 33. ¿Cuál de los siguientes alimentos acostumbras consumir como acompañamiento habitual durante tus comidas principales?	73
Tabla 34. ¿Con qué frecuencia consumes pan blanco (telera o bolillo)?.....	74
Tabla 35. Al añadir un nuevo alimento a tu dieta habitual ¿a qué factor le das más importancia?	74
Tabla 36. Nutricionalmente hablando ¿a cuál de los siguientes puntos le das mayor importancia en tu dieta?	75
Tabla 37. Precio de los ingredientes por unidad	84
Tabla 38. Precio del pan de semillas	84
Tabla 39. Precio del pan de harina de orujo de manzana.....	84
Tabla 40. Contenido de sodio de los ingredientes	85
Tabla 41. Contenido de sodio en 100 g de pan de semillas.....	85
Tabla 42. Contenido de sodio en 100 g de pan de manzana y semillas	86
Tabla 43. Comparación de contenido de sodio con panes comerciales en 100 g.....	86
Tabla 44. Cronograma de actividades agosto-diciembre 2025	105
Tabla 45. Cronograma de actividades enero-mayo 2026	106

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfico 1.	Apariencia muestra # 1	76
Gráfico 2.	Color muestra # 1.....	76
Gráfico 3.	Sabor muestra # 1.....	77
Gráfico 4.	Sabor residual muestra # 1	77
Gráfico 5.	Aroma muestra # 1.....	78
Gráfico 6.	Textura de la miga muestra # 1.....	78
Gráfico 7.	Textura de la corteza muestra # 1.....	79
Gráfico 8.	Aceptabilidad muestra # 1.....	79
Gráfico 9.	Apariencia muestra # 2	80
Gráfico 10.	Color muestra # 2.....	80
Gráfico 11.	Sabor muestra # 2.....	81
Gráfico 12.	Sabor residual muestra # 2	81
Gráfico 13.	Aroma muestra #2.....	82
Gráfico 14.	Textura de la miga muestra # 2.....	82
Gráfico 15.	Textura de la corteza muestra # 2.....	83
Gráfico 16.	Aceptabilidad muestra # 2.....	83

ABREVIATURAS

CANAINPA	Cámara Nacional de la Industria Panificadora
CHO	Carbohidratos
Dis.	Disponibles
ENSANUT	Encuesta Nacional de Salud y Nutrición
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
g	Gramos
ha	Hectárea
HC	Carbohidratos
Kcal	Kilocalorías
Kg	Kilogramos
L	Litros
LDL	Lipoproteínas de baja densidad
mg	Miligramos
mL	Mililitros
NOM	Norma Oficial Mexicana
OMS	Organización Mundial de la Salud
SMAE	Sistema Mexicano de Alimentos Equivalentes

RESUMEN

Introducción. En México existe una alta prevalencia de enfermedades crónicas no transmisibles, como la obesidad e hipertensión, relacionadas con un elevado consumo de alimentos ultraprocesados que contienen aditivos, conservadores y grasas; además, se caracterizan por su bajo valor nutrimental. El pan, al ser un alimento de consumo frecuente, representa una oportunidad de mejora en su aporte nutrimental a través de la inclusión de ingredientes con un aporte significativo de fibra, grasas saludables, proteínas y compuestos bioactivos con efectos positivos en la salud.

Objetivo. Desarrollar un pan de trigo enriquecido con harina de semillas y harina de orujo de manzana (*Red delicious*), con alto contenido de fibra y bajo en sodio.

Materiales y métodos. Se realizó un diseño experimental en el que se elaboraron dos formulaciones de pan con sustitución parcial de harina de trigo por harina de chía, quinoa, avena, linaza y orujo de manzana en distintas combinaciones. Se efectuó el análisis proximal por triplicado y se evaluó la aceptabilidad mediante un instrumento sensorial aplicado a 130 participantes en ambas muestras, finalmente, el análisis de la información se llevó a cabo con el software estadístico SPSS, versión 26.

Resultados. El pan con orujo de manzana presentó mayor contenido calórico (341 kcal/100 g), de lípidos (19.8%) y de fibra (11.9%) en comparación con el pan de semillas (333 kcal/100 g, 15.9% y 8.0%, respectivamente). Ambos panes mostraron contenido proteico similar (9.7% y 9.2%). El contenido de carbohidratos fue menor en el pan con orujo de manzana (30.9%) respecto al de semillas (38.2%). Ambas formulaciones tuvieron buena aceptación, con mayor preferencia por el pan de semillas.

Discusión y conclusiones. El presente trabajo evidencia que el enriquecimiento del pan de trigo con ingredientes como semillas y orujo de manzana representa una alternativa viable para mejorar el perfil nutrimental al incrementar el contenido de fibra y proteína, así como al reducir el porcentaje de sodio y carbohidratos disponibles. Además, los productos desarrollados mostraron buena aceptación por parte de los consumidores. No obstante, se identificaron algunas limitaciones tecnológicas derivadas de la sustitución de la harina de trigo y de las características de los ingredientes empleados, particularmente en aspectos como el color y la textura. Por otra parte, el precio denota

una alternativa viable, ya que productos similares en el mercado (panes integrales) presentan costos comparables; sin embargo, los panes desarrollados ofrecen un mayor beneficio nutrimental.

Referencias. Shamah-Levy T, Lazcano-Ponce EC, Cuevas-Nasu L, Romero-Martínez M, Gaona-Pineda EB, Gómez-Acosta LM, y colsl. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición Continua 2023. Resultados Nacionales. Primera edición. Reveles Francisco, Tlapale Vázquez Ana, Mendoza Fernanda, editores. Cuernavaca, México: Instituto Nacional de Salud Pública; 2024.

Ng CY, Wang M. The functional ingredients of quinoa (*Chenopodium quinoa*) and physiological effects of consuming quinoa: A review. *Food Frontiers*. el 1 de septiembre de 2021;2(3):329–56. doi:10.1002/fft2.109.

Motyka S, Skala E, Ekiert H, Szopa A. Health-promoting approaches of the use of chia seeds. *Journal of Functional Foods*. el 8 de abril de 2023;103. doi:10.1016/j.jff.2023.105480.

Rodríguez Casallas Simón Santiago. Caracterización nutricional de semillas de calabaza y linaza molida para su integración en el diseño de barras de cereal. [Bogotá, Colombia]: Universidad de los Andes; 2022.

Cruz Guerrero Alma E., Alatorre Santamaria Sergio. La importancia de la avena en la salud. *Revista de Educación en ciencias e Ingeniería*. enero de 2023;70–4.

Palabras clave. *Pan, harina de trigo, chía, quinoa, linaza, avena, manzana, orujo de manzana, fibra dietaria, sal.*

ABSTRACT

Introduction. Mexico faces a high prevalence of non-communicable chronic diseases, including obesity and hypertension, which have been associated with the increased consumption of ultra-processed foods rich in additives, preservatives, and fats, as well as their generally low nutritional quality. Due to its widespread consumption, bread represents an excellent vehicle for nutritional improvement through the incorporation of ingredients that provide dietary fiber, healthy fats, proteins, and bioactive compounds with potential health-promoting effects.

Objective. To develop a wheat bread enriched with seed flours and apple pomace flour (Red Delicious), characterized by a high fiber content and reduced sodium content.

Materials and Methods. An experimental study was conducted in which two bread formulations were developed through the partial substitution of wheat flour with chia, quinoa, oat, flaxseed, and apple pomace flours in different combinations. Proximate composition analyses were performed in triplicate, and product acceptability was assessed using a sensory evaluation instrument administered to 130 participants for both formulations. Data analysis was carried out using IBM SPSS Statistics version 26.

Results. The apple pomace bread exhibited higher energy content (341 kcal/100 g), lipid content (19.8%), and dietary fiber content (11.9%) compared with the seed-enriched bread (333 kcal/100 g, 15.9%, and 8.0%, respectively). Both formulations showed similar protein contents (9.7% and 9.2%). Carbohydrate content was lower in the apple pomace bread (30.9%) than in the seed-enriched bread (38.2%). Both products demonstrated favorable consumer acceptance; however, the seed-enriched bread received higher preference ratings.

Discussion and Conclusions. The findings of this study demonstrate that the enrichment of wheat bread with seeds and apple pomace constitutes a feasible strategy for improving its nutritional profile by increasing dietary fiber and protein content while reducing sodium levels and available carbohydrates. Furthermore, both formulations achieved satisfactory consumer acceptance. Nevertheless, certain technological limitations associated with wheat flour substitution and the physicochemical characteristics of the incorporated ingredients were identified, particularly regarding color

and texture attributes. From an economic perspective, the developed products showed costs comparable to those of commercially available whole-grain breads, while offering superior nutritional benefits.

References. Shamah-Levy T, Lazcano-Ponce EC, Cuevas-Nasu L, Romero-Martínez M, Gaona-Pineda EB, Gómez-Acosta LM, y cols. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición Continua 2023. Resultados Nacionales. Primera edición. Reveles Francisco, Tlapale Vázquez Ana, Mendoza Fernanda, editores. Cuernavaca, México: Instituto Nacional de Salud Pública; 2024.

Ng CY, Wang M. The functional ingredients of quinoa (*Chenopodium quinoa*) and physiological effects of consuming quinoa: A review. *Food Frontiers*. el 1 de septiembre de 2021;2(3):329–56. doi:10.1002/fft2.109.

Motyka S, Skala E, Ekiert H, Szopa A. Health-promoting approaches of the use of chia seeds. *Journal of Functional Foods*. el 8 de abril de 2023;103. doi:10.1016/j.jff.2023.105480.

Rodríguez Casallas Simón Santiago. Caracterización nutricional de semillas de calabaza y linaza molida para su integración en el diseño de barras de cereal. [Bogotá, Colombia]: Universidad de los Andes; 2022.

Cruz Guerrero Alma E., Alatorre Santamaria Sergio. La importancia de la avena en la salud. *Revista de Educación en ciencias e Ingeniería*. enero de 2023;70–4.

Keywords. *Bread, wheat flour, chia, quinoa, flaxseed, oats, apple, apple pomace, dietary fiber, salt.*

I. INTRODUCCIÓN

La alimentación constituye uno de los determinantes más relevantes en la prevención y desarrollo de enfermedades crónicas no transmisibles, las cuales representan actualmente una de las principales causas de morbilidad a nivel mundial. En México, la elevada prevalencia de sobrepeso, obesidad, diabetes mellitus tipo 2 e hipertensión arterial refleja un entorno alimentario caracterizado por el consumo frecuente de productos con alta densidad energética, elevado contenido de sodio y bajo aporte de fibra dietaria (1,2). De acuerdo con la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición, estas condiciones afectan a una proporción significativa de la población adulta, consolidando a las enfermedades crónicas no transmisibles como un problema prioritario de salud pública (1).

Entre los factores asociados al alto desarrollo de enfermedades crónicas no transmisibles, destaca el consumo elevado de alimentos procesados y ultraprocesados, los cuales suelen contener altos niveles de sodio, azúcares añadidos y grasas, así como una baja concentración de nutrientes esenciales (2). En este contexto, el pan sobresale como un alimento de particular interés debido a su amplio consumo en la dieta mexicana, con una ingesta per cápita aproximada de 33.5 kilogramos al año. Su accesibilidad, bajo costo relativo y versatilidad lo convierten en un componente habitual de la alimentación cotidiana; sin embargo, muchas de sus presentaciones comerciales presentan un perfil nutrimental limitado, derivado del uso de harinas refinadas y la adición de ingredientes que reducen su calidad nutricional (3,4).

El enriquecimiento del pan de trigo con ingredientes vegetales, en este caso harina de semillas como la chía, linaza, quinoa, avena u orujo de manzana, permite incrementar el contenido de fibra, proteínas de alta calidad y ácidos grasos esenciales.

Las semillas como chía, quinoa, linaza y avena destacan por su contenido de fibra dietaria, ácidos grasos esenciales, proteínas de buena calidad y compuestos bioactivos con efectos positivos en la salud cardiovascular, digestiva y metabólica (5–8). La fibra dietaria desempeña un papel fundamental en la salud intestinal debido a su interacción

con el microbiota. Diversos tipos de fibra son fermentados por microorganismos intestinales, favoreciendo el crecimiento de bacterias benéficas, así como la producción de ácidos grasos de cadena corta. Estos metabolitos participan en la regulación del metabolismo energético, la respuesta inmunológica, la integridad de la barrera intestinal y los procesos inflamatorios (9).

Por su parte, el orujo de manzana, subproducto de la industria agroalimentaria, constituye una fuente rica en fibra insoluble, polifenoles y antioxidantes, lo que convierte el orujo de manzana en un ingrediente con potencial para la elaboración de alimentos innovadores y sostenibles (10).

Desde el punto de vista tecnológico, la selección de chía, quinoa, avena, linaza y orujo de manzana respondió tanto a razones nutricionales como funcionales. Asimismo, se mantuvo un porcentaje de harina de trigo debido a que las proteínas formadoras de gluten presentes en este cereal son fundamentales para el desarrollo de la estructura de la masa, la retención de gases durante la fermentación y la obtención de un volumen adecuado en el pan. Los ingredientes adicionados permiten incrementar el contenido de fibra y proteína del pan, al mismo tiempo de aportar características tecnológicas específicas. La chía, avena y linaza contribuyen a la retención de agua y a la estabilidad de la masa gracias a la presencia de β -glucanos y mucílagos; la quinoa favorece el enriquecimiento proteico; mientras que el orujo de manzana incrementa el contenido de fibra y compuestos antioxidantes. Adicionalmente, la chía y la linaza contienen cantidades importantes de lípidos ricos en ácidos grasos insaturados, los cuales contribuyen a mejorar la textura y suavidad del producto, permitiendo sustituir otras fuentes de grasa o aceites que son utilizados comúnmente en panificación (11–13).

El presente trabajo tiene como propósito desarrollar un pan de trigo enriquecido con harina de chía, quinoa, linaza, avena y orujo de manzana, con el objetivo de incrementar el contenido de fibra dietaria sin aumentar la cantidad de carbohidratos disponibles, además de reducir el sodio presente en el producto, contribuyendo así a la innovación en alimentos, a la promoción de una alimentación más saludable en la población mexicana y también al cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible.

II. ANTECEDENTES

2.1. Pan

De acuerdo con la NOM-247-SSA1-2008, el pan blanco se define como el producto que resulta de hornear una masa obtenida de harina fermentada, agua, sal, acondicionadores y mejoradores de masa, adicionado o no con aceites y grasas comestibles, leche, otros ingredientes y aditivos para alimentos (14).

De acuerdo con El Economista, el mercado del pan en México ha mostrado un crecimiento sostenido en los últimos años, consolidándose como un elemento esencial en la dieta de la población (3).

2.1.1. Tipos de pan

Los productos de panificación son aquellos elaborados mediante la cocción u horneado de la masa fermentada, preparada con harina de trigo, agua potable, sal yodada, azúcar, manteca, levadura y, en su caso, salvado, esencia de frutas u otros ingredientes opcionales y aditivos permitidos para alimentos (15). De acuerdo con los ingredientes utilizados en su elaboración, el pan puede clasificarse en diferentes tipos.

2.1.1.1. Pan común

Se define como el de consumo habitual en el día, elaborado con harina de trigo, sal, levadura y agua, al que se le pueden añadir ciertos coadyuvantes tecnológicos y aditivos autorizados (16). Dentro de esta clasificación se incluyen:

-Pan bregado

De miga dura, español o candeal, es el elaborado con cilindros refinadores (16).

-Pan de flama

De miga blanda, es el obtenido con una mayor proporción de agua que el pan bregado y normalmente no necesita del uso de cilindros refinadores en su elaboración (16).

2.1.1.2. Pan especial

Es aquel que, por su composición, por incorporar algún aditivo o coadyuvante especial, por el tipo de harina, por otros ingredientes especiales (leche, huevos, grasas, cacao, etc.), por no llevar sal, por no haber sido fermentado, o por cualquier otra circunstancia autorizada, no corresponde a la definición básica de pan común (16). Como ejemplos de estos panes se pueden encontrar:

-Pan integral

Es aquel en cuya elaboración se utiliza harina integral, es decir, la obtenida por trituración del grano completo, sin superar ninguna parte de este (16).

-Pan de Viena

También conocido como pan francés, es el pan de flama que entre sus ingredientes incluye azúcares, leche o ambos a la vez (16).

-Pan de molde

También conocido como americano, es el pan de corteza blanda en cuya cocción se emplean moldes (16).

-Pan de cereales

Es el elaborado con harina de trigo más otra harina en proporción no inferior al 51%. Recibe el nombre de este último cereal. Ejemplo pan de centeno, pan de maíz, etc. (16).

-Pan de huevo, pan de leche, pan de miel y pan de pasas, etc.

Son panes especiales a los que se añade alguna de estas materias primas, recibiendo su nombre de la materia prima añadida (16).

2.1.2. Materias primas del pan

De acuerdo con las definiciones anteriores las materias primas utilizadas en la elaboración del pan son harina, agua, sal, levadura y otros componentes, utilizando los primeros 4 componentes nos conduciría a la elaboración de pan común, la ausencia de

alguna de ellas o la inclusión de algún componente especial llevaría a la elaboración de pan especial (16).

2.1.2.1. Harina

La determinación harina, sin otro calificativo, designa exclusivamente el producto obtenido de la molienda del endospermo del grano de trigo limpio. Si se trata de otros granos de cereales o de leguminosas hay que indicarlo, por ejemplo, harina de maíz, harina de cebada, etc. Si en la harina aparece no solo el endospermo, sino todos los componentes del grano se llama harina integral (16).

El 85% de las proteínas de la harina de trigo son Gliadinas y Gluteninas, proteínas insolubles que en conjunto reciben el nombre de gluten debido a su capacidad para aglutinarse cuando se las mezcla con agua dando una red o malla. Esta propiedad que poseen las proteínas del trigo y que (salvo raras excepciones como el centeno) no poseen las proteínas de otros cereales, es la que hace panificable la harina de trigo y la que proporciona las características plásticas de la masa de pan (16).

2.1.2.2. Agua

Es el segundo componente mayoritario de la masa y es el que hace posible el amasado de la harina. El agua hidrata la harina facilitando la formación del gluten, con ello y con el trabajo mecánico del amasado se le confieren a la masa sus características plásticas: la cohesión, la elasticidad, la plasticidad y la tenacidad o nervio. La presencia de agua en la masa también es necesaria para el desarrollo de las levaduras que han de llevar a cabo la fermentación del pan (16).

2.1.2.3. Sal

Su objetivo principal es dar sabor al pan. Además, es importante porque hace la masa más tenaz al fortalecer la red de gluten, actúa como regulador de la fermentación, favorece la coloración de la corteza durante la cocción y aumenta la capacidad de retención de agua en el pan (16,17).

2.1.2.4. Levadura

En panadería se llama levadura al componente microbiano aportado a la masa con el fin de hacerla fermentar de modo que se produzca etanol y CO₂. Este CO₂ queda atrapado en la masa la cual se esponja y aumenta de volumen. A este fenómeno se le denomina levantamiento de la masa. Los microorganismos presentes en la levadura son principalmente levaduras que son las responsables de la fermentación alcohólica, pero también se pueden encontrar bacterias que actúan durante la fermentación dando productos secundarios que van a conferir al pan determinadas características organolépticas, en concreto una cierta acidez (16).

2.1.2.5. Otros ingredientes

Sus objetivos son: o bien aumentar el valor nutritivo del pan o bien proporcionarle un determinado sabor. Su empleo da siempre panes especiales. Entre los más comunes: azúcares, leche, materias grasas, huevos, frutas, etc. (16).

2.1.3. Elaboración del pan

La elaboración del pan constituye un proceso complejo en el que intervienen transformaciones físicas y bioquímicas que determinan la calidad del producto final. La fermentación, realizada principalmente por levaduras y bacterias lácticas, es esencial para el desarrollo de la textura, el sabor y la conservación del pan.

En este sentido, comprender y controlar las etapas de amasado, fermentación y cocción resulta fundamental para garantizar panes con características sensoriales y nutricionales óptimas.

2.1.3.1. Sistemas de elaboración

De acuerdo con el tipo de levadura utilizada y la técnica se pueden clasificar tres sistemas de elaboración del pan:

a) Directo

Es el menos frecuente y se caracteriza por utilizar exclusivamente levadura comercial. Requiere un periodo de reposo de la masa de unos 45 minutos antes de la división de esta. No es útil en procesos mecanizados con división automática volumétrica (16).

b) Mixto

Es el sistema más frecuente en la elaboración de pan común. Utiliza simultáneamente masa madre (levadura natural) y levadura comercial. Requiere un reposo previo a la división de la masa de sólo 10–20 minutos. Es el más recomendable cuando la división de la masa se hace por medio de divisora volumétrica (16).

c) Esponja

Es el sistema universalmente empleado en la elaboración de pan francés y sobre todo en la de pan de molde. Consiste en elaborar una masa líquida (esponja) con el 30 – 40% del total de la harina, la totalidad de la levadura (comercial) y tantos litros de agua como kilos de harina. Se deja reposar unas horas, se incorpora el resto de la harina y del agua y a partir de ahí se procede como en el método directo (16).

2.1.3.2. Proceso de elaboración

De acuerdo con las particularidades de cada pan y sistema utilizado el proceso de elaboración del pan será distinto, sin embargo, el proceso de su elaboración en general consta de 8 pasos.

Tabla 1. Proceso de elaboración del pan

Paso	Descripción
1.- Amasado	Sus objetivos son lograr la mezcla íntima de los distintos ingredientes y conseguir, por medio del trabajo físico del amasado, las características plásticas de la masa, así como su perfecta oxigenación.
2.- División y pesado	Su objetivo es dar a las piezas el peso justo.
3.- Boleado	Consiste en dar forma de bola al fragmento de masa y su objetivo es reconstruir la estructura de la masa tras la división. Puede realizarse a mano, si el tipo de pan así lo aconseja. O puede realizarse mecánicamente por medio de boleadoras siendo las más frecuentes las formadas por un cono truncado giratorio.

Paso	Descripción
4.- Reposo	Su objetivo es dejar descansar la masa para que se recupere de la desgasificación sufrida durante la división y boleado.
5.- Formado	Su objetivo es dar la forma que corresponde a cada tipo de pan. Si la pieza es redonda, el resultado del boleado proporciona ya dicha forma. Si la pieza es grande o tiene un formato especial suele realizarse a mano.
6.- Fermentación	Consiste básicamente en una fermentación alcohólica llevada a cabo por levaduras que transforman los azúcares fermentables en etanol, CO ₂ y algunos productos secundarios. En el caso de utilizar levadura de masa se producen en menor medida otras fermentaciones llevadas a cabo por bacterias. Los objetivos de la fermentación son la formación de CO ₂ , para que al ser retenido por la masa ésta se esponje, y mejorar el sabor del pan como consecuencia de las transformaciones que sufren los componentes de la harina.
7.- Corte	Operación intermedia que se hace después de la fermentación, justo en el momento en que el pan va a ser introducido en el horno. Consiste en practicar pequeñas incisiones en la superficie de las piezas. Su objetivo es permitir el desarrollo del pan durante la cocción.
8.- Cocción	Su objetivo es la transformación de la masa fermentada en pan, lo que conlleva: evaporación de todo el etanol producido en la fermentación, evaporación de parte del agua contenida en el pan, coagulación de las proteínas, transformación del almidón en dextrinas y azúcares menores y pardeamiento de la corteza.

Fuente: Mesas J y cols. El pan y su proceso de elaboración (16)

2.1.4. Consumo de pan en México

El pan ocupa un lugar muy importante dentro de la alimentación en México y forma parte de la canasta básica alimentaria de la población rural y urbana del país, consumiéndose

entre 32.3 y 65.7 g diarios de este alimento, dejando una derrama económica que oscila ventas entre 43,814.45 y 69,596.22 millones de pesos al año (17).

El consumo per cápita de pan en México es de 33.5 kilogramos al año, reflejando su papel como alimento básico en la nutrición cotidiana de la población. Su demanda se mantiene estable gracias a su accesibilidad económica y a su presencia en comidas populares como sándwiches, hamburguesas y pan dulce esenciales en la oferta de comida cotidiana (3).

De acuerdo con la Cámara Nacional de la Industria Panificadora (CANAINPA), el consumo de pan corresponde al 70% y 75% a pan blanco, y el restante 30% o 25%, respectivamente, a pan dulce, galletas y pasteles (3).

De acuerdo con un artículo donde se analizó la contribución de los alimentos a la ingesta total de energía en la dieta de los mexicanos mayores de cinco años. A nivel nacional y por grupos de población el porcentaje de contribución de pan blanco y derivados de trigo corresponde a los siguientes:

Por edad: escolares: 4.9%, adolescentes: 5.1%, Adultos: 4.8%

Por área de residencia: urbana: 5.5%, rural: 3.4%

Por región: norte: 7.1%, centro: 5.1%, sur: 3.3%

Por nivel socioeconómico: bajo: 3.7%, medio: 4.8%, alto: 6% (18).

2.1.5. Precios de panes integrales comerciales

El análisis de los precios de los panes integrales comerciales permite conocer su costo en el mercado y su accesibilidad para los consumidores. Aunque estos productos suelen considerarse más saludables que el pan blanco, su precio puede variar dependiendo de la marca y presentación. Por ello, es importante identificar estas diferencias para contar con un punto de comparación que permita evaluar la viabilidad del producto propuesto en esta investigación.

Tabla 2. Precio de panes industriales tipo integrales

Tipo de pan	Presentación	Precio
Pan de 12 granos y semillas	Bolsa con 16 rebanadas 680 g	\$72
Pan integral con linaza	Bolsa con 21 rebanadas 610 g	\$69
Pan integral	Bolsa con 23 rebanadas 620 g	\$58
Pan de granos enteros Thins multigranos	Bolsa con 6 piezas 255 g	\$36

Tabla 3. Precio de panes tipo bolillo o telera

Tipo de pan	Presentación	Precio
Bolillo por pieza	1 pieza	\$1.90
Bolillo grande	1 pieza	\$5.00
Bolillo artesanal	1 pieza	\$3.50
Bolillo integral	1 pieza	\$3.00

2.1.6. Contenido nutrimental de panes comerciales

Estos productos suelen presentar un perfil nutricional desbalanceado debido a su contenido de carbohidratos superior al 60%, mientras que el de proteínas y fibra no suele superar el 12% y 4%, respectivamente (17).

El análisis del contenido nutrimental de los panes comerciales permite identificar la calidad nutricional de estos productos que forman parte del consumo habitual de la población. A través de la revisión de sus ingredientes y composición, es posible evaluar su aporte de energía, macronutrientes, fibra y sodio. Esta información resulta útil para compararlos con el producto desarrollado en esta investigación y determinar si es una alternativa viable.

Tabla 4. Nutrimentos en 100 g de pan de 12 granos y semillas

Tipo de pan	Energía	Grasas	Carbohidratos disponibles	Fibra	Proteína	Sodio
Pan 12 granos y semillas	257 kcal	Grasas totales: 4 g Grasas saturadas: 0.8 g Grasas trans: 11 mg	Carbohidratos disponibles: 44.6 g Azúcares: 7.2 g Azúcares añadidos: 5.8 g	4.1 g	10.6 g	424 mg

Tabla 5. Nutrimentos en 100 g de pan integral con linaza

Tipo de pan	Energía	Grasas	Carbohidratos disponibles	Fibra	Proteína	Sodio
Pan integral con linaza	261 kcal	Grasas totales: 5.7 g Grasas saturadas: 1.1 g Grasas trans: 0 mg	Carbohidratos disponibles: 39.5 g Azúcares: 5.9 g Azúcares añadidos: 4.5 g	6 g	12.8 g	277 mg

Tabla 6. Nutrimentos en 100 g de pan integral

Tipo de pan	Energía	Grasas	Carbohidratos disponibles	Fibra	Proteína	Sodio
Pan integral	218 kcal	Grasas totales: 2.9 g Grasas saturadas: 0.8 g	Carbohidratos disponibles: 37.3 g Azúcares: 8.8 g Azúcares añadidos: 1.8 g	6 g	10.6 g	580 mg

Grasas trans:
11 mg

Tabla 7. Nutrimentos en 100 g de pan multigranos thins

Tipo de pan	Energía	Grasas	Carbohidratos disponibles	Fibra	Proteína	Sodio
Pan integral	230 kcal	Grasas totales: 2.8 g Grasas saturadas: 0.6 g Grasas trans: 0 mg	Carbohidratos disponibles: 39.3 g Azúcares: 4.2 g Azúcares añadidos: 2.8 g	9.6 g	11.8 g	416 mg

2.1.7. Situación nutricia en México

La situación en nutrición en México se caracteriza por un incremento en las enfermedades crónicas no transmisibles, esto se puede asociar a cambios en los patrones de alimentación y estilos de vida. Entre los principales factores destacan el aumento en el consumo de alimentos ultraprocesados lo que conlleva a un aumento en el consumo de sodio, de alimentos con alto contenido de calorías y una disminución en el consumo de fibra. Esto tiene repercusiones incluso económicas a nivel social, en México, tratar las enfermedades crónicas no transmisibles producto del exceso de peso corporal tiene un costo estimado de \$3,500,000 de dólares al año, lo que confiere al país un grado de empobrecimiento, ya que disminuye la actividad productiva de las personas y aumentan los costos en cuestión de salud (19).

2.1.7.1. Obesidad y consumo de alimentos ultraprocesados en México

La obesidad es uno de los principales problemas de salud pública en el país. De acuerdo con la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición Continua 2023 (ENSANUT), la prevalencia combinada de sobrepeso y obesidad en adultos es del 76.2%, mientras que la obesidad

alcanza el 38.9%. Esta condición incrementa el riesgo de padecer enfermedades como diabetes tipo 2, hipertensión arterial y enfermedades cardiovasculares, lo que impacta de manera importante en la calidad de vida y la mortalidad de la población (1).

2.1.7.2. Hipertensión y consumo de sal

La hipertensión arterial es otro problema relevante en México, con una prevalencia del 31.1% en adultos, según la ENSANUT 2023. Este padecimiento se encuentra relacionado con el consumo elevado de sodio en la dieta, convirtiéndolo en un factor de riesgo para desarrollar este padecimiento (1).

Uno de los alimentos que contribuye a la ingesta de sodio es el pan, ya que durante su elaboración se añade sal como ingrediente funcional. El consumo frecuente de productos de panificación puede contribuir significativamente a la ingesta total de sodio, especialmente cuando se combina con otros alimentos procesados.

De acuerdo con estudios de calidad realizados por PROFECO, el contenido de sodio en productos de panificación puede variar considerablemente. En el caso del bolillo, se han reportado valores de hasta 0.675 g de sodio por pieza, mientras que en pan de caja el contenido puede oscilar entre aproximadamente 0.108 y 0.440 g de sodio por porción de dos rebanadas. Considerando que la sal (cloruro de sodio) se calcula multiplicando el sodio por 2.5, un bolillo puede aportar cerca de 1.7 g de sal por pieza (20).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda una ingesta máxima de sodio de 2 g al día, equivalente a aproximadamente 5 g de sal, con el objetivo de reducir el riesgo de hipertensión y enfermedades cardiovasculares. Por lo tanto, una sola pieza de pan tipo bolillo equivale a aproximadamente 34% de la ingesta diaria recomendada de sodio, lo que evidencia su impacto en la dieta cuando se consume de forma habitual o en combinación con otros alimentos procesados.

2.1.7.3. Consumo de fibra en México

El consumo de fibra dietaria en México es insuficiente en gran parte de la población. De acuerdo con la ENSANUT, menos de la mitad de los adultos consume frutas y verduras de manera regular, lo que limita la ingesta adecuada de fibra.

Una dieta baja en fibra se asocia con un mayor riesgo de obesidad, diabetes tipo 2 y enfermedades cardiovasculares. Además, la fibra cumple funciones importantes en el organismo, como mejorar el tránsito intestinal y contribuir en el control de los niveles de glucosa y colesterol (9).

Las recomendaciones internacionales de acuerdo con la OMS sugieren un consumo de fibra de entre 25 y 30 g al día en adultos. Sin embargo, la ingesta en la población mexicana se encuentra por debajo de estos valores de acuerdo con la secretaría de salud del gobierno federal en México, los adultos consumen entre 16 y 18 gramos de fibra al día, una cantidad mucho menor a la recomendada lo que resalta la necesidad de promover el consumo de alimentos ricos en fibra, como cereales integrales, leguminosas, frutas y verduras.

2.1.8. Preferencia de productos más saludables

En los últimos años, se ha observado una tendencia creciente hacia la preferencia por productos más saludables, impulsada por una mayor conciencia sobre la relación entre la alimentación y la salud. Este cambio se enmarca en la transición nutricional, caracterizada por la sustitución de alimentos tradicionales o mínimamente procesados por productos ultraprocesados, los cuales suelen contener altos niveles de azúcares, grasas y sodio, y bajo contenido de fibra y micronutrientes (21).

Diversos estudios han demostrado que el consumo frecuente de alimentos ultraprocesados se asocia con una menor calidad de la dieta y un mayor riesgo de desarrollar enfermedades crónicas no transmisibles, como obesidad, diabetes y enfermedades cardiovasculares (22). Esta evidencia ha contribuido a que los consumidores muestren un mayor interés en alimentos que aporten beneficios

nutricionales, como aquellos con mayor contenido de fibra, menor densidad energética y menor presencia de ingredientes artificiales.

No obstante, la elección de alimentos no depende únicamente de su valor nutricional, factores como el precio, la accesibilidad, la conveniencia y las preferencias sensoriales continúan influyendo de manera significativa en las decisiones de consumo. En particular, estudios en población mexicana han señalado que la disponibilidad y el costo de los alimentos condicionan la elección, favoreciendo en muchos casos el consumo de productos ultraprocesados por encima de opciones más saludables (23).

Asimismo, se ha identificado que herramientas como el etiquetado frontal nutricional pueden influir en la preferencia del consumidor, facilitando la identificación de productos con exceso de nutrimentos críticos y promoviendo decisiones de compra más saludables (24). Sin embargo, factores culturales, educativos y de percepción también pueden limitar el impacto de estas estrategias.

En este contexto, el desarrollo de productos con mejor perfil nutrimental, como aquellos con mayor contenido de fibra y menor cantidad de sodio, responde a la creciente demanda de alimentos más saludables. Este tipo de propuestas no solo busca mejorar la calidad de la dieta, sino también ofrecer alternativas accesibles y aceptables para la población.

2.2. Trigo

El trigo es una planta no perenne que pertenece a la familia de las gramíneas, produce un conjunto de frutos modificado que se fusionan con su sola semilla, en una espiga terminal y pueden ser silvestres o cultivadas (25).

Su origen data de la civilización mesopotámica, entre los valles de los ríos Tigris y Éufrates en el Medio Oriente y fueron los egipcios quienes descubrieron la fermentación del trigo y lo usaron en la elaboración de alimentos (25).

Es el segundo cereal más importante en la alimentación de los mexicanos y actualmente en nuestro país se cosechan dos tipos de trigo grano: cristalino y panificable (25).

2.2.1. Usos

El trigo se utiliza esencialmente en la producción de diversos subproductos de panificación, ya que tiene la capacidad de que en la fermentación se da un esponjamiento, propiedad que comparte en cierta medida el centeno, ya que otros granos no lo tienen (avena, sorgo, grano, maíz, arroz, etcétera) (13).

La mayor parte del trigo producido, alrededor del 95%, pertenece a la especie *Triticum aestivum* L., comúnmente conocido como trigo pan o trigo harinero. Por su parte, el trigo “durum” o trigo candeal, que se utiliza principalmente en la elaboración de pastas, representa el restante 5% del total de trigo cultivado globalmente (26).

2.2.2. Productos a base de harina trigo

El grano del trigo es utilizado para hacer harina, harina integral, sémola, cerveza y una enorme variedad de productos alimenticios desde pan y otros alimentos horneados hasta pasta, y muchos otros productos que sirven de alimento básico en todo el mundo (26).

2.2.3. Producción de trigo

Los trigos cristalinos, destinados a la fabricación de pastas alimenticias, y en los que México es excedentario, por lo que parte de la producción se usa para la alimentación pecuaria y la exportación. Se cultiva en 14 estado con una producción en 2021 de 1,782,299 toneladas, los principales estados productores son: Sonora, Baja California, Guanajuato, Sinaloa y Coahuila (25).

Los trigos panificables, están destinados a la elaboración de harina para panes y galletas, principalmente. México tiene un déficit en este tipo de grano por lo que adquiere grano suave para satisfacer las necesidades de la industria de la panificación. Se cultiva en 21 estados con una producción en 2021 1,501,315 toneladas, los principales estados productores: Sonora, Guanajuato, Michoacán, Sinaloa y Jalisco (25).

2.2.4. Harina de trigo

De acuerdo con la NOM-247-SSA1-2008 se puede definir la Harina de trigo, a la obtenida de la molienda del trigo del grano maduro, entero, quebrado, sano y seco del género *Triticum*, L; de las especies *T. vulgare*, *T. compactum* y *T. durum* o mezclas de éstas, limpio, sano en el que se elimina gran parte del salvado y germen y el resto se tritura hasta obtener un grano de finura adecuada (14).

2.2.5. Composición nutrimental de la harina de trigo

La harina de trigo constituye uno de los ingredientes básicos en la alimentación humana y en la industria panadera. Su relevancia nutricional radica en el aporte de carbohidratos complejos, principalmente almidón, que es una fuente esencial de energía. Además, contiene proteínas como las gliadinas y gluteninas, responsables de las propiedades viscoelásticas de las masas, así como pequeñas cantidades de lípidos y fibra dietaria. La harina de trigo también aporta vitaminas del grupo B y minerales como hierro, fósforo y magnesio, aunque su concentración depende del grado de refinamiento. Estas características hacen de la harina de trigo un alimento versátil, cuyo perfil nutricional influye directamente en la calidad de los productos derivados y en su impacto sobre la salud.

Tabla 8. Contenido nutrimental de la harina de trigo en 20 gramos

Nutrimento	Cantidad
Energía	71 kcal
Proteína	2 g
Lípidos	0.2 g
Carbohidratos	14.9 g
Fibra	0.5 g
Calcio	3 mg
Hierro	0.9 mg
Sodio	0.5 mg
Ácido Fólico	31 mcg

Fuente: Pérez Lizaur, Palacios Gonzales, Sistema Mexicano de Alimentos Equivalentes (SMAE) (27).

Tabla 9. Aminoácidos en el trigo

<i>Aminoácido</i>	<i>(g/100g)</i>
Lisina	2.8
Metionina	1.5
Treonina	2.8
Triptófano	1.5
Cisteína	2.2
Isoleucina	3.3
Leucina	6.7
Valina	4.4
Fenilalanina	4.5
Histidina	2.3

Fuente: Nieto Rojas, Efecto de la inclusión de harina de quinua (Chenopodium quinoa wild) y cushuro (Nostoc sphaericum) en la elaboración de pan de miga enriquecida (28)

2.2.5.1. Principales componentes del trigo

2.2.5.1.1. Gluten

El gluten es un conjunto complejo de proteínas que, a pesar de tener un bajo valor nutricional, posee múltiples propiedades tecnológicas que lo hacen idóneo para su uso en la industria alimentaria. Dentro de la manufactura de alimentos destaca su uso en la panificación ya que la calidad de los productos de este ramo está en función directa de la cantidad y calidad del gluten presente en las harinas que se usan; que a su vez está relacionado con la proporción de gliadinas y gluteninas, las cuales otorgaran propiedades de viscosidad/extensibilidad y resistencia/elasticidad respectivamente (17).

2.2.5.1.2. Almidón

El almidón es un carbohidrato que se produce en forma de gránulos intracelulares como manera de almacenamiento de nutrientes para la mayoría de las plantas, mismas que pueden depositarlo en sus semillas, raíces, hojas y frutos. Este carbohidrato es uno de los principales componentes de la alimentación humana debido a su alta biodisponibilidad y aplicaciones tecno-alimentarias (17).

El almidón se presenta en estructuras semi cristalinas, con alta densidad y solubles en agua. Su composición está dada por una mezcla de moléculas de amilosa y amilopectina en diferentes proporciones que dependerán de la planta que se estudie, aunque suelen presentarse porcentajes de 25%-30% y 75%-80%, respectivamente (17).

Este polisacárido juega un papel primordial en la elaboración de los alimentos debido a sus múltiples propiedades espesantes, gelificantes, emulsionantes y encapsulantes. Entre sus usos, el empleo del almidón en la panificación contribuye de manera funcional y sensorial, ya que mejora significativamente la textura, color, volumen y aceptabilidad general de los productos (17).

2.2.6. Costos

El análisis de los costos de la harina de trigo permite conocer su precio en el mercado. Este insumo es uno de los más utilizados, por lo que su costo influye directamente en el precio final del producto. Por ello, resulta relevante considerarlo como un punto de referencia para evaluar la viabilidad económica del producto desarrollado en esta investigación.

Tabla 10. Costos de harinas de trigo comerciales

Marca	Contenido	Precio	Precio/ 1 kg
Marca 1	1 kg	\$21.90	\$21.90
Marca 2	1 kg	\$22.50	\$22.50
Marca 3	1 kg	\$21.90	\$21.90
Marca 4	1 kg	\$18.90	\$18.90

2.3. Manzana

El manzano (*Malus domestica*) es un árbol frutal de la familia de las Rosáceas, se cultiva en diversos valles montañosos de la República Mexicana y el mundo (29).

La manzana se produce en diversos ecosistemas por la adaptabilidad que tienen sus distintas variedades. El cultivo se caracteriza por su resistencia al frío y la baja necesidad de calor y luz para su maduración, demanda una precipitación media anual de 1000 a

1500 mm para su desarrollo. Dependiendo de la variedad, puede producirse en temperaturas de -10 hasta 10 °C durante el invierno y de 15 a 30 °C durante el verano (29).

2.3.1. Productos a base de manzana

Se consume principalmente en fresco, deshidratada, y con el producto transformado se generan postres, jugos, sidra, néctares, vinagre y licores (29).

2.3.2. Producción de manzana

La producción de manzana en México pasó de 338 mil a 632 mil toneladas en el periodo de 2000 a 2021, debido al desarrollo de nuevas variedades y tecnología con mayor potencial productivo. En el mismo periodo, el consumo nacional aparente se incrementó de 522 mil a 931 mil toneladas. La producción se destina principalmente al mercado nacional y es insuficiente para cubrir la demanda; ante esto, las importaciones han crecido de 184 mil a 300 mil toneladas en el mismo periodo; éstas provienen en un 95 % de EUA. La exportación de manzana fue de 490 toneladas por lo que el saldo de comercio exterior presenta un déficit (29).

En México se ubican 15 regiones con condiciones para la producción de manzana, de las cuales las principales se localizan en el noreste del país; Chihuahua, Coahuila y Durango, en 2021 concentraron el 78.0, 7.1 y 4.5 % de la producción nacional, respectivamente. En la zona centro, Puebla es el mayor productor con el 5.4 % de la producción nacional. En el año 2021 se reportó la cosecha de 56 mil ha de manzana, de las cuales 42 mil ha fueron de riego y 14 mil ha de temporal. La producción obtenida en riego fue de 562 mil toneladas, mientras que en temporal fue de solo 69 mil toneladas (29).

2.3.3. Composición nutrimental de la manzana

La manzana (*Red delicious*) se considera una fruta diurética gracias a las concentraciones moderadas de potasio, esto la hace apropiada para pacientes con retención de líquido o hipertensión arterial. Entre las propiedades nutricionales de la manzana posee minerales (hierro, calcio, potasio, yodo, zinc, magnesio, sodio y fósforo)

y vitaminas (A, B1, B2, B3, B6, C y vitamina E). Además de los compuestos fibra, carbohidratos y proteínas (10).

Tabla 11. Contenido nutrimental de la manzana en 139 gramos

Nutrimento	Cantidad
Energía	63 kcal
Proteína	0.2 g
Lípidos	0.4 g
Carbohidratos	16.3 g
Vitamina A	5.4 mg
Ácido ascórbico	6.2 mg
Ácido Fólico	3.1 mcg
Hierro	0.2 mg
Fibra	2.9 g
Potasio	123.1 mg

Fuente: Pérez Lizaur, Palacios Gonzales, Sistema Mexicano de Alimentos Equivalentes (SMAE) (27).

2.3.4. Residuos agroindustriales de la manzana

Durante la actividad agrícola y su transformación en la industria alimentaria se generan grandes cantidades de residuos agroindustriales, tales como bagazos, cáscaras, pulpa de frutas, rastrojos, paja, hojas y tallos, entre otros. Lo anterior señala un desafío por el impacto ambiental y una oportunidad para el desarrollo económico ya que actualmente no se valoran adecuadamente. Por un lado, la mayoría de los residuos generados en campo son quemados, mientras que los producidos durante la industrialización pueden requerir gastos adicionales para su eliminación, generando impacto negativo al medio ambiente. Además, muchos de estos residuos no se someten a tratamiento previo a su liberación en el ambiente, dando lugar a la deposición de contaminantes en los ecosistemas. La incorrecta gestión de estos residuos, al ser vertidos en suelos o incinerados, produce efectos adversos sobre el medio ambiente como el aumento de la temperatura por la liberación de gases de efecto invernadero (30).

2.3.5. Harina de orujo de manzana

En el epicarpio de la manzana se puede encontrar dos tipos de fibra, la insoluble que beneficia el movimiento de los alimentos dentro del sistema digestivo y una alta concentración de fibra soluble como la pectina la cual previene la formación del colesterol, mantiene los niveles bajos de LDL (lipoproteínas de baja densidad), regula la presión arterial, elimina metales tóxicos y puede ayudar a prevenir el cáncer de colon mediante la inhibición de una enzima del sistema digestivo que se ha relacionado con la reproducción y la proliferación de las células cancerosas en el intestino grueso (10).

El ácido ursólico que se encuentra en el epicarpio de manzana puede ayudar a estimular el crecimiento muscular. Otra propiedad del uso de este ácido es incrementar la capacidad para quemar calorías, por lo que se disminuye el riesgo de la obesidad con la reducción de la glucosa en la sangre, colesterol y triglicéridos. La quercetina es un antioxidante contenido en el epicarpio, que contribuye a contrarrestar las afecciones pulmonares y daños en el tejido cerebral, también contiene flavonoides y ácidos fenólicos que le da una propiedad antioxidante (10).

2.3.6. Composición nutrimental de la harina de orujo de manzana

Se tomaron en cuenta los resultados de dos artículos que abordan el tema de la obtención de harinas a partir de residuos agrícolas de la manzana, en ambos resultados la harina de orujo de manzana resulta ser una buena fuente de fibra dietaria.

Dependiendo de la variedad, la cáscara de manzana contiene entre 40 y 50% de los polifenoles presentes en la manzana entera, y su concentración de polifenoles es a lo menos tres veces superior a la presente en la pulpa de dicho fruto (10).

Tabla 12. Contenido nutrimental de la harina de orujo de manzana

Título del artículo	Año	Resultados
Caracterización de las harinas de trigo (<i>Triticum aestivum</i>), y de residuo de naranja (<i>Citrus x aurantium</i>) y	2022	Humedad: 7.83 % Proteína: 3.55 % Grasa: 2.29% Ceniza: 1.89%

Título del artículo	Año	Resultados
de manzana (<i>Malus domestica</i>) para su aplicación en alimentos.		Carbohidratos: 92.28% Fibra dietaria total: 61.24% Fibra dietaria soluble: 21.71% Fibra dietaria insoluble: 39.55% Energía total: 430.78 kcal
Aprovechamiento de los residuos agrícolas del epicarpio de la manzana (<i>Pyrus malus linnaeus</i>) para la obtención de harina	2021	Carbohidratos: 81.73% Fibra: 20.16%

Fuente: Gloria J y cols. Caracterización de las harinas de trigo (*Triticum aestivum*), y de residuo de naranja (*Citrus x aurantium*) y de manzana (*Malus domestica*) para su aplicación en alimentos (31). Geovanny Morocho, Aprovechamiento de los residuos agrícolas del epicarpio de la manzana (*Pyrus malus linnaeus*) para la obtención de harina (10)

2.4. Quinoa

La quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) es un cultivo herbáceo dicotiledón anual de verano de la familia *Amaranthaceae*. Fue domesticado por primera vez en los países andinos de Sudamérica hace unos 7000 años (32).

2.4.1. Productos a base de quinoa

Se usan el grano, las hojas tiernas hasta el inicio de la formación de la panoja el contenido de proteínas de estas últimas alcanza hasta 33,3 % en materia seca, y con menor frecuencia las panojas tiernas. Entre los granos andinos es el de mayor versatilidad para el consumo: el grano entero, la harina cruda o tostada, hojuelas, sémola y polvo instantáneo pueden ser preparados en múltiples formas, lo cual se traduce en una enorme cantidad de recetas tanto tradicionales como innovadoras (33).

2.4.2. Producción de quinoa

En México, Aguascalientes es el principal productor de esta semilla y su volumen de producción anual alcanza las 30.80 toneladas (34)

2.4.3. Composición nutrimental de la quinoa

La semilla de quinoa es un pseudocereal conocido por su alto valor nutritivo. Además de su rico contenido en carbohidratos, es una buena fuente de proteína vegetal debido a su elevada concentración y excelente composición de aminoácidos, otros nutrientes de interés, como ácidos grasos insaturados, vitaminas y minerales, también se encuentran en la quinoa, lo que la convierte en un alimento ideal para la salud humana (5).

Tabla 13. Contenido nutrimental de la quinoa en 20 g de producto

Nutrimento	Cantidad
Energía	74 kcal
Proteínas	2.8 g
Lípidos	1.2 g
Carbohidratos	12.8 g
Fibra	1.4 g
Calcio	9.4 mg

Fuente: Pérez Lizaur, Palacios Gonzales, Sistema Mexicano de Alimentos Equivalentes (SMAE) (27).

Tabla 14. Aminoácidos de la quinoa

Aminoácido	(g/100g)
Lisina	6.38
Metionina	1.98
Treonina	3.84
Triptófano	1.42
Cisteína	2.01
Isoleucina	4.64
Leucina	7.39
Valina	6.37
Fenilalanina	4.71
Histidina	2.97

Fuente: Nieto Rojas, Efecto de la inclusión de harina de quinua (Chenopodium quinoa wild) y cushuro (Nostoc sphaericum) en la elaboración de pan de miga enriquecida (28)

Las semillas de quinoa en comparación con el trigo y el arroz, son ricas en aminoácidos limitantes como metionina, treonina, cisteína, tirosina fenilalanina y lisina. Además, las albúminas y las globulinas son proteínas significativas en la quinoa. El valor biológico de la quinoa es 73, cerca del valor biológico de vacuno, mientras que el trigo y el arroz tienen solo 49 y 56 de valor biológico, respectivamente. Un estudio demostró que la quinoa tiene una Utilización Neta de Proteínas de 75,7 y una Verdadera Digestibilidad de 91,7 (35).

Uno de los mayores retos en la utilización de harina de quinoa en crudo dentro de recetas es la presencia de factores antinutricionales. Compuestos como los fitatos, taninos, oxalatos y saponinas forman complejos insolubles con minerales esenciales como el hierro, zinc y calcio, lo disminuyen la digestibilidad de las proteínas al inhibir enzimas digestivas como la tripsina y la quimiotripsina (36).

Para la presente investigación, se optó por la utilización de una harina de quinoa comercial que cuenta con un proceso de tostado previo. Desde el punto de vista tecnológico y bromatológico, este tratamiento térmico permite:

Inactivación de factores antinutricionales y enzimáticos: El calor seco desnaturaliza parcialmente los inhibidores de proteasas y reduce la carga de fitatos, incrementando potencialmente la biodisponibilidad de las proteínas y minerales en el producto final. Asimismo, inactiva las enzimas lipasas nativas, lo que previene la hidrólisis de los ácidos grasos y evita el enranciamiento prematuro de la harina (28,36).

Optimización sensorial: El tostado induce ligeras reacciones de Maillard y la caramelización de carbohidratos simples en el grano, lo que elimina el sabor herbáceo y amargo característico de las saponinas crudas, aportando notas aromáticas que benefician el perfil organoléptico de la masa final (36).

2.4.4. Costos

El análisis de los costos de la quinoa permite conocer su comportamiento en el mercado y su disponibilidad como ingrediente en la industria alimentaria. Este pseudocereal ha ganado popularidad debido a sus propiedades nutricionales, lo que ha influido en su valor

comercial. Por ello, analizar su costo resulta fundamental para determinar su factibilidad de uso en la formulación del producto propuesto en esta investigación.

Tabla 15. Costos de diferentes marcas de quinoa

Marca	Contenido	Precio	Precio/ 1 kl
Marca 1	300 g	\$ 71	\$236
Marca 2	1 kilo	\$165	\$165
Marca 3	340 g	\$55	\$161
Marca 4	granel	--	\$100

2.5. Chía

Las semillas de chía (*Salviae hispanicae semen*) obtenidas de *Salvia hispánica L.* son una materia prima novedosa originaria de las áreas suroeste de México y Guatemala, que actualmente está ganando popularidad (6).

La *Salvia Hispanica L.* es una especie perteneciente a la familia *Lamiaceae*. El género *Salvia* incluye más de 900 especies, son una planta herbácea, que puede crecer hasta 1 m de altura. Las hojas de esta planta son alargadas y aserradas, dispuestas una frente a la otra en el tallo, y miden de 3 a 5 cm de ancho y de 4 a 8 cm de largo. Las flores miden de 3 a 4 mm, son hermafroditas, de color blanco o morado, están dispuestas en verticilos en el tallo y tienen la estructura característica de la familia *Lamiaceae* (6).

Las semillas de *S. Hispanica* pueden variar en color de blanco a gris y negro, tienen forma ovalada y miden alrededor de 2mm de largo (6).

2.5.1. Productos a base de chía

Las semillas de chía pueden ser un importante aditivo para la salud en alimentos como zumos, yogur, tartas, galletas, productos horneados, pasta, helado, postres, cereales para el desayuno e incluso salchichas y jamones, para aumentar su valor nutricional. También se dispone comercialmente de aceite de semilla de chía de grado alimentario que puede añadirse a bocadillos, ensaladas, requesón y pastas (6).

2.5.2. Producción de chía

Actualmente la superficie sembrada de chía en México es de 6 mil 238 hectáreas, distribuidas principalmente en los estados de Michoacán, Puebla, Querétaro, Zacatecas y Jalisco, con una producción de 4 mil 771 toneladas, con un valor de producción cercano a los 273 millones de pesos. Jalisco es el principal productor de este grano con 5 mil 670 hectáreas, con un rendimiento medio de 0.740 toneladas por hectárea; siendo Acatic el principal municipio productor en la región de los Altos de Jalisco (37).

2.5.3. Costos

El análisis de los costos de la chía permite conocer su valor en el mercado y su impacto como materia prima en la elaboración de productos alimentarios. Debido a su alto valor nutrimental, este ingrediente suele presentar un costo mayor en comparación con otros ingredientes tradicionales. Por ello, resulta importante considerar su precio para evaluar la viabilidad económica de su uso en el desarrollo del producto propuesto en esta investigación.

Tabla 16. Costos de diferentes marcas de chía

Marca	Contenido	Precio	Precio / 1 kl
Marca 1	320 g	\$65	\$203
Marca 2	300 g	\$73	\$243
Marca 3	1000 g	\$185	\$185
Marca 4	1000 g	\$92	\$92

2.5.4. Composición nutrimental de la chía

En comparación con otras semillas se caracteriza por una composición química con un alto valor nutricional, contiene vitaminas A, E, C, B1, B2, B3 y minerales como el calcio, fósforo, potasio y magnesio, así como también compuestos polifenólicos como ácidos fenólicos y flavonoides (6).

Tabla 17. Contenido nutrimental de la chía en 49 g de producto

Nutrimento	Cantidad
Energía	69 kcal
Proteínas	3.5 g
Lípidos	5.9 g
Carbohidratos	1.9 g
Ácido fólico	7 mcg
Calcio	6.6 mg
Potasio	80.5 mg
Sodio	12.3 mg
Fósforo	93.6 mg

Fuente: Pérez Lizaur, Palacios Gonzales, Sistema Mexicano de Alimentos Equivalentes (SMAE) (27)

Antes de incorporar la chía en productos de panificación, es importante realizar una hidratación previa de la semilla o de la harina, ya que durante este proceso se libera un mucílago con elevada capacidad de retención de agua. Este gel favorece la estabilidad de la masa y mejora características tecnológicas del pan como el volumen, la suavidad de la miga y la textura final (12). Asimismo, investigaciones más recientes han señalado que la inclusión de chía hidratada en formulaciones de pan puede contribuir a mejorar la calidad sensorial y el valor nutrimental del producto, debido a su aporte de fibra dietaria, proteínas y ácidos grasos poliinsaturados (38). Desde el punto de vista tecnológico, la hidratación previa también facilita una distribución más homogénea de la chía dentro de la masa y disminuye el endurecimiento del pan durante el almacenamiento, por lo que este tratamiento se considera recomendable antes de su incorporación en productos horneados

2.6. Avena

La avena (*Avena sativa* L.) es una planta herbácea bienal perteneciente a la familia *Poaceae*. Es uno de los cultivos representativos que crecen en condiciones climáticas frescas y húmedas. La avena tiene una forma similar a la cebada y está disponible en diferentes variedades, incluyendo avena negra, roja, amarilla y blanca. Es el sexto grano

más producido a nivel mundial, después del trigo, el maíz, el arroz, la cebada y el sorgo (39)

2.6.1. Producción de avena

La avena (*Avena sativa* L.) constituye un cultivo de importancia estratégica en México, destinado principalmente a la producción de forraje, aunque también se emplea para la obtención de grano comercial. En 2021 se reportó una superficie sembrada de 692,199 hectáreas, de las cuales aproximadamente el 93% correspondió a avena forrajera, concentrándose su producción en estados como Chihuahua, Durango, Zacatecas y Estado de México, bajo condiciones predominantemente de temporal (alrededor del 80%) (40).

Para 2024, se observó una reducción en la superficie destinada a la producción de grano, con un total de 38,159 hectáreas cosechadas y una producción de 74,602 toneladas, lo que equivale a un rendimiento promedio nacional de 2.0 toneladas/hectárea. Asimismo, el precio medio se estimó en \$6,022 MXN por tonelada, con un valor total de producción de aproximadamente \$449.3 millones de pesos (41).

2.6.2. Harina de avena

De acuerdo con la NOM-247-SSA1-2008 se puede definir a la Harina de avena, al producto resultante de la molienda del grano de avena; maduro, limpio, entero, sano y seco de la especie *Avena sativa*, L; y que además está libre de sus envolturas celulósicas (14).

2.6.3. Costos

El análisis de los costos de la avena permite identificar su accesibilidad como materia prima dentro del mercado alimentario. Este cereal es ampliamente utilizado en la industria debido a su disponibilidad y a su perfil nutricional, lo que lo convierte en un ingrediente frecuente en diversos productos. Evaluar su costo es importante para estimar su impacto en el precio final y su conveniencia dentro del desarrollo del producto propuesto en esta investigación.

Tabla 18. Costos de diferentes marcas de avena

Marca	Presentación	Precio	Precio/ 1 kl
Marca 1	Harina de avena 1 kg	\$69	\$69
Marca 2	Hojuelas de avena 1 kg	\$36	\$36
Marca 3	Hojuelas de avena 300 g	\$18	\$60
Marca 4	Hojuelas de avena 1 kg	\$25	\$25

2.6.4. Composición nutrimental de la avena

La avena (*Avena sativa*) es un cereal ampliamente reconocido por su valor nutricional y sus beneficios para la salud. Su composición destaca por el aporte equilibrado de carbohidratos complejos, proteínas de buena calidad y una fracción significativa de fibra soluble, especialmente betaglucanos, asociados con la regulación del colesterol y la glucosa en sangre. También, contiene vitaminas del grupo B, minerales como hierro, magnesio y zinc, así como compuestos bioactivos con potencial antioxidante. Estas características convierten a la avena en un alimento funcional de interés tanto en la nutrición clínica como en la prevención de enfermedades crónicas.

Tabla 19. Contenido nutrimental de la avena en 27 gramos

Nutrimento	Cantidad
Energía	65 kcal
Proteína	4.6 g
Lípidos	1.9 g
Carbohidratos	17.6 g
Fibra	4.1 g
Calcio	15.5 mg
Hierro	1.4 mg
Sodio	0.9 mg

Fuente: Pérez Lizaur, Palacios Gonzales, Sistema Mexicano de Alimentos Equivalentes (SMAE) (27)

Los betaglucanos son polímeros lineales compuestos de unidades de D-glucosa unidos por medio de enlaces glucosídicos tipo β . Pueden encontrarse en una amplia variedad

de fuentes naturales como levaduras y setas, cuyos enlaces son de tipo β -(1 $\rightarrow$ 3) y β -(1 $\rightarrow$ 6), mientras que los encontrados en cereales como la avena y la cebada presentan enlaces β -(1 $\rightarrow$ 3) y β -(1 $\rightarrow$ 4) (8).

Los β -glucanos tienen la capacidad de retener agua, formando geles viscosos en el tracto gastrointestinal. Esto retrasa el vaciamiento gástrico e interfiere con la actividad de las enzimas pancreáticas. De esta forma la digestión y la absorción de nutrientes se ralentiza y aumenta la excreción de los ácidos biliares. Lo que ayuda a controlar el peso corporal (8).

Los β -glucanos de la avena estimulan selectivamente el crecimiento de la microbiota intestinal. Se ha comprobado también que estos oligosacáridos disminuyen los niveles de colesterol en la sangre, lo cual juega un papel importante en la prevención de enfermedades cardiovasculares. Asimismo, influyen de manera positiva en el metabolismo de la glucosa, por lo que implica una ventaja especial para pacientes que sufren de diabetes mellitus tipo II y síndrome metabólico. En particular, la viscosidad que se genera con los β -glucanos se relaciona con la disminución de la concentración de glucosa después de las comidas, mejorando la resistencia a la insulina. Además, los β glucanos podrían tener un efecto anticancerígeno al reducir los compuestos que son agentes causantes de cáncer de colon (8).

Otro componente bioactivo de la avena son los avenantramidas que son compuestos antioxidantes formados por un ácido antranílico unido con un enlace peptídico a un ácido hidroxicinámico, solo se encuentran en la avena. Su actividad antioxidante es 10 a 30 veces mayor que la de otros compuestos fenólicos. Asimismo, poseen propiedades antiinflamatorias y disminuye la aterosclerosis. También ayudan a controlar la presión arterial al producir óxido nítrico, el cual es un gas que favorece la dilatación de los vasos sanguíneos. Las avenantramidas también ayudan a reducir la irritación de la piel (8).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda que el consumo diario de avena debe variar entre los 25 y los 30 g, es decir, aproximadamente tres o cuatro cucharadas al día y de preferencia, que siempre este cocida para aprovechar todos sus nutrientes.

2.7. Linaza

La linaza o lino (*Linum usitatissimum*) de la familia *Linaceace*, es una planta de cultivo de flor azul muy versátil, se considera como una planta de cultivo de doble propósito debido a sus principales productos, la fibra y la semilla (7).

2.7.1. Productos a base de linaza

Desde hace muchos años, la fibra se ha convertido en hilo, que sirvió como una fuente importante para la fabricación de textiles, la pulpa es utilizada para la elaboración de papel y plástico, mientras que las semillas han sido prensadas para obtener aceite extraíble con diferentes usos incluidos la producción de biodiesel y consumo humano. Al mismo tiempo de ser utilizadas en la construcción como aislante térmico la planta de linaza se ha utilizado en su totalidad aprovechando sus propiedades (7).

2.7.2. Producción de linaza

Según datos de la secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, Canadá es el mayor productor de linaza del mundo mientras que en México es el estado de México el que destaca en la producción de linaza, son casi 2 mil toneladas (42).

2.7.3. Costos

El análisis del costo de la linaza permite valorar su posición en el mercado como ingrediente. Su contenido de compuestos bioactivos ha incrementado su uso en la industria alimentaria, lo que puede influir en su precio. Por ello, su evaluación es relevante para estimar su efecto en la formulación y en la viabilidad económica del producto.

Tabla 20. Costos de diferentes marcas de linaza

Marca	Presentación	Precio	Precio/ 1 kl
Marca 1	Semillas de linaza 320 g	\$33.50	\$104.68
Marca 2	Linaza molida 500 g	\$47	\$94
Marca 3	Linaza molida 1 kg	\$99.50	\$99.50
Marca 4	Linaza a granel 1 kg	\$31	\$31

2.7.4. Composición nutrimental de la linaza

La linaza está constituida por ocho aminoácidos esenciales (isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptófano y valina), carbohidratos, vitaminas, minerales, fibra cruda y ácidos grasos omega-3 y omega-6 (7).

Tabla 21. Contenido nutrimental de la linaza en 48 g de producto

Nutrimento	Cantidad
Energía	256 kcal
Proteínas	8.8 g
Lípidos	20.2 g
Carbohidratos	13.9 g
Fibra	13.1 g
Calcio	122.4 mg

Fuente: Pérez Lizaur, Palacios Gonzales, Sistema Mexicano de Alimentos Equivalentes (SMAE) (27)

2.8. Objetivos de desarrollo sostenible

Los objetivos de desarrollo sostenible fueron adoptados por las Naciones Unidas en 2015 como una convocatoria universal para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y garantizar que para 2030 todas las personas disfruten de paz y prosperidad (43).

Los objetivos son 17, sin embargo, esta investigación se relaciona particularmente con el objetivo de Desarrollo Sostenible 2: Hambre Cero, el cual no solo plantea la erradicación del hambre, sino también la mejora de la calidad de la alimentación y la promoción de sistemas alimentarios sostenibles (44).

Uno de los principales problemas de nutrición no es únicamente la desnutrición ni la disponibilidad de alimentos, sino su calidad en nutrientes. En México, el problema de malnutrición se ha caracterizado por distintos factores entre ellos se encuentra el consumo elevado de productos ultraprocesados, con alto contenido de sodio, azúcares, grasas saturadas o trans, bajo aporte de fibra y micronutrientes. Esta situación contribuye

al desarrollo de enfermedades crónicas no transmisibles, lo cual significa una carga importante para los sistemas de salud.

Debido a esto la reformulación o innovación de alimentos de consumo diario, como el pan, se convierte en una estrategia factible para mejorar la calidad de la dieta sin requerir cambios drásticos en los hábitos alimentarios de la población. La propuesta de sustituir parcialmente la harina de trigo por harinas de semillas y harina de orujo de manzana permite incrementar el contenido de fibra dietaria, de proteína y disminuir el contenido de sodio, contribuyendo a una alimentación más equilibrada.

De igual forma, este trabajo se relaciona con el objetivo 12: Producción y consumo responsables, al incorporar el aprovechamiento de subproductos agroindustriales como el orujo de manzana, ya que favorece la reducción del desperdicio de alimentos. Esto no solo tiene beneficios ambientales, sino que también puede representar una opción económicamente viable para la industria alimentaria (45).

2.9. Declaraciones Nutrimientales

De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-051-SCFI/SSA1-2010, las declaraciones nutrimentales son aquellas que describen el nivel de un nutrimento contenido en un alimento, incluyendo expresiones como alto contenido de fibra o bajo en sodio. De igual manera, esta norma establece que toda declaración de propiedades nutrimentales debe sujetarse a lo dispuesto en la NOM-086-SSA1-1994, la cual define los criterios específicos para el uso de estas denominaciones en productos alimenticios (46,47).

En relación con el contenido de sodio, la NOM-086-SSA1-1994 clasifica los productos con menor contenido de sodio en diferentes categorías. Un alimento puede denominarse reducido en sodio cuando el contenido de sodio es al menos 25% menor en comparación con el producto original o con un producto similar de referencia. También, se pueden encontrar otras clasificaciones; como bajo en sodio, cuando el alimento contiene ≤ 140 mg de sodio por porción, y muy bajo en sodio, cuando contiene ≤ 35 mg por porción. Estas especificaciones tienen como finalidad orientar al consumidor hacia opciones

alimentarias con menor aporte de sodio, nutrimento cuyo consumo excesivo se asocia con enfermedades cardiovasculares e hipertensión arterial (47).

Por otra parte, la NOM-051-SCFI/SSA1-2010 señala que la fibra dietaria debe declararse obligatoriamente dentro de la información nutrimental de los alimentos preenvasados, además de reconocer expresiones como “alto contenido de fibra” dentro de las declaraciones de propiedades nutrimentales permitidas. La fibra dietaria se define como polímeros de carbohidratos no hidrolizados por las enzimas del intestino delgado humano y que presentan efectos fisiológicos benéficos para la salud (46).

En términos nutrimentales, un producto puede considerarse de “alto contenido de fibra” cuando aporta una cantidad significativa de fibra dietaria en comparación con los valores nutrimentales de referencia establecidos para la población mexicana. La NOM-051-SCFI/SSA1-2010 establece una ingestión diaria sugerida de 30 g de fibra dietaria para adultos, por lo que los alimentos con elevado aporte de este componente pueden contribuir favorablemente al funcionamiento gastrointestinal, al control glucémico y a la disminución del riesgo de enfermedades crónicas no transmisibles (46,47).

De acuerdo con los lineamientos internacionales del Codex Alimentarius utilizados como referencia en el etiquetado nutrimental, un alimento puede declararse como “fuente de fibra” cuando contiene al menos 3 g de fibra dietética por cada 100 g de producto, mientras que la declaración “alto en fibra” requiere un contenido mínimo de 6 g por cada 100 g. Estos criterios son utilizados como base para las declaraciones nutrimentales contempladas en la regulación mexicana de etiquetado de alimentos (48).

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En México la población adolescente tiene una prevalencia de sobrepeso de 21.4% y de un 16.7% de obesidad, estas cifras aumentan cuando se habla de la población adulta en donde la prevalencia combinada de sobrepeso y obesidad es de 76.3% (1). De acuerdo con la ENSANUT 2023 se ha documentado que, en las últimas décadas, algunas de las comorbilidades asociadas a la obesidad contribuyen en gran porcentaje de mortalidad, discapacidad. Debido a esto, actualmente la obesidad es considerada uno de los principales problemas de salud pública en el país.

Estas enfermedades están relacionadas o tienen entre sus factores de riesgo tanto factores genéticos como hábitos de actividad física y alimentarios como un consumo excesivo de sodio, o el consumo de productos comestibles y bebidas ultraprocesadas que se encuentran relacionados con una profunda transformación del sistema alimentario (2). Estos alimentos son productos industriales que contienen ingredientes refinados y aditivos. En México el consumo de alimentos ricos en energía no esenciales equivale al 26% de la ingesta energética total y se asocia con una menor calidad nutricional de la dieta (49).

El consumo per cápita de pan en México es de 33.5 kilogramos al año, reflejando su papel como alimento básico en la alimentación cotidiana (3). Sin embargo, en el proceso de fabricación del pan blanco se comienza por moler el grano de trigo y tamizarlo, proceso en el cual se elimina la cáscara; el salvado. Al mismo tiempo, se reduce el contenido de germen de trigo; el núcleo del grano de trigo rico en vitaminas minerales y fibra vegetal, por lo tanto, al consumir pan elaborado con harinas blancas refinadas baja el aporte de proteínas de proteínas, vitaminas y minerales, convirtiéndolo en un ejemplo de alimento ultraprocesado esto en conjunto a la incorporación de emulsionantes, conservadores y grasas en su formulación. Numerosas investigaciones han señalado que la creciente disponibilidad y consumo de alimentos ultraprocesados se asocia directamente con el incremento de enfermedades crónicas no transmisibles como la obesidad, la diabetes tipo 2 y la hipertensión arterial, fenómenos que representan importantes retos para los sistemas de salud pública (4).

Es en respuesta a esta problemática que en esta investigación se explorará la incorporación de ingredientes ricos en fibra en la elaboración del pan, buscando mejorar el perfil nutricional sin comprometer la aceptabilidad, esto con la sustitución parcial de harina de trigo por harina de quinoa, chía, linaza, avena y orujo de manzana, ya que incrementan el contenido de fibra dietaria, aportan ácidos grasos esenciales y proteínas de alta calidad, además de mejorar la saciedad y reducir el impacto glucémico, e incorporar el aprovechamiento de subproductos agroindustriales como el orujo de manzana, presentando una estrategia sostenible, contribuyendo a la reducción del desperdicio alimentario y al desarrollo de alimentos con calidad nutricional.

IV. JUSTIFICACIÓN

Las enfermedades crónicas no transmisibles constituyen uno de los principales desafíos de salud pública a nivel mundial (1). Diversas investigaciones han demostrado que patrones alimentarios caracterizados por un bajo consumo de fibra dietética y una elevada ingesta de alimentos elaborados con harinas refinadas se asocian con un mayor riesgo de obesidad, diabetes mellitus tipo 2 y enfermedades cardiovasculares (9). En este contexto, existe un creciente interés por desarrollar alimentos funcionales que se adapten a las demandas de los consumidores y que contribuyan en la mejora y bienestar de la población.

El consumo per cápita de pan en México es de 33.5 kilogramos al año, reflejando su papel como alimento básico en la alimentación cotidiana. (3). Estos productos no solo han ganado presencia en el mercado, sino que se han convertido en elementos centrales de la alimentación cotidiana gracias a una combinación de factores como su alta rentabilidad, larga vida de anaquel, bajo costo relativo y el despliegue de estrategias para crear conexiones significativas con las personas que priorizan la conveniencia, la accesibilidad y el placer sensorial por encima de su valor nutricional (4).

Los productos de panificación representan una de las categorías alimentarias de mayor consumo a nivel mundial y, por ello, son un medio adecuado para la incorporación de ingredientes con propiedades funcionales. De acuerdo a algunas investigaciones los productos horneados son vehículos idóneos para incrementar la ingesta de fibra dietética, debido a su amplia aceptación y frecuencia de consumo. Además, la incorporación de fuentes alternativas de fibra en productos de panificación ha demostrado mejorar el valor nutricional de los alimentos y favorecer el desarrollo de productos con potencial impacto positivo en la salud de los consumidores (50).

Es ante esta situación que se propone en esta investigación como una opción viable las semillas de chía para enriquecer el pan de trigo, las semillas de chía son ricas en grasas, contienen principalmente ácidos grasos esenciales, que son grasas que el cuerpo necesita, pero no puede producir por sí mismo (6). Además de ser una buena fuente de

fibra ya que su contenido de fibra varía de 34 a 40 g/100 g de muestra seca equivalente al 100% de la recomendación diaria para la población adulta (6).

Por su parte, los granos de quinoa son una buena fuente de proteínas vegetales debido a su elevada concentración y excelente composición de aminoácidos, conjuntamente es rica en fibra en comparación con otros cereales como el arroz y el maíz (5).

La avena es una fuente de compuestos bioactivos como flavonoides, ácidos fenólicos, fitoesteroles, saponinas esteroideas y compuestos antioxidantes, en particular de las características más destacables es que es una fuente de fibra dietaria principalmente de B- glucanos (8).

La linaza es generalmente baja en carbohidratos, no obstante, es la semilla con mayor contenido de fibra dietaria junto a la semilla de chía, en el caso de la linaza, el aceite contiene entre 52-57% de ácido graso alfa-linolénico (ALA), el cual es el principal ácido graso omega-3 y evidencia científica sugiere que su ingesta puede ayudar a problemas cardiovasculares, enfermedades inmunológicas y tratamientos frente la diabetes, entre otros beneficios (7).

Por su parte, el aprovechamiento de subproductos agroindustriales constituye una de las tendencias actuales en investigación alimentaria debido a su contribución a la sostenibilidad. En este sentido, el orujo de manzana representa una fuente importante de fibra dietética, compuestos fenólicos y otros compuestos bioactivos que pueden ser incorporados en alimentos para incrementar su valor nutricional. Se destaca que la utilización de orujo de manzana en formulaciones alimentarias no solo mejora el contenido de fibra y antioxidantes, sino que también contribuye a la valorización de residuos agroindustriales que tradicionalmente son considerados desechos (51).

La fibra dietaria tiene múltiples beneficios para la salud, al ser fermentada por la microbiota intestinal, produce ácidos grasos de cadena corta (como acetato, propionato y butirato) que regulan el metabolismo, fortalecen el sistema inmune y protegen la mucosa intestinal. Sus propiedades fisicoquímicas; solubilidad, viscosidad y capacidad fermentable influyen en la diversidad y abundancia de bacterias benéficas, favoreciendo un equilibrio intestinal saludable. Igualmente, la fibra contribuye a mejorar la salud

digestiva y acelerar el tránsito intestinal. De manera indirecta, impacta positivamente en la salud cardio metabólica, ayuda a prevenir enfermedades gastrointestinales funcionales y participa en la comunicación del eje cerebro, intestino y microbiota, con efectos potenciales en la memoria, el aprendizaje y la regulación emocional (9).

La novedad de esta investigación radica en la utilización simultánea de diversos ingredientes funcionales y de un subproducto agroindustrial en una sola formulación de pan. Aunque existen estudios que han evaluado individualmente el uso de chía, quinoa, linaza, avena u orujo de manzana en productos de panificación, son limitadas las investigaciones que analizan de manera conjunta el efecto de estos ingredientes sobre la composición proximal, las propiedades tecnológicas y la aceptabilidad por parte del consumidor del producto final. Por ello, este trabajo genera evidencia científica acerca de la viabilidad de formular panes con un porcentaje mayor de fibra y reducción en el contenido de sodio mediante el uso combinado de ingredientes funcionales.

V. OBJETIVOS

5.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un pan de trigo enriquecido con harina de semillas y orujo de manzana (*Red delicious*), con alto contenido de fibra y bajo en sodio.

5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Seleccionar los ingredientes adecuados para la formulación del pan de trigo enriquecido con harina de semillas y orujo de manzana (*Red delicious*), con alto contenido de fibra y bajo en sodio.
- Determinar la proporción correcta a utilizar de harina de trigo, harina de semillas y orujo de manzana (*Red delicious*) en el pan.
- Realizar pruebas bromatológicas para determinar porcentajes de humedad, sólidos totales, cenizas, extracto etéreo, proteína cruda, fibra cruda y carbohidratos presentes en el pan de trigo enriquecido con harina de semillas y orujo de manzana (*Red delicious*), con alto contenido de fibra y bajo en sodio.
- Estimar el contenido de sodio del pan de trigo enriquecido con harina de semillas y orujo de manzana (*Red delicious*), con alto contenido de fibra y bajo en sodio, utilizando como referencia el Sistema Mexicano de Alimentos Equivalentes.
- Evaluar y comparar el perfil nutricional del pan de trigo enriquecido con harina de semillas y orujo de manzana (*Red delicious*), con alto contenido de fibra y bajo en sodio con el pan comercial.
- Analizar la aceptabilidad del pan de trigo enriquecido con harina de semillas y orujo de manzana (*Red delicious*), con alto contenido de fibra y bajo en sodio, mediante pruebas hedónicas sensoriales.
- Calcular el costo de elaboración del pan de trigo enriquecido con harina de semillas y orujo de manzana (*Red Delicious*), con alto contenido de fibra y bajo en sodio, a partir del análisis de los ingredientes empleados en su elaboración.

VI. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿El pan de trigo desarrollado, enriquecido con harina de semillas y orujo de manzana (*Red delicious*) presenta un alto contenido de fibra y es bajo en sodio?

VII. HIPÓTESIS

7.1. HIPÓTESIS ALTERNA (H_1)

El pan de trigo desarrollado, enriquecido con harina de semillas y orujo de manzana (*Red delicious*), tiene un alto contenido de fibra y es bajo en sodio.

7.2. HIPÓTESIS NULA (H_0)

El pan de trigo desarrollado, enriquecido con harina de semillas y orujo de manzana (*Red delicious*), no tiene un alto contenido de fibra y no es bajo en sodio.

VIII. MATERIALES Y MÉTODOS

8.1. Diseño de estudio

Experimental.

8.2. Estrategia de Muestreo

Aplicación de prueba hedónica sensorial aleatorio a estudiantes de la facultad de medicina y nutrición y de la facultad de ciencias químicas del estado de Durango.

8.3. Grupos de Estudio

Adultos mayores de 18 años del estado de Durango.

8.4. Universo de estudio

Estudiantes de la facultad de medicina y nutrición y facultad de ciencias químicas del estado de durango.

8.5. Tiempo de Estudio

Agosto 2025 – junio 2026

8.6. Tamaño de muestra

130 sujetos.

8.7. Tipo de muestra

No probabilística intencional.

8.8. Criterios de Selección

8.8.1. Criterios de inclusión

- Adultos mayores de 18 años del estado de Durango
- Aceptan participar de forma voluntaria

- Firmen carta de consentimiento informado

8.8.2. Criterios de exclusión

- Intolerancia o alergia a algún ingrediente del pan de trigo enriquecido con harina de semillas y harina de orujo de manzana (*Red delicious*), con alto contenido de fibra y bajo en sodio.
- Personas menores de dieciocho años.

8.8.3. Criterios de eliminación

- Personas que no estén de acuerdo en participar.
- Participantes que decidan retirarse voluntariamente del estudio en cualquier momento.
- Personas que no completen correctamente los instrumentos de evaluación.

8.9. Variables de Estudio

Tabla 22. Variables

Variable	Definición operacional	Tipo	Escala de medición
Persona adulta	Persona a partir de los 18 años y hasta los 59 años.	Cuantitativa discreta	Años cumplidos
Edad	Tiempo que ha vivido una persona.	Cuantitativa discreta	Años cumplidos
Sexo	Condición orgánica, masculina o femenina.	Cualitativa nominal dicotómica	Masculino Femenino
Pan blanco	Producto de panificación elaborado principalmente a partir de harina de trigo refinada, agua, levadura y sal,	Cuantitativa Discreta y continua	Pieza y gramos

	caracterizado por su color claro, textura suave.		
Trigo	Cereal perteneciente al género <i>Triticum</i> , ampliamente cultivado a nivel mundial, utilizado principalmente para la producción de harina destinada a la elaboración de alimentos como pan, pastas y productos de panificación.	Cuantitativa Continua	Gramos
Harina de trigo	La obtenida de la molienda del trigo del grano maduro, entero, quebrado, y seco del género <i>Triticum</i> , L; de las especies <i>T. vulgare</i> , <i>T. compactum</i> y <i>T. durum</i> o mezclas de éstas, limpio, en el que se elimina gran parte del salvado y germen y el resto se tritura hasta obtener un grano de finura adecuada.	Cuantitativa Continua	Gramos
Quinoa	Pseudocereal (<i>Chenopodium quinoa</i>) originario de la región andina, reconocido por su alto valor nutricional, ya que aporta proteínas de buena calidad, fibra, vitaminas y minerales.	Cuantitativa Continua	Gramos
Chía	Semilla comestible de la planta <i>Salvia hispanica</i> , originaria de Mesoamérica, reconocida por su alto contenido de fibra, ácidos grasos omega-3, proteínas y antioxidantes.	Cuantitativa Continua	Gramos
Avena	Cereal perteneciente al género <i>Avena</i> , ampliamente consumido por su alto valor nutricional, caracterizado por su contenido de fibra soluble (especialmente	Cuantitativa Continua	Gramos

	betaglucanos), proteínas, vitaminas y minerales.		
Linaza	Semilla de la planta <i>Linum usitatissimum</i> , utilizada en la alimentación por su contenido de fibra, ácidos grasos omega-3 y compuestos bioactivos como lignanos.	Cuantitativa Continua	Gramos
Manzana	Fruto comestible del árbol <i>Malus doméstica</i> , ampliamente consumido por su contenido de agua, fibra (especialmente pectina), vitaminas y compuestos antioxidantes.	Cuantitativa Continua y discreta	Pieza y gramos
Orujo de manzana	Residuo sólido obtenido tras la extracción del jugo de manzana, compuesto principalmente por cáscara, pulpa y semillas. Se caracteriza por su contenido de fibra dietaria y compuestos bioactivos.	Cuantitativa Continua	Gramos
Harina de orujo de manzana	Producto obtenido a partir del secado y molienda del orujo de manzana, caracterizado por su contenido de fibra dietaria y compuestos bioactivos.	Cuantitativa Continua	Gramos
Fibra cruda	Fracción de la fibra dietaria determinada mediante métodos químicos que cuantifican principalmente celulosa y lignina, tras someter el alimento a tratamientos ácidos y alcalinos	Cuantitativa Continua	Gramos
Proteína	Medida del contenido total de proteínas en un alimento, estimada a partir de la cantidad de nitrógeno presente mediante métodos analíticos como Kjeldahl. Incluye tanto proteínas verdaderas como otros	Cuantitativa Continua	Gramos

	compuestos nitrogenados, por lo que representa una aproximación del contenido proteico total.		
Humedad	Cantidad de agua presente en un alimento, expresada generalmente como porcentaje de su peso total. Este parámetro es importante porque influye en la textura, estabilidad, vida útil y susceptibilidad al crecimiento microbiano del producto.	Cuantitativa Continua	Porcentaje
Sólidos totales	Fracción de un alimento que permanece después de eliminar el contenido de agua, compuesta por nutrientes como proteínas, grasas, carbohidratos, minerales y fibra. Se expresa generalmente como porcentaje y es un indicador de la concentración de materia seca del producto.	Cuantitativa Continua	Porcentaje
Cenizas	Residuo inorgánico que queda después de la incineración completa de un alimento a altas temperaturas, representando el contenido total de minerales presentes en el mismo. Se expresa generalmente como porcentaje y es un indicador del aporte mineral del producto.	Cuantitativa Continua	Porcentaje
Extracto etéreo	Fracción de un alimento obtenida mediante la extracción con solventes orgánicos (como éter), que representa principalmente el contenido de grasas y otros compuestos liposolubles. Se utiliza	Cuantitativa Continua	Porcentaje Gramos

	como indicador del contenido total de lípidos en el análisis bromatológico.		
Carbohidratos totales	Conjunto de compuestos orgánicos presentes en los alimentos que incluyen azúcares, almidones y fibra, los cuales constituyen una de las principales fuentes de energía para el organismo. Generalmente se determinan por diferencia en el análisis proximal, restando del total los contenidos de proteína, grasa, humedad y cenizas.	Cuantitativa Continua	Porcentaje Gramos
Carbohidratos disponibles	Fracción de los carbohidratos que es digerible y absorbible por el organismo, incluyendo azúcares y almidones, y que contribuye directamente al aporte energético. Se obtienen al excluir la fibra dietaria de los carbohidratos totales.	Cuantitativa Continua	Porcentaje Gramos
Calorías	Unidad de medida que indica la cantidad de energía que un alimento aporta al organismo. En nutrición, generalmente se expresa como kilocalorías (kcal) y proviene principalmente de macronutrientes como carbohidratos, grasas y proteínas.	Cuantitativa Continua	Kilocalorías

8.10. Instrumentos empleados

- 2 tazones pequeños
- 2 tazones
- 1 tenedor
- 1 taza medidora

- 1 horno
- 1 cuchara
- 1 charola para horno
- 1 báscula
- 1 molino de especies y semillas
- 1 deshidratador
- Bolsas ziploc
- 1 tabla para picar
- 1 pelador de papas
- Papel para hornear
- 1 cuchillo
- Agua
- Azúcar Refinada
- Harina de trigo
- Semillas de linaza
- Semillas de chía
- Granos de quinoa
- Avena
- Manzana
- Levadura
- Sal

8.11. Procedimiento

Harina de orujo de manzana

1. Se seleccionaron las manzanas que tenían buen aspecto, evitando aquellas con daños físicos.
2. Se lavaron las manzanas y posteriormente se procedió a pelarlas.
3. Las cáscaras de manzanas junto con el centro evitando las semillas, se colocaron en la deshidratadora a 70° C durante 18 horas.

4. Una vez el orujo de manzana estuvo deshidratado, se procedió a molerla lo más finamente posible.
5. Se guardó en bolsas ziploc para evitar la entrada de humedad.

Pan de Semillas

1. Se procedió a moler las semillas de chía, quinoa, linaza y avena hasta obtener un polvo fino.
2. Como segundo paso, se pesaron las cantidades correspondientes de harina de trigo, semillas de chía, quinoa, avena, linaza, sal, azúcar y levadura.
3. Se procedió a activar la levadura, colocándola en un recipiente con un poco de agua tibia, y se dejó reposar durante 10 minutos aproximadamente.
4. Para la fermentación del pan se utilizó el método esponja. Una vez que la levadura estuvo activada, se agregaron el azúcar y la harina de trigo, se amasó y se dejó reposar durante 20 minutos aproximadamente.
5. Se procede a mezclar, en un recipiente distinto, las harinas restantes con la sal y el agua; una vez mezclada y amasada la masa, se dejó reposar durante aproximadamente 30 minutos.
6. Se procedió a mezclar y amasar ambas masas durante 10 minutos aproximadamente, hasta que la masa estuviera suave.
7. La masa se dejó reposar durante 10 minutos; en este tiempo, se precalentó el horno a 180°C.
8. Se dio forma a la masa de acuerdo con el tamaño y forma deseados; posteriormente, se colocó en una charola para horno cubierta con papel encerado, con el fin de evitar que el pan se adhiriera a la superficie.
9. Se horneó el pan durante 40 minutos a 150°C.

Tabla 23. Ingredientes y cantidades del pan de semillas

Ingrediente	Cantidad
Harina de trigo	25 g
Harina de quinoa	20 g
Harina de chía	20 g
Harina de avena	30 g

Ingrediente	Cantidad
Harina de linaza	10 g
levadura	1.5 g
Sal	0.5 g
Azúcar	4.5 g
Agua	55 mL

Pan de harina de orujo manzana y semillas

1. Se procedió a moler las semillas de chía, quinoa y linaza hasta obtener un polvo fino.
2. Como segundo paso, se pesaron las cantidades correspondientes de harina de trigo, semillas de chía, quinoa, harina de orujo de manzana, linaza, sal, azúcar y levadura.
3. Se procedió a activar la levadura, colocándola en un recipiente con un poco de agua tibia, y se dejó reposar durante 10 minutos aproximadamente.
4. Para la fermentación del pan se utilizó el método esponja. Una vez que la levadura estuvo activada, se agregaron el azúcar y la harina de trigo, se amasó y se dejó reposar durante 20 minutos aproximadamente.
5. Se procede a mezclar, en un recipiente distinto, las harinas restantes con la sal y el agua; una vez mezclada y amasada la masa, se dejó reposar durante aproximadamente 30 minutos.
6. Se procedió a mezclar y amasar ambas masas durante 10 minutos aproximadamente, hasta que la masa estuviera suave.
7. La masa se dejó reposar durante 10 minutos; en este tiempo, se precalentó el horno a 180°C.
8. Se dio forma a la masa de acuerdo con el tamaño y forma deseados; posteriormente, se colocó en una charola para horno cubierta con papel encerado, con el fin de evitar que el pan se adhiera a la superficie.
9. Se horneó el pan durante 40 minutos a 150°C.

Tabla 24. Ingredientes y cantidades del pan de harina de orujo de manzana y semillas

Ingrediente	Cantidad
Harina de trigo	25 g
Harina de quinoa	27.5 g
Harina de chía	20 g
Harina de orujo de manzana	7.5 g
Harina de linaza	25 g
levadura	1.5 g
Sal	0.5 g
Azúcar	4.5 g
Agua	55 mL

8.12. Recolección de datos

- Edad
- Género
- Ocupación
- Semestre
- Facultad
- ¿Sueles consumir pan blanco (telera o bolillo)?

Nunca

1-2 veces por semana

3-5 veces por semana

6-7 veces por semana

- Antes de consumir un alimento ¿sueles analizar su aporte nutritivo?

Siempre

Casi siempre

En ocasiones

Nunca

- Al añadir un nuevo alimento a tu dieta habitual ¿a qué factor le das más importancia?

Valor nutricional

Sabor

Apariencia

Olor

Precio

- Nutricionalmente hablando ¿a cuál de los siguientes puntos le das mayor importancia en tu dieta? Selecciona los 3 más importantes

Contenido de fibra

Contenido de azúcares

Contenidos de grasas

Contenido proteico

- Apariencia

Muy mala

Mala

Regular

Buena

- Muy buena

Color

Muy pálido

Pálido

Dorado

Oscuro

Muy oscuro

- Sabor

Me desagrada mucho

No me agrada

Ni me agrada ni me desagrada

Me agrada

Me agrada mucho

- Sabor residual

Me desagrada mucho

No me agrada

Ni me agrada ni me desagrada

Me agrada

Me agrada mucho

- Aroma

Me desagrada mucho

No me agrada

Ni me agrada ni me desagrada

Me agrada

Me agrada mucho

- Textura (miga)

Dura

Ligeramente dura

Ni dura ni suave

Ligeramente suave

Suave

- Textura (corteza)

Dura

Ligeramente dura

Ni dura ni suave

Ligeramente suave

suave

- Aceptabilidad

Me desagrada mucho

No me agrada

Ni me agrada ni me desagrada

Me agrada

Me agrada mucho

- ¿Estarías dispuesto a añadir el producto como un alimento recurrente en tu dieta?

Si

No

Tal vez

- ¿Estarías dispuesto a comprar este pan si estuviera disponible en el mercado?

Si

No

Tal vez

- ¿Consideras que este pan es una opción saludable comparada con el pan blanco comercial?

Si

No

No se

8.13. Análisis bromatológico de los alimentos

Las muestras de pan fueron sometidas a análisis bromatológicos por triplicado para determinar su composición proximal. Se evaluaron los contenidos de humedad, cenizas, proteína cruda, extracto etéreo, fibra cruda y extracto libre de nitrógeno mediante metodologías oficiales de la Association of Official Analytical Chemists (AOAC) y Normas Oficiales Mexicanas (NOM) aplicables. Los resultados obtenidos se expresaron en porcentaje por cada 100 g de muestra.

8.13.1 Determinación de humedad

La determinación de humedad se realizó mediante el método gravimétrico descrito por la AOAC 925.10. La muestra fue colocada en cápsulas previamente taradas y sometida a secado en estufa a 105 °C hasta alcanzar peso constante. La pérdida de peso obtenida después del secado se consideró como contenido de humedad y se expresó en porcentaje respecto al peso inicial de la muestra.

8.13.2 Determinación de cenizas

El contenido de cenizas se determinó mediante el método de incineración en mufla establecido en la AOAC 923.03. Las muestras fueron colocadas en crisoles previamente acondicionados y sometidas a calcinación a 550 °C hasta obtener una ceniza de color blanco o gris claro. El residuo mineral obtenido se expresó como porcentaje de cenizas respecto al peso inicial de la muestra.

8.13.3 Determinación de proteína cruda

La proteína cruda se determinó mediante el método de Kjeldahl, de acuerdo con la metodología oficial AOAC 979.09. El procedimiento consistió en la digestión de la muestra con ácido sulfúrico concentrado, seguida de destilación y titulación del nitrógeno liberado. El contenido de nitrógeno obtenido fue multiplicado por el factor de conversión 5.70 para estimar el contenido de proteína cruda.

8.13.4 Determinación de extracto etéreo

El contenido de grasa total o extracto etéreo se determinó mediante extracción continua con éter de petróleo utilizando el método Soxhlet, conforme a la metodología oficial AOAC 920.39. La muestra previamente deshidratada fue sometida a extracción durante varias horas y posteriormente el solvente fue evaporado para obtener el residuo graso, el cual se expresó en porcentaje.

8.13.5 Determinación de fibra cruda

La fibra cruda se determinó mediante digestiones sucesivas en medio ácido y alcalino siguiendo el método oficial AOAC 962.09. Después de las digestiones, el residuo obtenido fue secado, pesado e incinerado para calcular el contenido de fibra cruda presente en la muestra. Los resultados se expresaron como porcentaje del peso de la muestra analizada.

8.13.6 Determinación de extracto libre de nitrógeno

El extracto libre de nitrógeno (ELN), considerado una estimación de los carbohidratos disponibles, se calculó por diferencia de acuerdo con el método de análisis proximal descrito por la AOAC. Para ello se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{Extracto libre de nitrógeno (\%)} = 100 - (\% \text{ humedad} + \% \text{ cenizas} + \% \text{ proteína} + \% \text{ extracto etéreo} + \% \text{ fibra cruda})$$

Los resultados fueron expresados como porcentaje de carbohidratos disponibles presentes en la muestra.

8.13.7 Determinación del contenido de sodio

El contenido de sodio de los panes elaborados se estimó mediante cálculo teórico a partir de la composición de los ingredientes utilizados en cada formulación. Para ello, se consultaron los valores de sodio reportados en el Sistema Mexicano de Alimentos Equivalentes (SMAE), los cuales fueron utilizados como referencia para determinar la cantidad de sodio aportada por cada ingrediente empleado en la elaboración de los productos.

Inicialmente, se calculó la cantidad de sodio aportada por cada ingrediente de acuerdo con la cantidad utilizada en la formulación. Posteriormente, se obtuvo el contenido total de sodio presente en cada preparación mediante la suma de las contribuciones individuales de todos los ingredientes. Finalmente, considerando el rendimiento final del producto, se realizó la conversión correspondiente para expresar los resultados en miligramos de sodio por 100 gramos de producto preparado.

8.14. Normatividad

NOM-051-SCFI/SSA1-2010, Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados-Información comercial y sanitaria.

NOM-251-SSA1-2009, Prácticas de higiene para el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios.

NOM-086-SSA1-1994 Especificaciones nutrimentales para alimentos y bebidas no alcohólicas con modificaciones en su composición

NOM-147-SSA1-1996, Bienes y servicios. Cereales y sus productos. Harinas de cereales, sémolas o semolinas. Alimentos a base de cereales, de semillas comestibles, harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales.

NOM-247-SSA1-2008, Productos y servicios. Cereales y sus productos. Cereales, harinas de cereales, sémolas o semolinas. Alimentos a base de: cereales, semillas comestibles, de harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas. Productos

de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales. Métodos de prueba.

NORMA MEXICANA NMX-F-608-NORMEX-2011 alimentos-determinación de proteínas en alimentos-método de ensayo (prueba)

NORMA MEXICANA NMX-F-607-NORMEX-2020, alimentos- determinación de cenizas en alimentos-método de prueba.

NORMA MEXICANA NMX-F-613-NORMEX-2017, alimentos-determinación de fibra cruda en alimentos-método de prueba

IX. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

La presente investigación comprende un análisis descriptivo de la información a través del software SPSS versión 26 con la recopilación de la información proveniente de los cuestionarios, donde se analizaron 130 encuestas que fueron aplicadas desde google forms y se presentan en tablas, gráficas y su análisis descrito con palabras, resaltando los siguientes análisis de frecuencia:

- a) Tendencia central: Media, mediana, moda y suma
- b) Dispersión: Desviación estándar, varianza, rango, mínimo, máximo y error estándar media

X. CONSIDERACIONES ÉTICAS

Declaración de Helsinki

En el presente estudio se seguirán los lineamientos oficiales de la Declaración de Helsinki del año 2024, se aplicará el principio de beneficencia que consiste en el derecho de no ser dañado física ni psicológicamente.

Se explicarán los objetivos del estudio y se explicará que se conservará la confidencialidad. La participación será voluntaria e informada para las personas que se incluyen, además deberán firmar el consentimiento informado al aceptar participar en este estudio.

Se aclarará que no existirá retribución alguna en dinero o especie. Se informará que podrán retirarse voluntariamente del estudio sin existir situaciones que lo afecten.

De acuerdo a la Ley General de Salud vigente, en su artículo 16 y 17, Apartado II, el estudio es clasificado de riesgo mínimo.

Este estudio se someterá a la aprobación del comité de investigación de la Facultad de Medicina de la UJED para su revisión.

Carta de consentimiento informado



Universidad Juárez del Estado de Durango Facultad de Medicina y Nutrición



Carta de consentimiento informado para participar en el proyecto titulado: “pan de trigo enriquecido con harina de semillas y orujo de manzana (*red delicious*), con alto contenido de fibra y bajo en sodio”

Que será realizado en Victoria de Durango, Dgo., a ____ de _____ 2026.

Por medio del presente acepto participar en el trabajo de investigación titulado “pan de trigo enriquecido con harina de semillas y orujo de manzana (*red delicious*), con alto contenido de fibra y bajo en sodio”

Donde el objetivo de este estudio es desarrollar un pan de trigo enriquecido con harina de semillas y orujo de manzana (*Red delicious*), con alto contenido de fibra y bajo en sodio.

Se me ha explicado que mi participación será necesaria únicamente los días: _____, donde el proceso consistirá en:

Declaro que se me ha informado ampliamente sobre los riesgos, inconvenientes, molestias y beneficios derivados de mi participación en el estudio, que son los siguientes:

Beneficios: Debe quedar claro que usted no recibirá ningún beneficio económico por participar en este estudio. Su participación es una contribución para el desarrollo de la ciencia y el conocimiento acerca de los efectos positivos como negativos de “pan de trigo enriquecido con harina de semillas y orujo de manzana (*red delicious*), con alto contenido de fibra y bajo en sodio”,

Riesgos: En este estudio los participantes podrían describir los malestares o riesgos que podrían llegar a presentárseles. Sin embargo, en ningún momento del estudio, se juzgará si se quiere abandonar la investigación.

Los investigadores alumnos de quinto semestre de la Licenciatura en Nutrición de la FAMEN, se han comprometido a aclarar cualquier duda que se les plantee acerca de los procedimientos que se llevarán a cabo, los riesgos, beneficios o cualquier otro asunto relacionado con la investigación.

Entiendo que conservo el derecho de retirarme del estudio en cualquier momento en que lo considere conveniente, sin que ello me afecte en forma alguna.

Los investigadores alumnos de quinto semestre de la Licenciatura en Nutrición de la FAMEN, me han dado seguridad de que no se me identificará en las presentaciones o publicaciones que deriven de este estudio y que los datos relacionados con mi privacidad serán manejados en forma confidencial.

No podrán ser parte de la investigación personas que son intolerantes al gluten, o bien no es de su agrado alguno de los ingredientes utilizados.

Nombre y firma del participante

Nombre y firma del testigo

Investigador responsable

Nombre y número telefónico al cual puede comunicarse en caso de dudas y preguntas relacionadas con el estudio:

Laura Andrea Berumen Ayón 6182965404

XI. RESULTADOS

En esta sección se presentan los resultados obtenidos durante la elaboración de los panes de trigo enriquecidos con harina de quinoa, chía, linaza, avena y orujo de manzana. El propósito fue incrementar el contenido de fibra sin elevar la proporción de carbohidratos y, al mismo tiempo, reducir el contenido de sodio. Los hallazgos se organizaron en torno a las pruebas bromatológicas, el análisis sensorial y análisis de costos. Todo ello se integra con el fin de dar cumplimiento a los objetivos planteados en la investigación y aportar evidencia sobre la viabilidad tecnológica y nutricional de la propuesta.

En cuanto al análisis proximal, se realizó un triplicado para cada muestra.

Para el cálculo de los porcentajes de macronutrientes, humedad y cenizas se utilizaron las siguientes fórmulas.

-Fórmula para los cálculos de % humedad:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{(A-B) \times 100}{W}$$

% Sólidos Totales = 100 - % Humedad

A = Peso de la caja con muestra en g

B = Peso de la caja con muestra desecada en g.

W = Peso de la muestra en g

-Fórmula para los cálculos de % de cenizas:

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{(P-p) \times 100}{M}$$

P = Masa del crisol con las cenizas en gramos

p = Masa de crisol vacío en gramos

M = Masa de la muestra en gramos

Fórmula para el cálculo de % de proteína:

$$\frac{\text{ml gastados de HCL} \times \text{Factor de HCL}}{\text{Gramos de muestra}} = \% N \times \text{Factor de conversión} = \% \text{ Proteína}$$

Factor de conversión = 5.70

De acuerdo a la norma mexicana NMX-F-442-1983 Alimentos - pan - productos de bollería.

Fórmula para la determinación de % de grasa:

$$\% EE = \frac{PTF - PTi}{M} \times 100$$

PTF = Peso taza al final de la extracción

PTi = Peso inicial de la tasa

M = muestra en g

Fórmula para la determinación de % de fibra cruda:

$$\% FC = \frac{\text{Peso No. 1} - \text{Peso No. 2}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

Para la determinación de carbohidratos disponibles se utilizó la fórmula propuesta por Muñoz de Chávez “Los carbohidratos totales se calculan de la siguiente manera: carbohidratos = 100 – (proteína + grasa + ceniza + humedad) Los carbohidratos disponibles se calculan: carbohidratos disponibles = carbohidratos – fibra.

La energía se calculó usando los factores de proteínas, grasas y carbohidratos (4, 9, 4 kcal/g, respectivamente) de acuerdo con la NOM-247-SSA1-2008, Productos y servicios. Cereales y sus productos. Cereales, harinas de cereales, sémolas o semolinas. Alimentos a base de: cereales, semillas comestibles, de harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación.

A continuación, se muestran los cálculos y resultados obtenidos de ambos panes por triplicado de las muestras.

% De humedad

Pan de manzana

Muestra 1

A=18.583 b=17.843 c= 2.963

% humedad= 24.974

Muestra 2

A=17.262 b=16.529 c=3.105

% humedad= 24.738

Muestra 3

A=16.237 b=15.521 c=3.037

% humedad= 24.164

Pan de granos

Muestra 4

A=19.797 b=19.055 c= 3.027

% humedad= 25.042

Muestra 5

A=20.884 b=20.114 c=3.004

% humedad= 25.987

Muestra 6

A=18.154 b=17.411 c=3.044

% humedad= 25.075

% de sólidos totales

Pan de manzana

Muestra 1

% sólidos totales= 68.276

Muestra 2

% sólidos totales= 68.889

Muestra 3

% sólidos totales= 68.127

Pan de granos

Muestra 4

% sólidos totales= 67.923

Muestra 5

% sólidos totales= 67.710

Muestra 6

% sólidos totales= 68.364

% de cenizas

Pan de manzana

Muestra 1

P=26.857 p=26.769 m= 3.010

% de cenizas = 2.92%

Pan de granos

Muestra 2

P=25.518 p=25.425 m= 3.040

% de cenizas = 3.05%

% de proteínas

Pan de granos

Factor de conversión usado= 5.70

Muestra 4

Muestra=0.125g mL de HCL=1.9 ml normalidad de HCL=0.1

% de proteínas= 8.664

Muestra 5

Muestra=0.110g mL de HCL=1.8 ml normalidad de HCL=0.1

% de proteínas= 9.327

Muestra 6

Muestra=0.104g mL de HCL=1.8 ml normalidad de HCL=0.1

% de proteínas= 9.865

Pan de manzana

Muestra 1

Muestra=0.106g mL de HCL=1.8 ml normalidad de HCL=0.1

% de proteínas= 9.679

Muestra 2

Muestra=0.104g mL de HCL=1.8 ml normalidad de HCL=0.1

% de proteínas= 9.865

Muestra 3

Muestra=0.099g mL de HCL=1.7 ml normalidad de HCL=0.1

% de proteínas= 9.787

% de extracto etéreo

Pan de manzana

Muestra 1

Pti=25.196 ptf=25.597 m= 2.021

% EE= 19.841

Pan de granos

Muestra 2

Pti=25.268 ptf=25.590 m= 2.014

% EE= 15.988

% de fibra cruda

Pan de granos

Muestra 1

Peso no. 1 =18.5041 peso no. 2 =18.4227 m= 1.021

% fibra cruda = 7.97

Muestra 2

Peso no. 1 =14.2452 peso no. 2 =14.1620 m= 1.003

% fibra cruda = 8.29

Muestra 3

Peso no. 1 =13.2123 peso no. 2 =13.1372 m= 0.9395

% fibra cruda = 7.99

Pan de manzana

Muestra 4

Peso no. 1 =15.2457 peso no. 2 =15.1206 m= 1.0209

% fibra cruda = 12.2538

Muestra 5

Pti=13.3221 ptf=13.1939 m= 1.0251

% de fibra cruda= 12.5060

Muestra 6

Pti=15.7362 ptf=15.6227 m= 1.024

% de fibra cruda= 11.08

Tabla 25. Resultados de las pruebas bromatológicas por triplicado del pan de manzana y semillas

No. de muestra	% humedad	% sólidos totales	% cenizas	% proteínas	% extracto etéreo	% fibra cruda	% HC disponibles	Kcal
1	24.974	68.278	2.92	9.67	19.841	12.25	30.345	338.629
2	24.738	68.889	2.92	9.86	19.841	12.50	30.141	338.573
3	24.164	68.127	2.92	9.78	19.841	11.08	32.215	346.549

Tabla 26. Resultados de las pruebas bromatológicas por triplicado del pan de semillas

No. de muestra	% humedad	% sólidos totales	% cenizas	% proteínas	% extracto etéreo	% fibra cruda	% HC disponibles	Kcal
1	25.042	67.923	3.05	8.664	15.988	7.97	39.286	335.629
2	25.987	67.710	3.05	9.327	15.988	8.29	37.358	330.632
3	25.075	68.364	3.05	9.885	15.988	7.99	38.012	335.48

A partir de los resultados obtenidos se obtuvo un promedio para ambos panes, con los cuales se realizaron las siguientes tablas.

Tabla 27. Contenido nutrimental del pan de manzana y semillas en 100 g

% humedad	% sólidos totales	% cenizas	% proteínas	% extracto etéreo	% fibra cruda	% HC totales	Kcal
24.625	68.431	2.92	9.77	19.841	11.943	30.900	341.249

Tabla 28. Contenido nutrimental del pan de semillas en 100 g

% humedad	% sólidos totales	% cenizas	% proteínas	% extracto etéreo	% fibra cruda	% HC totales	Kcal
25.368	67.999	3.05	9.292	15.988	8.083	38.218	333.932

Tabla 29. Comparación del contenido nutrimental con panes comerciales por 100 g

Parámetro	Pan #1	Pan #2	Pan comercial A	Pan comercial B	Pan comercial C	Pan comercial D
Proteínas	9.7 g	9.2 g	10.6 g	12.8 g	10.6	11.8
Extracto etéreo	19.8 g	15.9 g	4 g	5.7 g	2.9 g	2.8 g
Fibra	11.9 g	8.0 g	4.1 g	6 g	6 g	9.6 g
HC disponibles	18.9 g	30.1 g	44.6 g	39.5 g	37.3 g	39.3 g
Kcal	341 kcal	333 kcal	257 kcal	261 kcal	218 kcal	230 kcal

Se observa en la Tabla 29 que los panes desarrollados contienen una mayor proporción de fibra, extracto etéreo y contenido energético; por el contrario, muestran una disminución en el contenido de hidratos de carbono disponibles y de proteínas.

En conjunto de las pruebas bromatológicas realizadas a ambos panes, se realizó y aplicó un instrumento para evaluar la aceptabilidad y las características organolépticas de los productos; esta fue respondida por consumidores no entrenados. Este instrumento se aplicó a un total de 130 personas, los resultados se muestran a continuación.

Tabla 30. Edad

Rango de edad	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
17-20	80	61.5	61.5	61.5
21-24	31	23.8	23.8	85.4
25-27	6	4.6	4.6	90.0
28-30	4	3.1	3.1	93.1
Más de 30	9	6.9	6.9	100.0
Total	130	100.0	100.0	

En la tabla 29 podemos observar que el número total de participantes fue de 130 las edades fueron desde los 17 años hasta más de 30 años, en donde el mayor número de participantes se encuentra entre el rango de 17-20 años.

Tabla 31. Género

Género	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Femenino	94	72.3	72.3	72.3
Masculino	36	27.7	27.7	100.0
Total	130	100.0	100.0	

De los 130 participantes 94 (72.3%) fueron del género femenino y 36 (27.7%) del género masculino.

Tabla 32. Ocupación

Ocupación	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Estudiante	114	87.7	87.7	87.7
Otro	16	12.3	12.3	100.0
Total	130	100.0	100.0	

Del total de participantes el 87.7% corresponde a estudiantes y el restante de los participantes corresponde a sujetos que ya se desempeñan en el ámbito laboral, no se especificaron el tipo de ocupaciones.

En el instrumento utilizado para la evaluación de aceptación se incluyó una sección denominada frecuencia de consumo la cual tiene la finalidad de conocer los hábitos de consumo de los participantes en cuanto al pan o productos similares, además de conocer preferencias al momento de incluir un nuevo alimento a sus dietas, o al momento de comprar alimentos. Lo resultados fueron los siguientes:

Tabla 33. ¿Cuál de los siguientes alimentos acostumbras consumir como acompañamiento habitual durante tus comidas principales?

Alimento	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Pan, bolillo o telera	3	2.3	2.3	2.3
Pan de caja	6	4.6	4.6	6.9
Tortilla de maíz	102	78.5	78.5	85.4
Tortilla de harina	3	2.3	2.3	87.7
Galletas	5	3.8	3.8	91.5
Tostadas	8	6.2	6.2	97.7
Otro	3	2.3	2.3	100
Total	130	100	100	

De acuerdo con la tabla 32 el alimento más consumido como acompañamiento para las comidas es la tortilla con un 78.5% después es la tostada con un 6.2% y en tercer lugar el pan de caja con un 6%.

Tabla 34. ¿Con qué frecuencia consumes pan blanco (telera o bolillo)?

No. De veces	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
1-2 veces	92	70.8	70.8	70.8
3-5 veces	19	14.6	14.6	85.4
6-7 veces	2	1.5	1.5	86.9
No consumo	17	13.1	13.1	100.0
Total	130	100.0	100.0	

De acuerdo con la tabla 33 el 70.8% consume pan blanco ya sea bolillo o telera de 1-2 veces por semana mientras que el 14% lo consume de 3-5 veces por semana y el 1.5% lo consume de 6-7 veces por semana, además hay un porcentaje (13.1%) el cual no consume pan blanco.

Tabla 35. Al añadir un nuevo alimento a tu dieta habitual ¿a qué factor le das más importancia?

Factores	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Valor nutricional	50	38.5	38.5	38.5
Sabor	67	51.5	51.5	90.0
Precio	8	6.2	6.2	96.2
Apariencia	5	3.8	3.8	100.0
Total	130	100.0	100.0	

De acuerdo con la tabla 34 el 51.5% de los participantes le dan mayor importancia a el sabor al añadir un nuevo alimento a su dieta siendo este el factor más mencionado, como segundo lugar con un 38.5% se mencionó el factor del valor nutricional, siendo estos los más seleccionados.

Tabla 36. Nutricionalmente hablando ¿a cuál de los siguientes puntos le das mayor importancia en tu dieta?

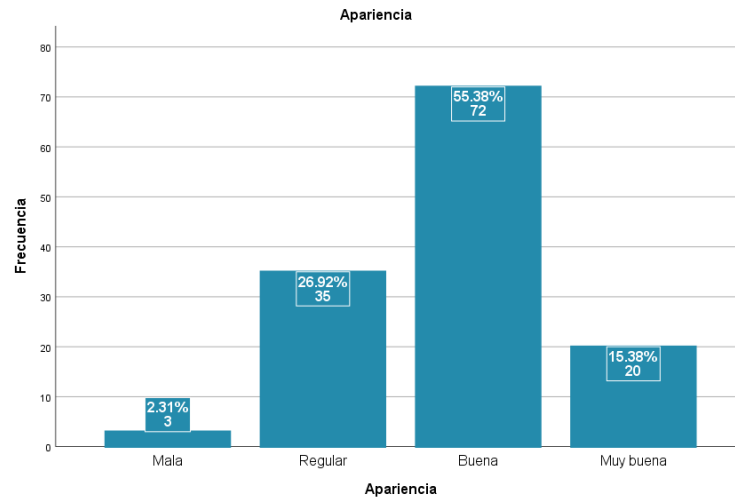
Factor nutricio	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Contenido de fibra	20	15.4	15.4	15.4
Contenido de azúcares	29	22.3	22.3	37.7
Contenido de grasas	18	13.8	13.8	51.5
Contenido proteico	63	48.5	48.5	100.0
Total	130	100.0	100.0	

De acuerdo con la tabla 35 el factor nutricio al que se le da mayor importancia en la dieta es al contenido proteico con un 48.5% y en segundo lugar al contenido de azúcares con un 22.3%.

Posteriormente se incluyó el apartado de la evaluación de las 2 muestras, donde el objetivo fue analizar el grado de aceptabilidad y de las características organolépticas del producto.

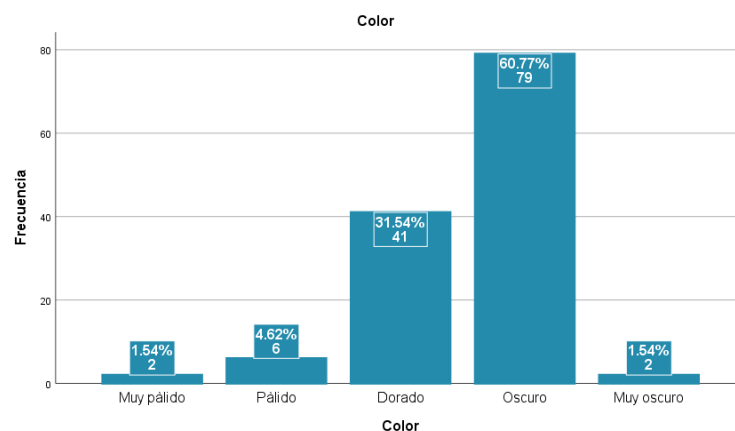
Resultados muestra #1

Gráfico 1. Apariencia muestra #1



En la gráfica 1 se muestran los resultados obtenidos con el instrumento de evaluación sensorial en donde el 72% de los participantes contestó que tiene una apariencia buena y el 26.92% que tiene una apariencia regular. El 2.31% respondió que tiene una apariencia mala únicamente 3 personas, ninguno de los participantes contestó que la apariencia de la muestra # 1 era muy mala.

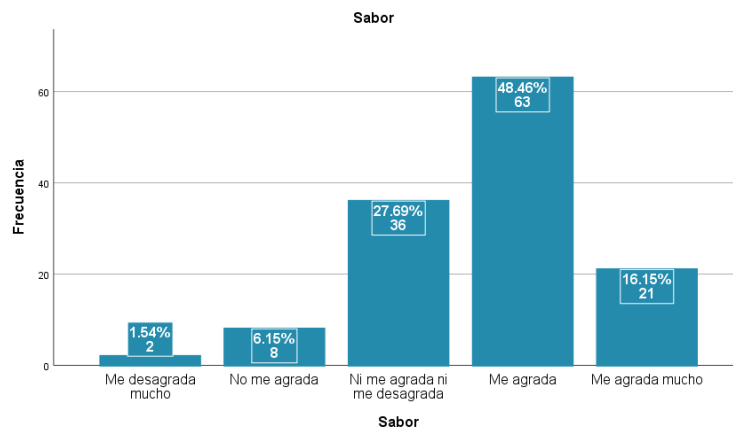
Gráfico 2. Color muestra #1



En cuanto a el color en el gráfico 2 se puede observar que la percepción más general fue que el color es oscuro siendo que un total de 79 personas (60.77%) dieron esta respuesta, la segunda respuesta más repetida fue que el color era dorado con un total de 41

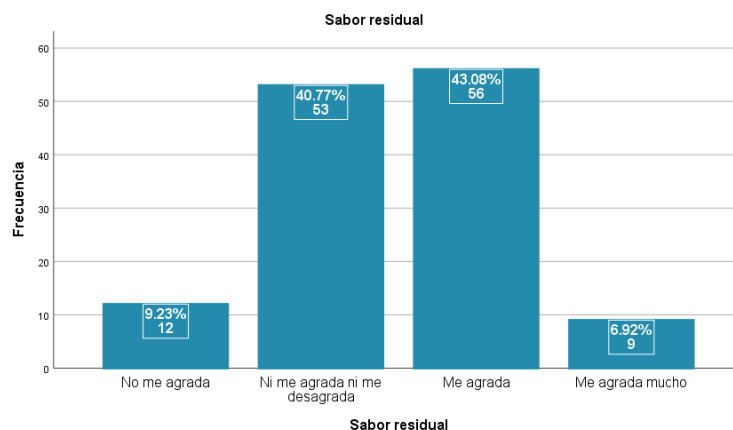
personas (31.54%), sin embargo, también se obtuvieron las respuestas de muy pálido (con un 1.54% 2 personas) y pálido (con un 4.62% 6 personas).

Gráfico 3. Sabor muestra # 1



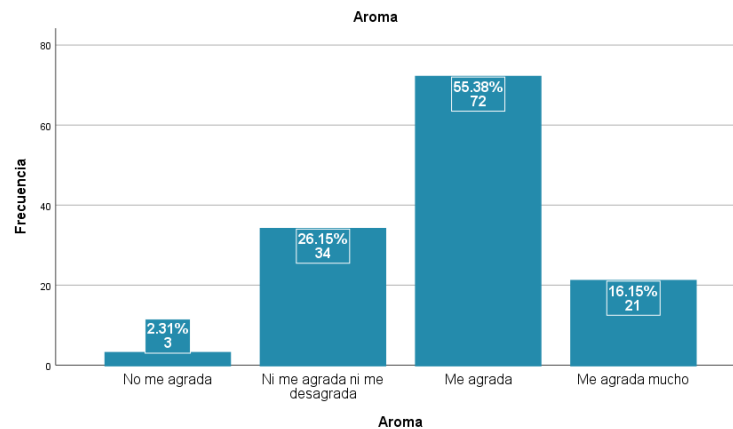
Las respuestas para el sabor de la muestra 1 las podemos observar en el gráfico 3 donde se interpreta que al 48.46% de los encuestados les agrado el sabor, al 27.69% no les agrado ni les desagrado y al 16.15% les agrado mucho, por el lado contrario a un 1.54% respondió que la muestra le desagrada mucho.

Gráfico 4. Sabor residual muestra #1



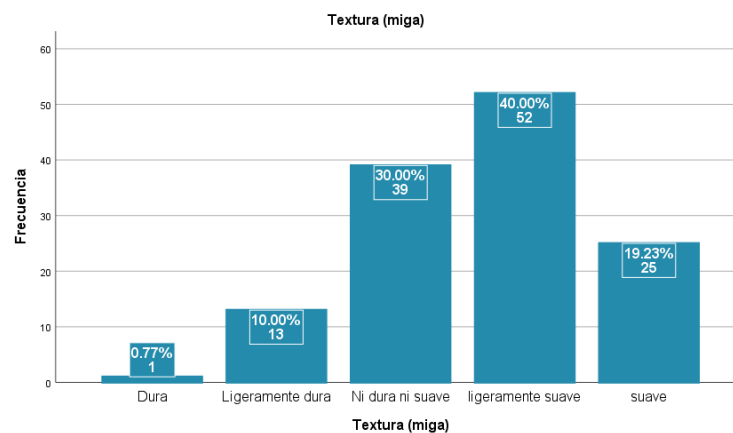
En el gráfico 4 que nos indica las respuestas en cuanto al sabor residual de la muestra #1 podemos observar que al 43.08% le agrada, al 40.77% no le agrada ni le desagrada, al 9.23% no le agrada y que al 6.29% le agrada mucho.

Gráfico 5. Aroma muestra #1



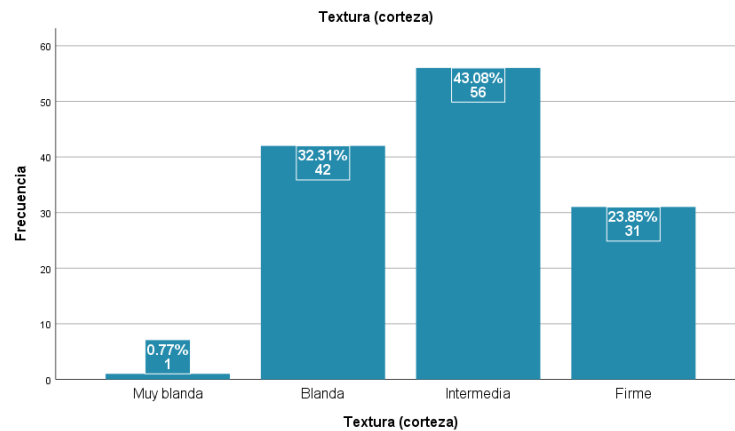
En el gráfico 5 se muestran los resultados en cuanto al aroma de la muestra #1 los cuales nos indican que al 55% de los participantes les agrada, al 26.15% no le agrada ni les desagrada, al 16.15% les agrada mucho y por último al 2.31% no les agrada el aroma.

Gráfico 6. Textura de la miga muestra #1



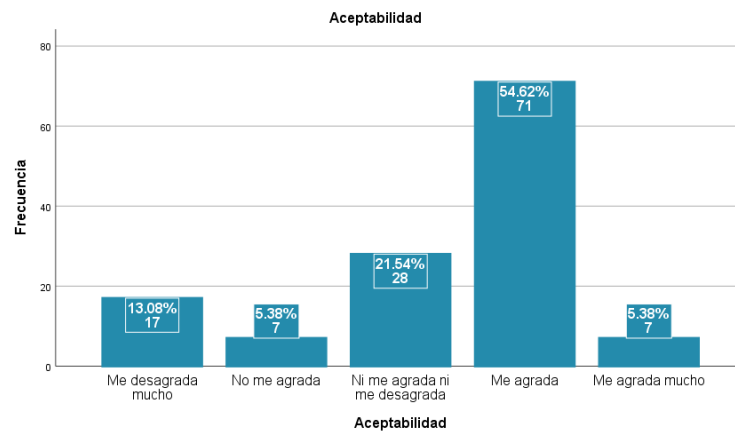
Los resultados de la percepción de la textura de la miga los podemos observar en el gráfico 6 en donde al 40.00% le pareció ligeramente suave, al 30.00% ni dura ni suave, al 19.23% suave y al 0.77% dura.

Gráfico 7. Textura de la corteza muestra # 1



En cuanto a los resultados de la percepción de la textura de la corteza de la muestra #1 se observa en los resultados que al 43.08% de los participantes opinaron que esta tenía una textura intermedia, al 32.31% textura blanda, al 23.85% firme y al 0.77% muy blanda.

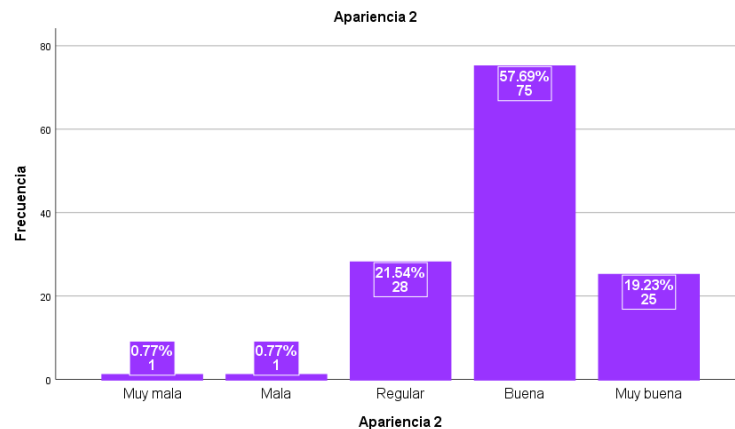
Gráfico 8. Aceptabilidad muestra #1



La aceptabilidad es muy importante y, en el gráfico 8, podemos encontrar que al 54.62% de los encuestados percibieron que les agradó, al 21.54% no le agradó ni le desagradó, al 13.08% le desagradó mucho, al 5.38% no le agradó y al 5.38% le agradó mucho.

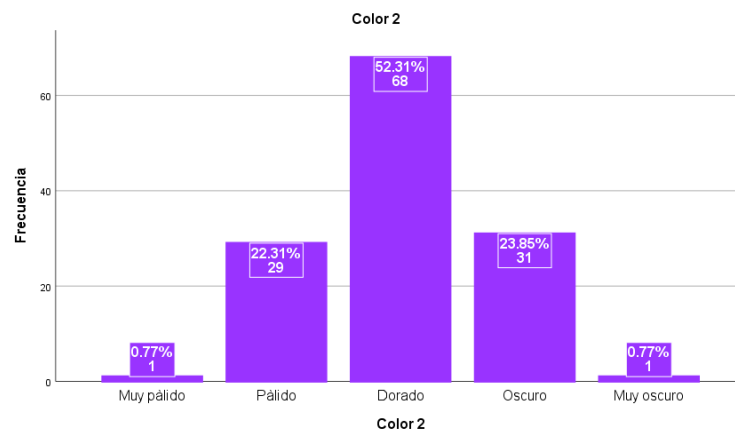
Resultados de la muestra #2

Gráfico 9. Apariencia muestra #2



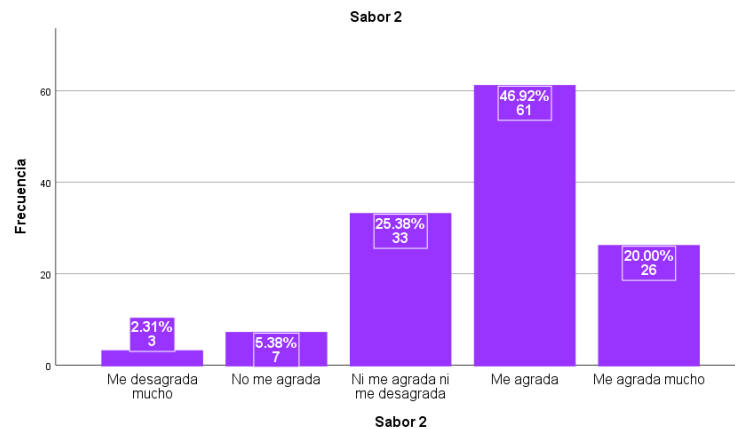
En la gráfica 9 se muestran los resultados obtenidos con el instrumento de evaluación sensorial en donde el 57.69% de los participantes contestó que tiene una apariencia buena y el 21.54% que tiene una apariencia regular. El 0.77% respondió que tiene una apariencia mala y muy mala y el 19.23% contestó que tiene una apariencia muy buena.

Gráfico 10. Color muestra #2



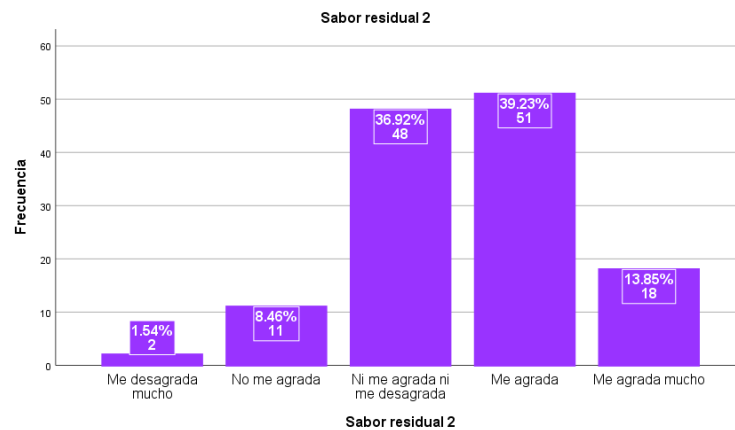
En cuanto a el color en el gráfico 10 se puede observar que la percepción más general fue que el color es dorado siendo que un total de 68 personas (52.31%) dieron esta respuesta, la segunda respuesta más repetida fue que el color era oscuro con un total de 31 personas (23.85%), un total de 29 personas (22.31%) respondió que tiene un color pálido, sin embargo, también se obtuvieron las respuestas de muy pálido (con un 0.77% 1 personas) y muy oscuro (con un 4.62% 6 personas).

Gráfico 11. Sabor muestra #2



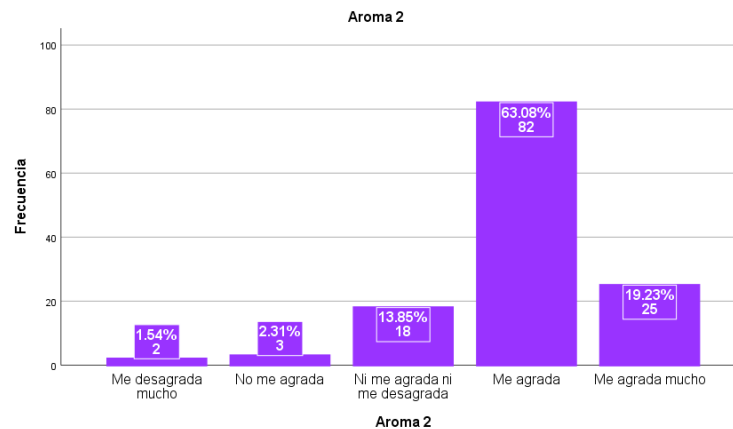
Las respuestas para el sabor de la muestra #2 las podemos observar en el gráfico 11 donde se interpreta que al 46.92% de los encuestados les agrado el sabor, al 25.38% no les agrado ni les desagrado y al 20.00% les agrado mucho, por el lado contrario a un 5.38% respondió que la muestra no les agrado y por último que al 2.31% le desagradó mucho.

Gráfico 12. Sabor residual muestra #2



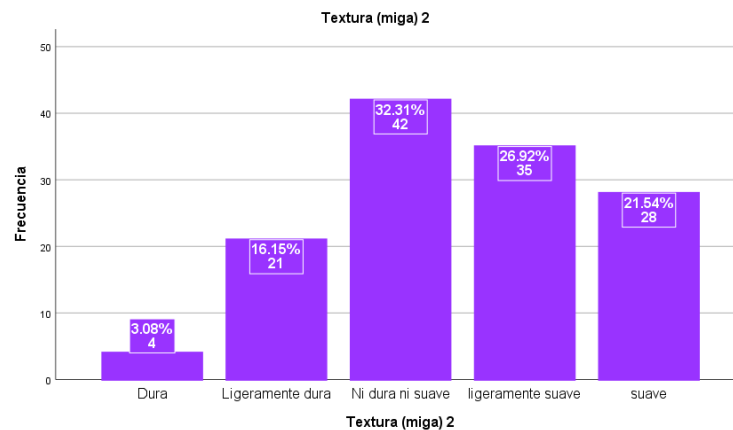
En el gráfico 12 que nos indica las respuestas en cuanto al sabor residual de la muestra #2 podemos observar que al 39.23% le agrada, al 36.92% no le agrada ni le desagrada, al 13.85% le agrada mucho, al 8.46% no le agrada y que al 1.54% le desagrada mucho.

Gráfico 13. Aroma muestra #2



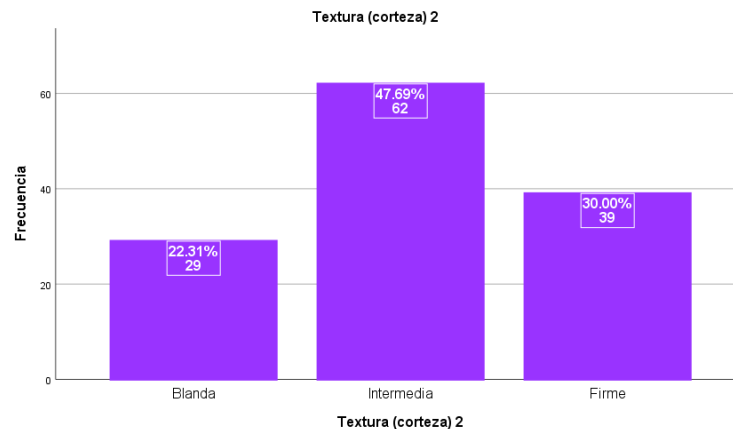
En el gráfico 13 se muestran los resultados en cuanto al aroma de la muestra #2 los cuales nos indican que al 63.08% de los participantes les agrada, al 19.23% le agrada mucho, al 13.85% ni les agrada ni les desagrada, al 2.31% no le agrada y por último al 1.54% les desagrada mucho el aroma.

Gráfico 14. Textura de la miga muestra #2



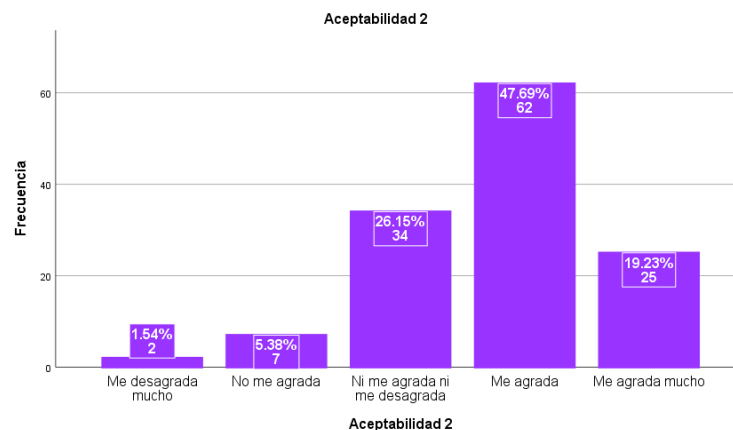
Los resultados de la percepción de la textura de la miga los podemos observar en el gráfico 14 en donde al 32.31% le pareció ni dura ni suave, al 26.92% ligeramente suave, al 21.54% % suave, al 16.15% ligeramente dura y al 3.08% dura.

Gráfico 15. Textura de la corteza muestra #2



En cuanto a los resultados de la percepción de la textura de la corteza de la muestra #2 se observa en los resultados que al 47.69% de los participantes opinaron que esta tenía una textura intermedia, al 30.00% textura firme y al 22.31% blanda.

Gráfico 16. Aceptabilidad muestra #2



La aceptabilidad es muy importante y, en el gráfico 16, podemos encontrar que al 47.69% de los encuestados percibieron que les agradó, al 26.15% no le agradó ni le desagradó, al 19.23% les agradó mucho, al 5.38% no le agradó y al 1.54% le desagradó mucho.

A continuación, se presentan los resultados de los costos por pieza de pan.

Tabla 37. Precio de los ingredientes por unidad

Producto	costo	cantidad	Costo por gramo
Harina de trigo	18.90	1 kg	\$0.0189
Quinoa	100	1 kg	\$0.10
Chía	92	1 kg	\$0.092
Avena	25	1 kg	\$0.025
Linaza	31	1 kg	\$0.031
Sal	32	1 kg	\$0.032
Azúcar	50	2 kg	\$0.025
Levadura	22	55 g	\$0.40
Agua	50	19 L	\$0.00263

Tabla 38. Precio del pan de semillas

Producto	Gramos	Precio
Harina de trigo	25 g	\$0.47
Quinoa	20 g	\$2.00
Chía	20 g	\$1.84
Avena	30 g	\$0.75
Linaza	10 g	\$0.31
Levadura	1.5 g	\$0.60
Sal	0.5 g	\$0.02
Azúcar	4.5 g	\$0.11
Agua	55 mL	\$0.14
	Total	\$6.24
	Total, una pieza	\$3.12

Tabla 39. Precio del pan de harina de orujo de manzana

Producto	Gramos	Precio
Harina de trigo	25 g	\$0.47
Quinoa	27.5 g	\$2.75
Chía	20 g	\$1.84
Harina de orujo de manzana	--	--
Linaza	25 g	\$0.78
Levadura	1.5 g	\$0.60

Sal	0.5 g	\$0.02
Azúcar	4.5 g	\$0.11
Agua	55 mL	\$0.14
Total		\$6.71
Total, una pieza		\$3.35

En las siguientes tablas se presentarán los resultados del cálculo de sodio por 100 g del producto preparado; para ello se tomaron en cuenta los valores del Sistema Mexicano de Alimentos Equivalentes.

Tabla 40. Contenido de sodio de los ingredientes

Ingrediente	Cantidad	Sodio
Harina de trigo	20 g	0.5 mg
Orujo de manzana	106 g	0 mg
Harina de quinoa	20 g	0.9 mg
Harina de chía	49 g	12.3 mg
Harina de avena	27 g	0.9 mg
Harina de linaza	48 g	14.4 mg
Sal	6 g	2325 mg
Agua	1000 ml	20 mg
Levadura	2 g	1 mg
Azúcar	8 g	0 mg

Fuente: Pérez Lizaur, Palacios Gonzales, Sistema Mexicano de Alimentos Equivalentes (SMAE) (27)

Tabla 41. Contenido de sodio en 100 g de pan de semillas

Ingrediente	Cantidad	Sodio
Harina de trigo	25 g	0.625 mg
Harina de quinoa	20 g	0.9 mg
Harina de chía	20 g	5.02 mg
Harina de avena	30 g	1 mg
Harina de linaza	10 g	3 mg
Sal	0.5 g	193.75 mg
Agua	55 ml	1.1 mg
Levadura	1.5 g	0.75 mg
Azúcar	4.5 g	0 mg
Total, masa	166.5 g	206.145 mg
Total	100 g	123.81

Fuente: Pérez Lizaur, Palacios Gonzales, Sistema Mexicano de Alimentos Equivalentes (SMAE) (27)

Tabla 42. Contenido de sodio en 100 g de pan de manzana y semillas

Ingrediente	Cantidad	Sodio
Harina de trigo	25 g	0.625 mg
Harina de quinoa	27.5 g	1.237 mg
Harina de chía	20 g	5.02 mg
Harina de orujo de manzana	7.5 g	0 mg
Harina de linaza	25 g	7.5 mg
Sal	0.5 g	193.75 mg
Agua	55 ml	1.1 mg
Levadura	1.5 g	0.75 mg
Azúcar	4.5 g	0 mg
Total, masa	166.5 g	209.982 mg
Total	100 g	126.115 mg

Fuente: Pérez Lizaur, Palacios Gonzales, Sistema Mexicano de Alimentos Equivalentes (SMAE) (27)

Tabla 43. Comparación de contenido de sodio con panes comerciales en 100 g

Contenido de sodio en 100 g	Muestra
126.115 mg	Pan # 1
123.81 mg	Pan # 2
424 mg	Pan comercial A
277 mg	Pan comercial B
580 mg	Pan comercial C
415 mg	Pan comercial D

XII. DISCUSIÓN

El desarrollo del pan de trigo enriquecido con harina de semillas como chía, quinoa, linaza, avena y orujo de manzana permitió observar mejoras y cambios significativos en la composición proximal, propiedades tecnológicas y aceptabilidad, evidenciando tanto ventajas nutrimentales como limitaciones propias de esta sustitución.

En cuanto a la composición proximal, los resultados de humedad mostraron un 24.6% para el pan de manzana con semillas y un 25.4% para el pan de semillas. Estos valores se encuentran dentro de lo establecido por la NMX-F-442-1983 para alimentos tipo pan y productos de bollería, la cual indica un mínimo de 15% y un máximo de 35% de humedad. El pan de semillas presentó un mayor contenido de humedad, lo cual puede atribuirse a la inclusión de ingredientes como la linaza y la chía, caracterizados por su alto contenido de fibra y mucílagos, presentes en mayor proporción en su formulación. Este comportamiento es congruente con lo reportado por Hudhayfa y cols. (2023), quienes observaron que el aumento en la sustitución de harina de trigo por semillas incrementa el contenido de humedad. Asimismo, Saman y cols. (2025) y Adamczyk y cols. (2021) reportan que la linaza mejora la retención de agua debido a su contenido de fibra soluble, mientras que la chía, por su contenido de mucílagos, favorece la retención de agua y reduce su evaporación durante el tratamiento térmico (11,38,52)

Los resultados obtenidos muestran un incremento en el contenido de fibra en comparación con el pan blanco de harina de trigo, lo cual coincide con lo reportado por Moreno y cols. (2024), quienes desarrollaron dos formulaciones: una con harina de cáscara de mango y grillo (4.2% de fibra) y otra con harina de cáscara de mango y quelite (4.9%), en comparación con una muestra control (1.4%). De igual manera, Hudhayfa y cols. (2023) reportaron un aumento en la fibra al adicionar 25% de harina de linaza en un bísquet (10.8% de fibra), valor similar a los obtenidos en esta investigación (11.9% para el pan de manzana y semillas y 8.0% para el pan de semillas). La diferencia entre ambos productos sugiere un aporte significativo por parte del orujo de manzana de fibra dietaria, sin embargo, dado que no se evaluaron formulaciones individuales, este efecto debe interpretarse con cautela. No obstante, coincide con lo descrito en la literatura sobre

subproductos frutales. En concordancia con estos autores, el incremento de fibra está directamente relacionado con el nivel de sustitución de harina de trigo, por su parte, en la actual investigación el efecto es más pronunciado, lo que sugiere que el orujo tiene un impacto más relevante que las semillas por sí solas (49,52).

En cuanto al contenido de proteínas, el pan de manzana y semillas presentó un valor de 9.8%, ligeramente superior al pan de semillas 9.3%, lo que sugiere que la combinación de ingredientes puede mantener e incluso mejorar el aporte proteico. Esto coincide con lo reportado por Hudhayfa y cols. (2025), quienes observaron un incremento de proteínas al sustituir con 25% de harina de linaza (de 12.1% a 13.8%). Además, ambos panes incluyen chía, la cual también es fuente de proteínas; Adamczyk y cols. (2021) reportan aumentos en el contenido proteico tras su incorporación. No obstante, el incremento observado en los panes es moderado, lo que indica que el principal impacto nutricional se encuentra en otros componentes como la fibra y los lípidos (38,52)

En relación con el extracto etéreo, el pan de manzana y semillas presentó un valor de 19.8%, superior al pan de semillas 15.9%, lo cual puede atribuirse al aporte lipídico de las semillas, particularmente la linaza y la chía. Este resultado coincide con diversos estudios que asocian el incremento de grasa con la inclusión de semillas oleaginosas. Sin embargo, este aumento también implica una mayor densidad energética, reflejada en el contenido calórico del pan de manzana y semillas (341.2 kcal) en comparación con el pan de semillas (333.9 kcal). Esto sería una consideración importante en contextos de control calórico (13).

En cuanto a los carbohidratos totales, se observó una disminución en el pan de manzana y semillas (30.9%) respecto al pan de semillas (38.2%), lo cual es consistente con la sustitución de harina de trigo, rica en carbohidratos por ingredientes con mayor contenido de fibra y grasa. Hudhayfa y cols. (2025) reportaron una disminución progresiva de carbohidratos conforme aumenta el nivel de sustitución atribuida al reemplazo de almidón por fibra y lípidos. Este comportamiento ha sido descrito previamente y sugiere una posible reducción en la carga glucémica del producto, aunque se debe tomar en cuenta que este parámetro no fue evaluado directamente en el presente estudio. En esta investigación, los resultados muestran una reducción más marcada que en los estudios

comparados, lo que sugiere un efecto complementario entre el orujo de manzana y las semillas (52).

El contenido de sodio en ambos productos desarrollados es bajo, ya que las dos formulaciones contienen 0.5 g de sal por porción de masa, equivalente a dos panes. Considerando que la sal (NaCl) contiene aproximadamente un 40% de sodio, esto equivale a 130 mg de sodio por 100 g de pan.

En comparación con panes comerciales, cuyo contenido es de entre 400 y 600 mg de sodio por 100 g, los productos desarrollados presentan una reducción significativa. Esta diferencia se debe a la menor cantidad de sal añadida y a la ausencia de aditivos con sodio, comúnmente utilizados en la panificación industrial (como conservadores y mejoradores de masa).

En cuanto a las propiedades tecnológicas, particularmente la textura, se evidenciaron diferencias significativas, atribuibles a la disminución del gluten disponible, proveniente de la harina de trigo y a la interferencia de compuestos como mucílagos y fibra dietaria en la formación de la red viscoelástica. Esto coincide con lo reportado por Adamczyk y cols. (2021), quienes indican que niveles altos de sustitución pueden afectar negativamente la estructura del pan (38).

Cabe destacar que los cambios en textura no solo dependen del porcentaje de sustitución, sino también del tipo de ingrediente incorporado. En particular, el orujo de manzana, por su contenido de fibra, puede aumentar la densidad y firmeza del producto, generando una estructura más compacta y un color más oscuro.

Respecto al color, se observaron diferencias significativas, predominando tonalidades oscuras (60.8%) y doradas (52.3%) según la percepción de los encuestados. Esto puede explicarse por la presencia de compuestos fenólicos y la intensificación de reacciones de pardeamiento no enzimático, en concordancia con Saman y cols. (2025). En el presente estudio, el efecto parece más pronunciado, lo que sugiere una contribución adicional del orujo de manzana (11).

En términos de aceptabilidad sensorial, el producto presentó una valoración favorable en especial la segunda muestra (53.1%), donde los encuestados estarían dispuestos a incluir el producto a su dieta (89.2%) y al aceptar que este producto esté disponible en el mercado (87.7%), lo cual coincide con lo reportado por Nieto (2023), quien indica que sustituciones moderadas mantienen la aceptación del producto. Sin embargo, se observa que atributos como textura, sabor y color pueden verse comprometidos, evidenciando la necesidad de equilibrar el valor nutricional y la calidad sensorial (28).

Respecto al análisis de costos los resultados para el pan de semillas tienen un costo de \$3.12 por unidad, mientras que el pan con orujo de manzana y semillas presenta un costo mayor de \$3.35 por unidad. Este aumento puede atribuirse principalmente a el mayor contenido de linaza en la formulación, lo que incrementa el costo total de los ingredientes. Sin embargo, la diferencia de costos entre ambos productos es relativamente baja.

Al comparar estos costos con los de panes comerciales, se observa que ambos productos se encuentran por encima del pan blanco industrial y se encuentran dentro de los rangos de precio de mercado de panes integrales comerciales. Sin embargo, es importante destacar que el pan desarrollado en este estudio ofrece un valor agregado importante, debido a su mayor contenido de fibra y perfil nutrimental, lo que podría justificar un precio más elevado en el mercado.

En conjunto, los resultados evidencian que los panes con orujo de manzana y semillas presentan un perfil nutricional mejorado, caracterizado por un mayor contenido de fibra, proteínas y lípidos, así como una menor proporción de carbohidratos y sodio. No obstante, estos beneficios se acompañan de un incremento en el contenido energético y modificaciones en las propiedades tecnológicas y sensoriales.

Finalmente, la sustitución parcial de harina de trigo por ingredientes funcionales es una estrategia viable para el desarrollo de productos con mayor valor nutricional. Sin embargo, los efectos observados sugieren la existencia de un nivel óptimo de sustitución, más allá del cual la calidad del producto puede verse comprometida. Esto resalta la importancia de optimizar formulaciones que equilibren funcionalidad y aceptabilidad,

considerando tanto el porcentaje como las características propias de los ingredientes utilizados.

XIII. CONCLUSIONES

A través de esta investigación se desarrollaron dos panes con formulaciones basadas en el enriquecimiento con harina de semillas como chía, quinoa, linaza, avena y de orujo de manzana, esto con el fin de buscar una mejora en el contenido de nutrientes como el aumento de fibra y una reducción de sodio. Los resultados obtenidos nos permiten afirmar que el objetivo general de la investigación fue cumplido al lograr un producto con las características nutricionales antes mencionadas.

Se comprobó que el enriquecimiento del pan de trigo con ingredientes como la avena, chía, linaza, quinoa y orujo de manzana que son ingredientes con amplios beneficios nutrimentales tanto por su porcentaje de macronutrientes como por sus componentes bioactivos ayuda a mejorar de manera significativa la composición proximal del pan. En particular se observó un incremento en el contenido de fibra, pero también se observó un incremento en el contenido de proteínas y lípidos, lo que contribuyó a una disminución de los carbohidratos. Esto refleja un cambio en la calidad nutricional del pan en comparación a los industrializados, de manera que este producto puede ser una opción viable para incluir en la dieta de la población mexicana.

De igual manera los resultados demuestran que la inclusión de orujo de manzana constituye un aporte importante de fibra, lo que resalta su potencial como ingrediente funcional y como alternativa para el aprovechamiento de subproductos agroindustriales. Este hallazgo no solo tiene implicaciones nutricionales, sino también ambientales y económicas, al promover el uso sostenible de residuos alimentarios, contribuyendo así con los objetivos de desarrollo sostenible.

En cuanto a las propiedades sensoriales del producto se observaron cambios en la textura del producto, esto debido a la adición de ingredientes con contenido de fibra y mucílagos que ocasionan una mayor densidad y firmeza al pan, además de la disminución de la harina de trigo que reduce la capacidad de fermentación de la masa. Lo que pone en evidencia la necesidad de encontrar un equilibrio entre la mejora nutricional y la aceptación del consumidor, ya que atributos como textura, sabor y color pueden verse comprometidos conforme aumenta la sustitución de harina de trigo.

Como limitaciones de esta investigación, se reconoce que no se realizaron análisis microbiológicos ni evaluaciones de vida de anaquel. Asimismo, el tamaño de muestra utilizado en la evaluación sensorial limita la posibilidad de extrapolar los resultados a una población más amplia. De igual manera, aunque se realizó un análisis básico de costos, no se llevó a cabo una evaluación económica a escala industrial, por lo que la viabilidad de comercialización del producto desarrollado requiere mayor análisis.

Como recomendaciones para futuras investigaciones se proponen estudios microbiológicos y pruebas de vida útil para garantizar la seguridad e inocuidad del producto durante su almacenamiento. También se sugiere desarrollar análisis de costos industriales y estudios de factibilidad comercial que permitan evaluar la posibilidad de producción a mayor escala. Finalmente, sería importante ampliar el tamaño de muestra en las pruebas de aceptabilidad e incluir diferentes grupos poblacionales para obtener resultados más representativos y fortalecer la aceptabilidad de mercado del producto desarrollado.

XIV. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Shamah-Levy T, Lazcano-Ponce EC, Cuevas-Nasu L, Romero-Martínez M, Gaona-Pineda EB, Gómez-Acosta LM, et al. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición Continua 2023. Resultados Nacionales. Primera edición. Reveles Francisco, Tlapale Vázquez Ana, Mendoza Fernanda, editores. Cuernavaca, México: Instituto Nacional de Salud Pública; 2024.
2. Barquera S, Hernández-Barrera L, Oviedo-Solís C, Rodríguez-Ramírez S, Monterrubio-Flores E, Trejo-Valdivia B, et al. Obesidad en adultos. *Salud Publica Mex.* el 22 de agosto de 2024;66(4):414–24. doi:10.21149/15863 PubMed PMID: 39977089.
3. Diego López. Cada mexicano consume 33 kilos de pan al año y el mercado sigue en ascenso [Internet]. 2025 [citado el 24 de septiembre de 2025]. Disponible en: <https://www.eleconomista.com.mx/bistronomie/mexicano-consume-33-kilos-pan-ano-mercado-sigue-ascenso-20250227-748094.html>
4. Aguilasocho Montoya Dora, de León Nuñez Laura Ponce, de la Torre Torre Oscar Valdemar. Entre la competitividad y la salud. Un estudio de consumo de pan y bollería en Uruapan, Michoacán. Repositorio De La Red Internacional De Investigadores En Competitividad. el 6 de noviembre de 2025;19.
5. Ng CY, Wang M. The functional ingredients of quinoa (*Chenopodium quinoa*) and physiological effects of consuming quinoa: A review. *Food Frontiers.* el 1 de septiembre de 2021;2(3):329–56. doi:10.1002/fft2.109
6. Motyka S, Skala E, Ekiert H, Szopa A. Health-promoting approaches of the use of chia seeds. *Journal of Functional Foods.* el 8 de abril de 2023;103. doi:10.1016/j.jff.2023.105480
7. Rodríguez Casallas Simón Santiago. Caracterización nutricional de semillas de calabaza y linaza molida para su integración en el diseño de barras de cereal. [Bogotá, Colombia]: Universidad de los Andes; 2022.

8. Cruz Guerrero Alma E., Alatorre Santamaria Sergio. La importancia de la avena en la salud. *Revista de Educación en ciencias e Ingeniería*. enero de 2023;70–4.
9. Abreu y Abreu AT, Milke-García MP, Argüello-Arévalo GA, Calderón-de la Barca AM, Carmona-Sánchez RI, Consuelo-Sánchez A, et al. Fibra dietaria y microbiota, revisión narrativa de un grupo de expertos de la Asociación Mexicana de Gastroenterología. *Revista de Gastroenterología de México*. Ciudad de México, México.: Asociación Mexicana de Gastroenterología; 2021. p. 287–304. doi:10.1016/j.rgmex.2021.02.004
10. Morocho G, Pacheco CF, Noriega Verdugo D, Dominguez LD, Echavarría AP. Aprovechamiento de los residuos agrícolas del epicarpio de la manzana (*Pyrus malus linnaeus*) para la obtención de harina. *FACSALUD-UNEMI*. el 7 de diciembre de 2021;5(9):48–56. doi:10.29076/issn.2602-8360vol5iss9.2021pp48-56p
11. Saman F, Altemimi AB, Ali K, Inam-Ur-Raheem M, Mukhtar F, Yıkmiş S, et al. A comprehensive review on effect of chia seed, flaxseed, sesame seed and their derivatives on quality of bakery products. Elsevier B.V., editor. *Applied Food Research*. Elsevier B.V.; 2025. doi:10.1016/j.afres.2025.101534
12. Eugenia steffolani, Mario M. Martinez, Alberto E. León, Manuel Gómez. Effect of pre-hydration of chia (*Salvia hispanica* L.), seeds and flour on the quality of wheat flour breads. *LWT - Food Science and Technology*. mayo de 2015;61(2):401–6. doi:10.1016/j.lwt.2014.12.056
13. Rodríguez Toro Mabel Yurani. Potencial de las harinas compuestas y su comportamiento reológico y sensorial en panificación [Ingeniería de alimentos]. Universidad Nacional Abierta y a Distancia; 2022.
14. NORMA Oficial Mexicana NOM-247-SSA1-2008, Productos y servicios. Cereales y sus productos. Cereales, harinas de cereales, sémolas o semolinas. Alimentos a base de: cereales, semillas comestibles, de harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación. Disposiciones

- y especificaciones sanitarias y nutrimentales. Métodos de prueba [Internet]. julio de 2009 [citado el 26 de mayo de 2026]. Disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5646251&fecha=22/03/2022#gsc.tab=0
15. NORMA MEXICANA NMX-F-442-1983 Alimentos - Pan - Productos de Bollería [Internet]. [citado el 26 de mayo de 2026]. Disponible en: <http://economia-nmx.gob.mx/normas/nmx/1983/nmx-f-442-1983.pdf>
 16. Mesas JM, Alegre MT. El pan y su proceso de elaboración. *Journal of Food*. el 14 de octubre de 2009;3(5):307–13. doi:10.1080/11358120209487744
 17. Martínez García Miguel. Evaluación de las propiedades fisicoquímicas, estabilidad durante el almacenamiento y propiedades sensoriales de pan adicionado con harinas no convencionales. [Xalapa]: Universidad veracruzana; 2024.
 18. García-Chávez CG, Monterrubio-Flores E, Ramírez-Silva I, Aburto TC, Pedraza LS, Rivera-Dommarco J. Contribución de los alimentos a la ingesta total de energía en la dieta de los mexicanos mayores de cinco años. *Salud Publica Mex*. el 1 de marzo de 2020;62(2):166–80. doi:10.21149/10636 PubMed PMID: 32237559.
 19. Ríos Reyna Candelaria, Díaz Ramírez Glenda, Castillo Ruíz O, Pardo Buitimea Naysin Yaheko, Alemán Castillo SanJuana. Políticas y estrategias para combatir la obesidad en Latinoamérica. *Rev Med Inst Mex Seguro Soc*. el 22 de junio de 2022;60:666–74.
 20. Profeco. Sodio en Bolillo y pan de caja. *Revista del consumidor*. febrero de 2013;30–43.
 21. Gaona-Pineda EB, Arango-Angarita A, Valenzuela-Bravo DG, Medina-Zacarías MC, Martinez-Tapia B, Rodríguez-Ramírez S, et al. Contribución energética de alimentos mínimamente procesados, ultraprocesados y factores sociodemográficos asociados. *Salud Publica Mex*. el 22 de noviembre de 2025;67(6 (nov-dic)):587–97. doi:10.21149/16998 PubMed PMID: 41698144.

22. Pérez Berlanga G. Los alimentos ultraprocesados como un tema de estudio de la bioética global. *Medicina y Ética*. el 2 de octubre de 2023;34(4):935–98. doi:10.36105/mye.2023v34n4.02
23. Hoil Sosa CG, Suárez Lara GA, Velazquez Melken LE, Peña Torres EF, Torres Soto NY, Martínez Ramírez B, et al. Diseño y validación de la escala de actitudes hacia el consumo de alimentos ultraprocesados en estudiantes de Ciencias de la Salud de la Universidad Autónoma del Estado de Quintana Roo. *Acta Univ.* el 20 de noviembre de 2024;34:1–17. doi:10.15174/au.2024.4126
24. García-García JA, Hernández-Ángel JF, Charles-Meza ÁG. El comportamiento alimentario y el conocimiento del etiquetado de alimentos: Diferencias entre mujeres y hombres. *Revista Mexicana de Trastornos Alimentarios*. el 6 de enero de 2025;15(1):32–43. doi:10.22201/fesi.20071523e.2025.1.815
25. Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. Cultivo de trigo en México: todo lo que debes de saber [Internet]. 2022 [citado el 29 de abril de 2026]. Disponible en: <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/cultivo-de-trigo-en-mexico-todo-lo-que-debes-de-saber>
26. Esquisabel Eugenia, Castro Ana Carolina. Trigo pan: Usos y comercialización. En: *Cereales de invierno* [Internet]. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP); 2022. Disponible en: http://www.cabcbue.com.ar/enlazados/normas_calidad/N20-TrigoPan.pdf
27. Pérez Lizaur Ana Bertha, Palacios González Berenice. *Sistema Mexicano de Alimentos Equivalentes*. 5a ed. México: Fomento de Nutrición y Salud AC.; 2022.
28. Nieto Rojas Euclides Efraín. Efecto de la inclusión de harina de quinua (*Chenopodium quinoa wild*) y cushuro (*Nostoc sphaericum*) en la elaboración de pan de miga enriquecida. [Huánuco- Perú]: Universidad Nacional Hermilio Valdizán; 2023.
29. Menchaca-Aguilar A, Mora-Flores JS, García-Salazar JA, García-Mata R, Escobedo-Garrido JS. El mercado de la manzana fresca en México: 2000 -

2021. Revista Fitotecnia Mexicana. el 28 de mayo de 2024;47(2):173–80. doi:10.35196/RFM.2024.2.173
30. Pérez-Contreras S, Avalos-de la Cruz DA, Herrera-Corredor JA, Lizardi-Jiménez MA, Baltazar-Bernal O, Hernandez Martínez R. Residuos agroindustriales en México: Una alternativa para la producción de enzimas de interés industrial. Agro-Divulgación. el 21 de octubre de 2025;5(1):8–11. doi:10.54767/ad.v5i1.304
31. Pascual-Chagman GJ, Encina-Zelada CR. Caracterización de las harinas de trigo (*Triticum aestivum*), y de residuo de naranja (*Citrus x aurantium*) y de manzana (*Malus domestica*) para su aplicación en alimentos. Agroindustrial Science. el 19 de diciembre de 2022;12(3):279–86. doi:10.17268/agroind.sci.2022.03.06
32. Pathan S, Siddiqui RA. Nutritional Composition and Bioactive Components in Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Greens: A Review. Anna Gramza-Michałowska, editor. Nutrients. MDPI; 2022. doi:10.3390/nu14030558 PubMed PMID: 35276913.
33. Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura. Transformación de la quinua [Internet]. [citado el 26 de abril de 2026]. Disponible en: <https://www.fao.org/in-action/quinoa-platform/quinoa/produccion-sostenible/transformacion-de-la-quinua/es/>
34. ¿Conoces la quinua? [Internet]. [citado el 28 de abril de 2026]. Disponible en: <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/conoces-la-quinua>
35. Gaur M, Yadav S, Soni A, Tomar D, Jangra A, Joia S, et al. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd): nutritional profile, health benefits, and sustainability considerations. Discover Food. el 31 de mayo de 2025;5(1). doi:10.1007/s44187-025-00470-y
36. Nandan A, Koirala P, Dutt Tripathi A, Vikranta U, Shah K, Gupta AJ, et al. Nutritional and functional perspectives of pseudocereals. Food Chem. el 20 de

marzo de 2024;448. doi:10.1016/j.foodchem.2024.139072 PubMed PMID: 38547702.

37. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales A y P. La chía (Salvia hispánica) en la Estrategia de Acompañamiento Técnico para Productores de Pph. 2022.
38. Adamczyk G, Ivanišová E, Kaszuba J, Bobel I, Khvostenko K, Chmiel M, et al. Quality assessment of wheat bread incorporating chia seeds. *Foods*. el 7 de octubre de 2021;10(10). doi:10.3390/foods10102376
39. Kim IS, Hwang CW, Yang WS, Kim CH. Multiple antioxidative and bioactive molecules of oats (*Avena sativa* L.) in human health. Raffaella Boggis, Giosue Costa, Federica Turrini, editores. *Antioxidants*. MDPI; 2021. doi:10.3390/antiox10091454
40. Villaseñor-Mir HE, Rosa RHS, Huerta-Espino J, Martínez-Cruz E, Espitia-Rangel E, Osorio-Alcalá L. Rubí, a new oat variety for rainfed cultivation in México. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 2023;46(3):335–8. doi:10.35196/rfm.2023.3.335
41. Estadísticas de producción de avena grano en México [Internet]. 2021 [citado el 26 de abril de 2026]. Disponible en: https://blogagricultura.com/estadisticas-avena-grano-mexico/?utm_source
42. Torres Ruiz Juan Manuel. Propuesta de una barra de chocolate con linaza y concentrado de proteína de soya adicionada con quínoa inflada. Universidad Autónoma de México; 2023.
43. Objetivos de desarrollo sostenible [Internet]. [citado el 3 de mayo de 2026]. Disponible en: <https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals>
44. ONU. Objetivo 2 Poner fin al hambre [Internet]. [citado el 3 de mayo de 2026]. Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/hunger/>
45. ONU. Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles [Internet]. [citado el 3 de mayo de 2026]. Disponible en:

<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-consumption-production/>

46. NORMA Oficial Mexicana NOM-051-SCFI/SSA1-2010, Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados-Información comercial y sanitaria. [Internet]. [citado el 10 de mayo de 2026]. Disponible en: https://cdn.prod.website-files.com/64e426e7ac0a9207319f84fd/64fd56476e1ec367830d0a0f_NOM-051-SCFI%3ASSA1-2010.pdf
47. NORMA Oficial Mexicana NOM-086-SSA1-1994 Bienes Y Servicios. Alimentos y bebidas no alcohólicas con modificaciones en su composición. Especificaciones nutrimentales [Internet]. [citado el 10 de mayo de 2026]. Disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_to_imagen_fs.php?codnota=4890075&fecha=26/06/1996&cod_diario=209540
48. Section 3.4 of the Codex Guidelines for use of nutrition and health claims.
49. Moreno García Carla Andrea, Mariscal Moreno Rosa Maria, Vázquez Hernández Maria Cristina. Producción de pan con ingredientes no convencionales. Revista de Ingeniería en Industrias Alimentarias. agosto de 2024;1:150–5.
50. Lin S. Fibra dietética en productos de panadería-origen, procesamiento y función. Avances en la investigación en alimentación y nutrición. 2022;99:37–100. doi:<https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2021.12.001>
51. Kauser S, Murtaza MA, Hussain A, Imran M, Kabir K, Najam A, et al. Apple pomace, a bioresource of functional and nutritional components with potential of utilization in different food formulations: A review. Food Chemistry Advances. Elsevier Ltd; 2024. doi:10.1016/j.focha.2023.100598
52. Hudhayfa I., Al- Alwani, Noor J. Fadhil, Saad I. Yousif. The effect of replacing wheat flour with sesame and flax flour on the chemical composition, fatty acids,

and antioxidant properties of biscuits. Tikrit Journal for Agricultural Sciences.
el 31 de diciembre de 2023;23(4):74–84. doi:10.25130/tjas.23.4.7

XV. GLOSARIO

Acetato: Sal o éster derivado del ácido acético. En nutrición y metabolismo, es un ácido graso de cadena corta producido por la fermentación de fibras en el colon, con funciones energéticas y reguladoras.

Ácido ursólico: Compuesto bioactivo presente en la cáscara de frutas con propiedades antioxidantes y antiinflamatorias.

Ácidos fenólicos: Compuestos bioactivos de origen vegetal con actividad antioxidante.

Aditivos: Sustancias añadidas a los alimentos para mejorar su conservación, sabor, color, textura o estabilidad.

Antioxidante: Sustancia que protege a las células del daño causado por radicales libres.

Betaglucanos: Tipo de fibra soluble presente en cereales como la avena, asociada con la reducción del colesterol y la glucosa.

Butirato: Ácido graso de cadena corta generado en el colon por la fermentación de fibras. Es la principal fuente de energía para los colonocitos y ejerce efectos antiinflamatorios, protectores de la mucosa intestinal y moduladores de la microbiota.

Coadyuvante: Sustancia utilizada durante el procesamiento de alimentos para facilitar su elaboración, sin permanecer necesariamente en el producto final.

Dicotiledón: Planta cuya semilla presenta dos cotiledones o estructuras embrionarias.

Diurética: Propiedad de una sustancia que favorece la eliminación de líquidos a través de la orina.

Energía: Cantidad de calorías que un alimento aporta al organismo para realizar funciones vitales.

Epicarpio: Capa externa de los frutos, comúnmente conocida como cáscara.

Fibra insoluble: Tipo de fibra que no se disuelve en agua y favorece el tránsito intestinal.

Fibra soluble: Tipo de fibra que se disuelve en agua formando geles, ayudando a regular glucosa y colesterol.

Fibra: Componente de origen vegetal no digerible que favorece la salud digestiva.

Fitoesteroles: Compuestos vegetales estructuralmente similares al colesterol, presentes en aceites, semillas y frutos secos. Actúan reduciendo la absorción intestinal de colesterol y contribuyen a la salud cardiovascular.

Flavonoides: Compuestos vegetales con propiedades antioxidantes y antiinflamatorias.

Gliadinas: Proteínas del trigo que, junto con las gluteninas, forman el gluten y aportan viscosidad a la masa.

Gluten: Complejo proteico presente en el trigo formado por gliadinas y gluteninas, responsable de la estructura de la masa.

Gluteninas: Proteínas del trigo responsables de la elasticidad y fuerza de la masa al formar gluten.

Grasas: Macronutrientes que proporcionan energía, participan en funciones celulares y facilitan la absorción de vitaminas liposolubles.

Carbohidratos: Macronutrientes que constituyen la principal fuente de energía inmediata del organismo.

Orojo de manzana: Residuo sólido obtenido tras la extracción del jugo de manzana, rico en fibra y compuestos bioactivos.

Pectina: Fibra soluble presente en frutas que forma geles y contribuye a reducir colesterol y glucosa.

Polifenoles: Grupo de compuestos vegetales con efectos antioxidantes y beneficios para la salud.

Proliferación: Proceso de multiplicación o aumento del número de células.

Propionato: Ácido graso de cadena corta derivado de la fermentación intestinal de fibras. Participa en la regulación de la gluconeogénesis hepática y tiene efectos beneficiosos sobre el metabolismo de la glucosa y lípidos.

Proteína: Macronutriente esencial formado por aminoácidos, necesario para la formación y reparación de tejidos.

Quercetina: Flavonoide con acción antioxidante que ayuda a proteger las células del daño oxidativo.

Saponinas esteroideas: Metabolitos secundarios de plantas con estructura similar a los esteroides.

Sodio: Mineral que participa en el equilibrio de líquidos y la función nerviosa, cuyo consumo excesivo se asocia con hipertensión.

XVI. ANEXOS

16.1. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Tabla 44. Cronograma de actividades agosto-diciembre 2025

	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1. Portada		X			X
2. Índice General, Índice de Gráficas e Índice de Tablas					
3. Resumen					
4. Abstract					
5. Introducción			X		X
6. Justificación del estudio del objeto: pertinencia o relevancia, etc.		X	X		
7. Objetivo general		X			
8. Objetivos específicos		X			
9. Hipótesis o preguntas de investigación		X			
10. Planteamiento del problema o Estrategias					X
11. Marco Teórico (Metodología)		X	X	X	
12. Materiales y métodos a desarrollar				X	
13. Resultados y discusiones					
14. Conclusiones					
15. Recomendaciones					

16. Bibliografía					
17. Información adicional					
a. Glosario		X			
b. Cronograma de trabajo	X	X	X	X	X
c. Otros aspectos que se consideren relevantes					
18. Anexos (Encuestas, Tablas, etc.)			X	X	X

Tabla 45. Cronograma de actividades enero-mayo 2026

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
1. Portada					
2. Índice General, Índice de Gráficas e Índice de Tablas			X	X	X
3. Resumen					X
4. Abstract					x
5. Introducción		X			
6. Justificación del estudio del objeto: pertinencia o relevancia, etc.		X			
7. Objetivo general		X			
8. Objetivos específicos		X			
9. Hipótesis o preguntas de investigación		X			
10. Planteamiento del problema o Estrategias		x			
11. Marco Teórico (Metodología)	x		X	X	x

12. Materiales y métodos a desarrollar			X	X	
13. Resultados y discusiones	x	x	x	X	X
14. Conclusiones					X
15. Recomendaciones					
16. Bibliografía			X	X	X
17. Información adicional					
a. Glosario			X	x	
b. Cronograma de trabajo				x	X
c. Otros aspectos que se consideren relevantes					
18. Anexos (Encuestas, Tablas, etc.)			x	x	x

16.2. EVIDENCIA FOTOGRÁFICA

Proceso de elaboración del pan

Ilustración 1. Pesaje de ingredientes



Ilustración 2. Activación de la levadura



Ilustración 3. Mezcla de levadura, azúcar y harina de trigo



Ilustración 4. Deshidratación de orujo de manzana (sin semillas)



Ilustración 5. Orujo de manzana (sin semillas) deshidratada



Ilustración 6. Panes de semillas



Ilustración 7. Panes de semillas y orujo de manzana de manzana



Pruebas Bromatológicas

Ilustración 8. Matrazes titulados por triplicado



Ilustración 9. Matraz para determinación de proteínas



Ilustración 10. Titulación de la muestra para determinación de proteína



Ilustración 11. Destilación de la muestra para determinación de proteínas



Ilustración 12. Proceso de extracción de grasa

