



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES

CARRERA DE AGROINDUSTRIA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**EFECTO DEL TIPO DE SECADO SOBRE LOS PARÁMETROS
NUTRICIONALES Y FUNCIONALES DE LA HARINA OBTENIDA A
PARTIR DE LOS SUBPRODUCTOS DE MALTA PALE ALE Y
MALTA CARAHELL (*Hordeum Vulgare*).**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de
Ingenieros Agroindustriales

Autores:

Agila Serrano Alison Abigail
Alarcón Ilbay Samuel Nicolás

Tutor:

Romero Corral Renato Agustín

LATACUNGA-ECUADOR
Marzo - 2026

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Agila Serrano Alison Abigail, con cédula de ciudadanía No. 1751143361 y Alarcón Ilbay Samuel Nicolás, con cédula de ciudadanía No, 1727478909, declaramos ser autores del presente Proyecto de Investigación: **“EFECTO DEL TIPO DE SECADO SOBRE LOS PARÁMETROS NUTRICIONALES Y FUNCIONALES DE LA HARINA OBTENIDA A PARTIR DE LOS SUBPRODUCTOS DE MALTA PALE ALE Y CARAHELL (*Hordeum vulgare*).”**, siendo el Ingeniero Mg. Renato Agustín Romero Corral, Tutor del presente trabajo; y, eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 11 de febrero del 2026

Alison Abigail Agila Serrano
C.C: 1751143361
ESTUDIANTE

Samuel Nicolas Alarcón Ilbay
C.C: 1727478909
ESTUDIANTE

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **AGILA SERRANO ALISON ABIGAIL**, identificada con cédula de ciudadanía **1751143361** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Agroindustria, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **“EFECTO DEL TIPO DE SECADO SOBRE LOS PARÁMETROS NUTRICIONALES Y FUNCIONALES DE LA HARINA OBTENIDA A PARTIR DE LOS SUBPRODUCTOS DE MALTA PALE ALE Y CARAHELL (*Hordeum vulgare*).”**, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Abril 2022 - Agosto 2022

Finalización de la carrera: Octubre 2025 – Marzo 2026

Tutor: Ing. Romero Corral Renato Agustín, Mg.

Tema: **“EFECTO DEL TIPO DE SECADO SOBRE LOS PARÁMETROS NUTRICIONALES Y FUNCIONALES DE LA HARINA OBTENIDA A PARTIR DE LOS SUBPRODUCTOS DE MALTA PALE ALE Y CARAHELL (*Hordeum vulgare*).”**

CLÁUSULA SEGUNDA. - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **LA CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato **LA CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.

- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - **LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 11 días del mes de febrero del 2026.

Alison Abigail Agila Serrano
LA CEDENTE

Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.
LA CESIONARIA

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **ALARCÓN ILBAY SAMUEL NICOLAS**, identificado con cédula de ciudadanía **1727478909** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Agroindustria, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **“EFECTO DEL TIPO DE SECADO SOBRE LOS PARÁMETROS NUTRICIONALES Y FUNCIONALES DE LA HARINA OBTENIDA A PARTIR DE LOS SUBPRODUCTOS DE MALTA PALE ALE Y CARAHELL (*Hordeum vulgare*).”**, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Abril 2022 - Agosto 2022

Finalización de la carrera: Octubre 2025 – Marzo 2026

Tutor: Ing. Romero Corral Renato Agustín, Mg.

Tema: **“EFECTO DEL TIPO DE SECADO SOBRE LOS PARÁMETROS NUTRICIONALES Y FUNCIONALES DE LA HARINA OBTENIDA A PARTIR DE LOS SUBPRODUCTOS DE MALTA PALE ALE Y CARAHELL (*Hordeum vulgare*).”**

CLÁUSULA SEGUNDA. - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato **EL CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- f) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- g) La publicación del trabajo de grado.
- h) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.

- i) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- j) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIO** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **EL CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIO** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **EL CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - **LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **EL CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 11 días del mes de febrero del 2026.

Samuel Nicolas Alarcón Ilbay
EL CEDENTE

Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.
LA CESIONARIA

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutora del Proyecto de Investigación con el título:

“EFECTO DEL TIPO DE SECADO SOBRE LOS PARÁMETROS NUTRICIONALES Y FUNCIONALES DE LA HARINA OBTENIDA A PARTIR DE LOS SUBPRODUCTOS DE MALTA PALE ALE Y CARAHELL (HORDEUM VULGARE)”, de Agila Serrano Alison Abigail y Alarcón Ilbay Samuel Nicolas, de la carrera de Agroindustria, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también han incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 11 de febrero del 2026

Ing. Renato Agustín Romero Corral, Mg.
CC: 1717122483
DOCENTE TUTOR

AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, los postulantes: Agila Serrano Alison Abigail y Alarcón Ilbay Samuel Nicolas, con el título del Proyecto de Investigación: **“EFECTO DEL TIPO DE SECADO SOBRE LOS PARÁMETROS NUTRICIONALES Y FUNCIONALES DE LA HARINA OBTENIDA A PARTIR DE LOS SUBPRODUCTOS DE MALTA PALE ALE Y CARAHELL (HORDEUM VULGARE).”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

Latacunga, 11 de febrero del 2025

Ing. Jaime Orlando Rojas Molina Mg.
C.C: 0502645435
LECTOR 1 (PRESIDENTE)

Ing. Nancy Fabiola Moreano Terán Mg.
C.C: 0503352122
LECTOR 2 (MIEMBRO)

Ing. Franklin Antonio Molina Borja Mg.
C.C: 0501821433
LECTOR 3 (MIEMBRO)

AGRADECIMIENTO

Agradeciendo primeramente a Dios por darme la oportunidad de haber culminado esta etapa de mi vida gran éxito.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi por acogerme y abrirme sus puertas y todos los docentes que compartieron sus conocimientos y sabiduría a lo largo de mi carrera.

Agradezco a mi tutor el Ing. Renato Romero por su apoyo, guía y conocimiento compartidos y sobre todo por su paciencia que son invaluableles.

A mi compañero de tesis Samuel por ser parte de esta etapa a mis amigos que siempre estuvieron para apoyarme, por tantos momentos compartidos en clases como fuera de ellas, gracias por escucharme y brindarme palabras de aliento siempre los recordare con mucho cariño.

Alison Abigail Agila Serrano

AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradezco a Dios por ser mi guía en este camino y permitirme haber culminado con mucho éxito esta etapa de mi vida que con mucho sacrificio y esfuerzo he conseguido.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi por abrirme sus puertas y todos los docentes que compartieron sus conocimientos a lo largo de mi carrera universitaria.

Agradezco a mi tutor el Ing. Renato Romero por su labor y dedicación en este trabajo al impartirnos los adecuados conocimientos con sabiduría y a todo el personal docente que fue parte del proceso permitiéndome concretar una etapa en mi vida profesional.

A mi compañera de tesis Abigail por ser parte de esta etapa y experimentar todas las situaciones donde el apoyo mutuo no faltaba para culminar nuestra investigación también a todas las personas con las que compartí tantos momentos, experiencias, anécdotas etc.

Samuel Nicolas Alarcón Ilbay

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado, primeramente, a Dios por haberme dado la fortaleza y sabiduría para alcanzar este logro.

A mis amados padres Miryam Serrano y Sandro Agila a mis hermanos Michael y Matías que han sido una parte muy importante durante todo este proceso por todo su apoyo paciencia y amor incondicional por siempre confiar en mi por nunca dejarme sola por sus abrazos y palabra, gracias por no dejarme caer.

Dedico este logro también a mis abuelos María y Luis que siempre se han preocupado, que han estado pendiente de mi por todo el amor, apoyó y palabras que me dieron durante todo este proceso, a mis tíos Alexandre, Mónica y Paul quien no me dejaron sola que siempre me tendieron una mano que estuvieron para acucharme y ayudarme, estuvieron en los momentos más difíciles, por sus palabras de aliento y compartir conmigo cada momento hasta este gran logro.

Finalmente, a mi persona por no decaer a pesar de las circunstancias por las lágrimas y horas sin dormir, este trabajo representa el esfuerzo y la perseverancia aprendida para lograr alcanzar este sueño.

Alison Abigail Agila Serrano

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de investigación, primeramente, a Dios por haberme dado la fortaleza y sabiduría para alcanzar este logro.

A mis amados padres Susana Ilbay y Sebastián Alarcón, a mi hermanita Valentina ustedes han sido una parte fundamental en mi proceso de formación profesional, todo su apoyo y amor me acompañaron en los malos momentos, así como en los buenos momentos, ustedes son mi motivo a ser una mejor persona siempre.

Dedico este logro a toda mi familia por su cariño, palabras de aliento. A mi enamorada Shirly por haber sido una persona tan especial en esta etapa de mi vida, que sin duda alguna la llevare con mucho cariño en mi corazón, también a todas las personas que conocí durante mi carrera universitaria y sin duda alguna agradezco infinitamente a mi mascota, mi zoe. Esto es por y para ustedes.

Samuel Nicolas Alarcón Ilbay

ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
ESTUDIANTE	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR	iii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR	v
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	vii
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	viii
AGRADECIMIENTO	ix
AGRADECIMIENTO	x
DEDICATORIA	xi
DEDICATORIA	xii
ÍNDICE GENERAL	xiii
ÍNDICE DE TABLAS	xxi
ÍNDICE DE FIGURAS	xxiv
RESUMEN	xxvi
ABSTRACT	xxvii
INTRODUCCIÓN	1
1. Datos Generales	2
2. Diseño del proyecto	3
2.1. Planteamiento del problema	3
2.2. Marco contextual	4

2.2.1.	Antecedentes.....	5
2.3.	Formulación del problema	6
2.4.	Objetivos.....	6
2.4.1.	Objetivo general	6
2.4.2.	Objetivos específicos.....	7
2.5.	Actividades y tareas en relación con los objetivos planteados	8
2.6.	Fundamentación Teórica	10
2.6.1.	Marco Teórico.....	10
2.6.1.1.	La cebada.....	10
2.6.1.2.	Composición del grano de cebada.....	11
2.6.1.3.	Cebada Malteada (malta)	12
2.6.1.4.	Características de la malta.....	13
2.6.1.5.	Tipos de malta	13
2.6.1.6.	Normas INEN 616:2006.....	15
2.6.1.7.	La cerveza	16
2.6.1.8.	Insumos para la elaboración de cerveza.....	17
2.6.1.9.	Proceso de elaboración de cerveza.....	17
2.6.1.10.	El Bagazo	19
2.6.1.11.	Características del bagazo	20
2.6.1.12.	Composición del bagazo	20
2.6.1.13.	Contenido nutricional del bagazo cervecero	21

2.6.1.14.	Usos del bagazo cervecero	21
2.6.1.15.	El Secado	22
2.6.1.16.	Tipos de secado	22
2.6.1.17.	Parámetros proximales	25
2.6.1.18.	Parámetros fisicoquímicos	26
2.6.1.19.	Parámetros funcionales	27
2.6.1.20.	Parámetros microbiológicos	27
2.6.2.	Marco Conceptual.....	27
2.7.	Metodología del Proyecto de Investigación.....	28
2.7.1.	Tipos de investigación básica	29
2.7.1.1.	Investigación experimental (aplicada)	29
2.7.2.	Métodos de investigación	29
2.7.2.1.	Método experimental (científico).....	29
2.7.2.2.	Método cuantitativo.....	30
2.7.3.	Técnica de investigación	30
2.7.3.1.	Técnicas de investigación cuantitativa.....	30
2.7.4.	Instrumento de investigación.....	30
2.7.4.1.	Recolección de datos	30
2.7.4.2.	Análisis de investigación.....	31
2.7.5.	Materiales y equipos	31
2.7.5.1.	Materia prima	31

2.7.5.2.	Material- equipo Papel aluminio	31
2.7.5.3.	Descripción de maquinaria y equipos a usar	32
2.7.6.	Metodología para la caracterización de los parámetros proximales del bagazo.	32
2.7.6.1.	Determinación de los parámetros proximales del bagazo	32
2.7.6.2.	Determinación de proteínas AOAC 2001.1	32
2.7.6.3.	Contenido de Fibra AOAC 930.15	33
2.7.6.4.	Determinación de humedad AOAC 930.15.....	34
2.7.6.5.	Carbohidratos	34
2.7.6.6.	Ceniza AOAC 923.03.....	35
2.7.6.7.	pH según INEN 973	35
2.7.7.	Metodología para la obtención de la harina de bagazo malteado.....	36
2.7.7.1.	Recepción	36
2.7.7.2.	Limpieza.....	36
2.7.7.3.	Selección	36
2.7.7.4.	Pesado.....	37
2.7.7.5.	Prensado	38
2.7.7.6.	Secado	38
2.7.7.7.	Secado por estufa de aire forzado	38
2.7.7.8.	Secado por convección.....	39
2.7.7.9.	Molienda.....	40
2.7.7.10.	Tamizado	40

2.7.7.11.	Envasado y pesado	41
2.7.7.12.	Almacenado.....	42
2.7.7.13.	Diagramas de flujo de la obtención de la harina de bagazo de cebada malteada	42
2.7.8.	Metodología para la determinación de los análisis nutricionales de la harina de bagazo de cebada malteada	43
2.7.8.1.	Proteína AOAC 2001.11.....	43
2.7.8.2.	Ceniza.....	43
2.7.8.3.	Carbohidratos	43
2.7.8.4.	Fibra	43
2.7.9.	Metodología para análisis de vitaminas.....	43
2.7.9.1.	Tiamina AOAC 942.23.....	43
2.7.9.2.	Riboflavina (AOAC 970.65).....	44
2.7.9.3.	Niacina	44
2.7.9.4.	Aminoácidos.....	44
2.7.9.5.	Índice de solubilidad	45
2.7.9.6.	Densidad aparente	45
2.7.9.7.	Densidad compactada.....	46
2.7.9.8.	Ángulo de reposo	47
2.7.10.	Metodología para la determinación de las propiedades funcionales de la harina de malta cervecera.....	47
2.7.10.1.	Índice Absorción de agua.....	47

2.7.10.2.	Capacidad de retención de agua	48
2.7.10.3.	Capacidad de hinchamiento o expansión.	48
2.7.10.4.	Índice de viscosidad	49
2.7.10.5.	Índice de gluten	49
2.7.11.	Metodología para la determinación del análisis microbiológico de la harina de bagazo de cebada malteada	51
2.7.11.1.	Determinación de mohos.....	51
2.7.11.2.	Determinación de Coliformes totales.....	51
2.7.11.3.	Determinación de salmonella.....	51
2.7.12.	Metodología de la Elaboración de la bebida vegetal propuesta.....	52
2.7.12.1.	Selección del tratamiento	52
2.7.12.2.	Preparación de la mezcla.....	52
2.7.12.3.	Adición del edulcorante	52
2.7.12.4.	Filtrado	53
2.7.12.5.	Envasado y almacenamiento	53
2.8.	Hipótesis	53
2.8.1.	Hipótesis nula	53
2.8.2.	Hipótesis alterna	53
2.9.	Diseño Experimental.....	53
2.9.1.	Cuadro de variables	55
2.9.2.	Cuadro de tratamientos para las combinaciones del diseño experimental	56

2.10.	Análisis y discusión de resultados.....	56
2.10.1.	Resultados de la caracterización proximal del bagazo de cebada malteada (Pale Ale y Carahell)	56
2.10.2.	Evaluación de los efectos de los tipos de secado en propiedades fisicoquímicas de la harina	58
2.10.2.1.	Porcentaje de proteína	58
2.10.2.2.	Porcentaje de Solubilidad.....	61
2.10.2.3.	Densidad Aparente	63
2.10.2.4.	Densidad Compactada.....	66
2.10.2.5.	Índice de Hausner.....	69
2.10.2.6.	Ángulo de reposo	70
2.10.2.7.	pH.....	71
2.10.3.	Caracterización nutricional. Funcional y microbiológica del mejor tratamiento	74
2.10.3.1.	Propiedades nutricionales.....	74
2.10.3.2.	Caracterización funcional.....	75
2.10.3.3.	Análisis microbiológico	76
2.10.4.	Producto alimenticio propuesto	77
2.10.4.1.	Análisis de resultados sensoriales	80
2.10.4.2.	Síntesis cuantitativas de aceptación sensorial.	101
2.10.4.3.	Presupuesto de producción de la bebida vegana	102
3.	Impactos del proyecto	104

3.1. Impacto Técnico.....	104
3.2. Impacto Social.	104
3.3. Impacto Ambiental.....	104
3.4. Impacto Económico.	105
4. Recursos y Presupuesto.....	105
5. Conclusiones	108
6. Recomendaciones.....	110
7. Bibliografía.....	110

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Actividades y sistemas de tareas en relación con los objetivos planteados	8
Tabla 2. Características morfológicas de la cebada para cerveza	10
Tabla 3. Composición nutricional de la malta	13
Tabla 4. Composición nutricional de la malta Pale Ale	15
Tabla 5. Composición nutricional de la malta caramelo	15
Tabla 6. Requisitos físicos y químicos de la harina de trigo.....	16
Tabla 7. Composición química del bagazo en materia seca	20
Tabla 8. Descripción técnica de deshidratación de secado por aire forzado Memmet, Buchenbach, Germany.....	32
Tabla 9. Descripción técnica de deshidratador por convección.....	32
Tabla 10. Modelo matemático para los análisis fisicoquímicos de los tratamientos	54
Tabla 11. Factores del diseño experimental	55
Tabla 12. Cuadro de variables de estudio	55
Tabla 13. Cuadro de tratamientos	56
Tabla 14. Caracterización proximal del bagazo de cebada malteada	57
Tabla 15. Análisis de Varianza del porcentaje de proteína	58
Tabla 16. Prueba de Tukey del tipo de secado y tipo de harina para el porcentaje de proteína	59
Tabla 17. Análisis de Varianza de la solubilidad	61
Tabla 18. Prueba de Tukey del tipo de harina con respecto al porcentaje de solubilidad.....	62

Tabla 19. Análisis de Varianza de la Densidad Aparente.....	64
Tabla 20. Prueba de Tukey del tipo de secado con respecto a la de la densidad aparente.....	64
Tabla 21. Prueba de Tukey de densidad aparente vs tipo de secado.....	65
Tabla 22. Prueba de Tukey de densidad aparente vs tipo de secado.....	65
Tabla 23. Análisis de Varianza de la Densidad Compactada	67
Tabla 24. Prueba de Tukey del tipo de harina con respecto a la densidad compactada.....	67
Tabla 25. Prueba de Tukey del tipo de secado con respecto a la densidad compactada.....	67
Tabla 26. Prueba de Tukey del tipo de secado y tipo de harina para la densidad compacta....	68
Tabla 27. Índice de Hausner para el tipo de secado y el tipo de harina	69
Tabla 28. Análisis de Varianza del ángulo de reposo.....	70
Tabla 29. Análisis de Varianza del pH	71
Tabla 30. Resumen de los parámetros que determinaron mejor tipo de secado y de harina ...	73
Tabla 31. Caracterización nutricional de Pale Ale (secado por estufa de aire forzado)	74
Tabla 32. Caracterización funcional de Pale Ale (secado por estufa de aire forzado).....	75
Tabla 33. Caracterización microbiológica de Pale Ale (secado por estufa de aire forzado)....	76
. Formulación de la bebida elaborada a base de harina de malta Pale Ale	78
Tabla 35. Agrado del color.....	80
Tabla 36. Homogeneidad	82
Tabla 37. Sedimentación visible.	83
Tabla 38. Agrado del aroma.....	85
Tabla 39. Percibe olor extraño	86

Tabla 40. Agrado del sabor	88
Tabla 41. Retrogusto	89
Tabla 42. Agrado de la textura	90
Tabla 43. Cremosidad	92
Tabla 44. Dulzor	93
Tabla 45. Cuerpo- Espesor.....	95
Tabla 46. Arenosidad	96
Tabla 47. Amargor	98
Tabla 48. Aceptación global.....	99
Tabla 49. Comentarios	100
Tabla 50. Síntesis cuantitativas de aceptación sensorial.....	101
Tabla 51. Presupuesto de producción del producto	102
Tabla 52. Presupuesto de elaboración del proyecto	105

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cebada.....	10
Figura 2. Proceso de Malteado	12
Figura 3. Tipos de malta	13
Figura 4. Elaboración de la cerveza.	19
Figura 5. Contenido de aminoácidos en el bagazo de cerveza.....	21
Figura 6. Lavado de la malta	36
Figura 7. Selección	37
Figura 8. Pesado	37
Figura 9. Prensado	38
Figura 10. Secado	39
Figura 11. Secado por convección.....	40
Figura 12. Molienda	40
Figura 13. Tamizado	41
Figura 14. Envasado y pesado	41
Figura 15. Diagrama de flujo para obtener harina de bagazo de cebada malteada	42
Figura 16. Leche vegana de bagazo de cebada.....	78
Figura 17. Diagrama de flujo para obtener la bebida vegana.....	79
Figura 18. Agrado de color.....	80
Figura 19. Homogeneidad	82

Figura 20. Sedimentación visible	84
Figura 21. Agrado del aroma	85
Figura 22. Percibe olor extraño	87
Figura 23. Agrado del sabor	88
Figura 24. Retrogusto	89
Figura 25. Agrado de la textura	91
Figura 26. Cremosidad	92
Figura 27. Dulzor	94
Figura 28. Cuerpo – Espesor	95
Figura 29. Arenosidad	97
Figura 30. Amargor	98
Figura 31. Aceptación global.....	99
Figura 32 Comentarios	100

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TEMA: EFECTO DEL TIPO DE SECADO SOBRE LOS PARÁMETROS NUTRICIONALES Y FUNCIONALES DE LA HARINA OBTENIDA A PARTIR DE LOS SUBPRODUCTOS DE MAALTA PALE ALE Y MALTA CARAHELL (*Hordeum vulgare*).

Autores:

Agila Serrano Alison Abigail
Alarcón Ilbay Samuel Nicolás

RESUMEN

En el presente estudio se evaluó la influencia de los tipos de secado en los parámetros nutricionales, físicos, químicos y funcionales de las harinas elaboradas a partir del bagazo de cebada malteada, un subproducto generado en la industria de la cerveza artesanal, mediante un diseño experimental factorial AxB, con dos factores: tipo de harina (Pale Ale y Carahell) y método de secado (estufa de aire forzado y secado por convección), considerando tres repeticiones por tratamiento. Se analizó variables claves relacionadas con la composición nutricional, incluyendo proteína, fibra, grasa, carbohidratos y humedad, así como propiedades físicas y funcionales, absorción de agua, retención de agua, índice de hinchamiento, viscosidad y gluten. En los resultados se evidenció que el secado por estufa de aire forzado permitió una mayor conservación de las características nutricionales y funcionales de las harinas, mientras que el secado convencional provocó pérdidas significativas de nutrientes. Entre las harinas evaluadas, la de Pale Ale presentó los mejores resultados, con proteína del 12.02 %, grasa del 3.43 %, Ceniza del 2.00 %, fibra del 8.42 %, vitamina B1 (Tiamina) 0.18 mg/g, vitamina B2 (Riboflavina) 0.18 mg/g, vitamina B3 (Niacina) 0.48 mg/g y aminoácidos totales 17.25 % P/P, destacando como la harina de mayor valor nutricional y funcional, posteriormente se desarrolló una bebida vegetal a base de harina de cebada malteada tipo Pale ale enfatizando su aceptabilidad como producto innovador. En conclusión, la combinación de harina de Pale Ale con secado por estufa de aire forzado se identificó como la opción más adecuada, ofreciendo un producto de alta calidad que puede ser incorporado en la industria alimentaria como ingrediente funcional, contribuyendo a la valorización de subproductos cerveceros.

Palabras *clave*: Cebada, Harina Pale Ale, Carahell, secado al vacío, secado por convección.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES

THEME: EFFECT OF THE TYPE OF DRYING ON THE NUTRITIONAL AND FUNCTIONAL PARAMETERS OF THE FLOUR OBTAINED FROM THE BY-PRODUCTS OF MAALTA PALE ALE AND MALTA CARAHELL (*Hordeum Vulgare*).

Authors:

Agila Serrano Alison Abigail
Alarcón Ilbay Samuel Nicolás

ABSTRACT

This study evaluated the influence of drying methods on the nutritional, physical, chemical, and functional parameters of flours made from malted barley bagasse, a by-product of the craft beer industry, using an AxB factorial experimental design with two factors: flour type (Pale Ale and Carahell) and drying method (forced air oven and convection drying), considering three replicates per treatment. Key variables related to nutritional composition were analyzed, including protein, fiber, fat, carbohydrates, and moisture, as well as physical and functional properties, water absorption, water retention, swelling index, viscosity, and gluten. The results showed that forced-air oven drying allowed for greater preservation of the nutritional and functional characteristics of the flours, while conventional drying caused significant nutrient losses. Among the flours evaluated, Pale Ale flour showed the best results, with 12.02% protein, 3.43% fat, 2.00% ash, 8.42% fiber, 0.18 mg/g vitamin B1 (thiamine), 0.18 mg/g vitamin B2 (riboflavin) 0.18 mg/g, vitamin B3 (niacin) 0.48 mg/g, and total amino acids 17.25% W/W, standing out as the flour with the highest nutritional and functional value. Subsequently, a plant-based beverage made from Pale Ale-type malted barley flour was developed, emphasizing its acceptability as an innovative product. In conclusion, the combination of Pale Ale flour with forced air oven drying was identified as the most suitable option, offering a high-quality product that can be incorporated into the food industry as a functional ingredient, contributing to the valorization of brewing by-products.

Keywords: Barley, Pale Ale Flour, Carahell, vacuum drying, convection drying.

INTRODUCCIÓN

Actualmente la industria alimentaria tiene como principio el transformar y conservar productos alimenticios, con la finalidad de crear procesos productivos amigables con el ambiente, puesto que es la fuente principal de las materias primas (Berkowitz, 2000). Tal es el caso de la industria cervecera que tiene como rechazo principal el bagazo, generado por su materia prima como es la cebada malteada, lo que ha representado el 80% de la producción cervecera artesanal (Pantoja, 2020). Es bajo esta perspectiva que el desarrollo del presente estudio se enfoca en una propuesta de transformación del bagazo en harina para permitir la reducción de este desecho y convertirlo en materia prima o insumo para una nueva producción. El bagazo de cebada malteada contiene nutrientes como: hemicelulosa, lignina y un alto contenido de proteína, fibra y glucosa según (Pérez, 2021) de esta manera el bagazo de malta puede ser aprovechado por su contenido nutricional. Así también, la economía circular impulsa un cambio en los sistemas actuales de producción y consumo, y a su vez optimiza los sistemas productivos y se enfoca en que un sistema productivo se restaure por medio de su diseño internamente conectado (Herreño & Torres, 2021). En la investigación de Jurado (2018), se plantea la elaboración de barras de cereal con alto contenido de fibra, a partir de bagazo de cebada malteada como ingrediente alternativo y funcional. Presenta características nutricionales favorables, principalmente en su elevado contenido de fibra y un buen aporte de proteína, siendo una gran alternativa en la formulación de alimentos saludables. De esta manera, el presente proyecto utilizó el bagazo de malta para transformarlo en una harina funcional a través de dos diferentes métodos de secado (por convección y por estufa de aire forzado) y dos tipos de malta (Pale ale y Carahell). De este modo el objetivo es demostrar que este residuo el cual es desechado se pueda convertir en un insumo de alto valor nutricional dentro de la industria alimentaria.

Para ello, este estudio desarrolló de una metodología fundamentada en la investigación tanto documental como experimental, debido a que se establece una base teórica por medio de la indagación bibliográfica y una base práctica por medio del diseño experimental.

1. Datos Generales.

Título de Proyecto de Investigación

Efecto del tipo de secado sobre los parámetros nutricionales y funcionales de la harina obtenida a partir de los subproductos de malta Pale Ale y Carahell (*hordeum vulgare*).

Fecha de inicio: abril 2025

Fecha de finalización: Enero 2026

Lugar de ejecución:

Barrio: Salache

Parroquia: Eloy Alfaro

Cantón: Latacunga

Provincia: Cotopaxi

Zona: 3

Institución

Universidad Técnica de Cotopaxi

Facultad que auspicia

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

Carrera que auspicia

Carrera de Agroindustria

Equipo de Trabajo:

Tutor de Titulación: Ing. Romero Corral Renato Agustín, Mg.

Investigadores

Investigador 1: Agila Serrano Alison Abigail

Investigador 2: Alarcón Ilbay Samuel Nicolás

Línea de investigación

Procesos tecnológicos, bioquímica, biomateriales, desarrollo y seguridad alimentaria

Sub línea de investigación

Generación de tecnologías para el desarrollo de productos agroindustriales

2. Diseño del proyecto

2.1. Planteamiento del problema

En el Ecuador la producción de cerveza artesanal alcanza los 6,4 millones de litros al año, y se ha evidenciado un incremento del 36 % con respecto al año 2021 que hubo una producción de 4,7 millones de litros de cerveza artesanal (Jaramillo & Suntaxi, 2024). En la industria cervecera del Ecuador, los residuos se producen continuamente y su producción anual de desechos principalmente bagazo de malta, se estima en 120,000 toneladas (Pantoja, 2020). Sin embargo, este subproducto posee un alto contenido de nutrientes y compuestos como proteínas, fibra, azúcares y minerales, su aprovechamiento es limitado. En su gran mayoría el bagazo es destinado a la alimentación animal o son desechados a en vertientes o botaderos (Arcia et al., 2018). Bajo este mismo contexto, se ha podido determinar que la producción del bagazo de cebada malteada a nivel mundial generó 37 millones de toneladas anuales aproximadamente, las mismas que van incrementando con el pasar del tiempo (Galicia, 2025). El bagazo de malta es uno de los más representativos en las industrias cerveceras artesanales que posee un alto contenido de humedad (aproximadamente un 80 %) facilita su descomposición. Esta condición permite que el bagazo se convierta en un residuo de gran impacto ambiental si no se trata correctamente (Pantoja, 2020). El contenido del bagazo de cebada producto de la producción cervecera, fundamenta el contenido de sus nutrientes dependiendo el tipo de cerveza elaborada, puesto que puede ser rica en almidón y azúcares como su contenido puede ser alto en fibra y proteína; es bajo esta perspectiva, que de forma general se establece que el contenido de bagazo es de aproximadamente el 30 % de proteínas y el 70 % contiene aminoácidos no esenciales con

pequeñas cantidades de ácidos como el aspártico, valina, glutamina, entre otros; de igual forma, también se pueden encontrar micronutrientes como el fósforo el silicio o el calcio (Díaz E. R., 2021).

El contenido del bagazo de cebada producto de la producción cervecera, fundamenta el contenido de sus nutrientes dependiendo el tipo de cerveza elaborada, puesto que puede ser rica en almidón y azúcares como su contenido puede ser alto en fibra y proteína; es bajo esta perspectiva, que de forma general se establece que el contenido de bagazo es de aproximadamente el 30 % de proteínas y el 70 % contiene aminoácidos no esenciales con pequeñas cantidades de ácidos como el aspártico, valina, glutamina, entre otros; de igual forma, también se pueden encontrar micronutrientes como el fósforo el silicio o el calcio (Díaz E. R., 2021).

Se han establecido diversas formas de uso para este bagazo las principales formas de consumirlo; pues aproximadamente el 70 % se reutiliza como alimento de ganado, un 10 % para la producción de biogás y el 20 % de esta producción masiva no tiene un uso definitivo y por ende se cataloga como un desperdicio que pudiese generar impacto ambiental de no encontrarse una forma de consumo (Galicia, 2025).

La generación excesiva de bagazo de cebada malteada puede provocar un grave impacto al ambiente y a que al no encontrarse una producción de consumo efectiva se tiende a arrojar en vertederos que producto de su descomposición anaeróbica produce metano y por su alto contenido de humedad acelera la putrefacción convirtiéndose en un contaminante orgánico que debería requerir de gestión sostenible (Piotti, 2024).

Es por ello por lo que, nace el desarrollo del presente estudio, el mismo que tiene la finalidad de establecer las características de este bagazo de cebada y en base a ello generar una propuesta de producto alimenticio potencial al consumo del bagazo de cebada producto de la industria cervecera y reducir de esta manera la descomposición del mismo en el ambiente.

2.2. Marco contextual

La problemática ambiental de los procesos agroindustriales de producción alimentaria se agudiza cuando los subproductos generados carecen de rutas claras de aprovechamiento, como

ocurre con el bagazo de cebada malteada, principal residuo sólido de la industria cervecera según (Pantoja, 2020), el bagazo de cebada malteada es el residuo producto del proceso de elaboración de cerveza artesanal, este bagazo esta disponible debido a la gran cantidad de producción de cerveza y es de bajo costo, este subproducto puede ser empleado para un correcto uso dentro de la industria alimentaria. Es una materia prima con un alto potencial de uso, debido a sus características de composición, y su alto contenido nutricional. Este subproducto, resultante de la separación de sólidos tras la elaboración del mosto, constituye hasta el 85 % de los residuos generados en cervecerías artesanales e industriales y posee alto contenido de fibra, proteína y compuestos antioxidantes (Pérez, 2021). Investigaciones recientes han demostrado que el bagazo puede transformarse en insumos de alto valor añadido, como extractos funcionales para la industria alimentaria harinas enriquecidas con compuestos fenólicos (Colla et al., 2024).

2.2.1. Antecedentes

Mediante un proceso de investigación bibliográfica se analizó distintos estudios sobre la elaboración de harina de bagazo de cebada malteada, usando diferentes metodologías. El bagazo de malta es rico en proteínas, fibra y antioxidantes el cual fue subutilizado por sus características, en esta investigación se enriqueció harina de bagazo de malta con extracto funcional de cervezas artesanales. El bagazo de cebada entró a un proceso de secado a una temperatura de 80 °C en una estufa por un lapso de tiempo de 48 h, posteriormente las harinas fueron analizadas contenido de humedad (harina de bagazo rubia: 4,80 %; harina de bagazo oscura: 5,00 %) y alto contenido de fibra cruda (harina de bagazo rubia: 78,33 %; Harina de bagazo oscura: 80,00 %), garantizando estabilidad y conservación óptima. La elevada acidez en ambas harinas favorece la preservación de los compuestos bioactivos, mientras que la composición proteica (harina de bagazo rubia: 1.62 %; harina de bagazo oscura: 2,00 %) contribuye al balance nutricional general. Con lo que respecta a la actividad antioxidante, el método de Folin mostró valores de 52,03 mg/L en harina de bagazo rubia al 10% y 67,13 mg/L en harina de bagazo oscura al 25% (Colla et al., 2024).

En el estudio de Martínez (2020), para obtener la harina de bagazo se empezó con el acondicionamiento y pesado del bagazo en fresco, luego se realizó un prensado para reducir la humedad en hasta un 60 – 65 % para así disminuir el tiempo en el horno deshidratador, con

ayuda de una prensa hidráulica se realizó el prensado de 4 a 5 minutos. El método de secado aplicado, a una temperatura constante de 65 °C durante aproximadamente 4 h.

Se debe tener en cuenta que la humedad final no debe exceder el 15% para facilitar el proceso de molienda. De esta manera en la investigación se propone reutilizar este desecho para producir “harina de bagazo” y emplearla como materia prima o insumo dentro de la industria alimenticia.

En el estudio de Díaz (2021), se propone una metodología para transformar el bagazo de cerveza en una harina con alta presencia de proteína y fibra que pueda ser apta para el consumo humano teniendo en consideración realizar una caracterización fisicoquímica, microbiológica, nutricional y sensorial de la harina de bagazo de cebada malteada. El proceso inicia recolectando la muestra de cebada malteada y se pasteurizo a 85°C por 25 min, centrifugación por 5 min y el deshidratado a una temperatura de 55° C – 65° C por 12 h. obteniendo una harina con un 23,05 % de carbohidratos, proteína 21,70 %, fibra 36,50 %. Con la harina de cebada malteada se elaboraron brownies el cual tuvo una aceptabilidad del 51 % y 49 % de aceptabilidad para un brownie elaborado a partir de harina de trigo, dando a entender que la harina de cebada malteada es igual aceptada que la de trigo.

2.3. Formulación del problema

¿Cuáles son las características nutricionales, funcionales y microbiológicas de las harinas de cebada malteada (*Hordeum Vulgare*) tipo Pale Ale y Carahell para desarrollar nuevas alternativas alimenticias destinadas al consumo humano?

2.4. Objetivos

2.4.1. Objetivo general

- Evaluar la influencia de los tipos de secado en los parámetros físicos, nutricionales y funcionales de las harinas elaboradas a partir de bagazo de cebada malteada.

2.4.2. Objetivos específicos

- Realizar una caracterización proximal del bagazo de cebada malteada de tipo Pale ale y Carahell.
- Evaluar el efecto de los tipos de secado en las propiedades físicas y químicas de la harina
- Realizar la caracterización nutricional, funcional y microbiológica del mejor tratamiento.
- Proponer un producto alimenticio potencial a partir de las harinas obtenidas, en función de sus propiedades funcionales y nutricionales.

2.5. Actividades y tareas en relación con los objetivos planteados

Tabla 1. *Actividades y sistemas de tareas en relación con los objetivos planteados*

Objetivos	Actividades	Metodología	Resultados
Realizar una caracterización proximal del bagazo de cebada malteada de tipo Pale Ale y Carahell	<ul style="list-style-type: none"> - Obtener un bagazo óptimo para el proceso <p>Evaluar parámetros proximales del bagazo</p> <ul style="list-style-type: none"> - Proteína - Fibra - Carbohidratos - Humedad - Cenizas - pH 	<ul style="list-style-type: none"> - Recepción del bagazo de malta tipo Pale Ale y Carahell, prensado y obtención del bagazo (Díaz, 2021) <p>Metodología de análisis proximales:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Proteína: (AOAC/Kjeldahl/AOAC 2001.11) - Fibra: (AOAC/Gravimétrico/AOAC 930.15) - Carbohidratos: Diferencia de porcentajes (Albán, 2023) - Humedad: (AOAC/Gravimétrico/AOAC 930.15) - Ceniza: (AOAC/Gravimétrico/AOAC 923.03) - pH: (INEN 0973, 1983) 	En la tabla 14 se evidencia los resultados del análisis proximal (proteína, fibra, carbohidratos, humedad, ceniza y pH) del bagazo de cebada tipo Pale Ale y Carahell
Evaluar la influencia de los métodos de secado en las propiedades fisicoquímicas de la harina	<p>Identificación de factores de estudio:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tipos de malta (Pale Ale y Carahell) - Métodos de secado (Convencional y secado por aire forzado) <p>Análisis fisicoquímicos aplicados a las harinas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Proteína - índice de solunilidad - Densidad aparente - Densidad compactada - Ángulo de reposo 	<ul style="list-style-type: none"> - Proceso de obtención de harina empleando el secado por convección (Díaz, 2021) - Metodología de obtención de harina por medio del secado por estufa de aire forzado (Acaro & Toapanta, 2023) <p>Análisis fisicoquímicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Proteína: (AOAC/Kjeldahl/AOAC 2001.11) - Índice de solubilidad: (AOAC 920.39, 2023) - Densidad aparente: (ISO 3923-1, 2018) - Densidad compactada: (ISO 3923-1, 2018) - Ángulo de reposo: (ISO 4324, 1977) 	En la figura 7 se encuentra el diagrama de flujo para la obtención de la harina de bagazo de cebada malteada En la tabla 30 se muestra los parámetros para la determinación del mejor tratamiento
Realizar la caracterización nutricional, funcional y	<p>Determinar el mejor tratamiento y realizar una caracterización nutricional, funcional y microbiológica.</p> <p>Análisis de las propiedades nutricionales del mejor tratamiento:</p>	<p>Métodos de ensayo de análisis nutricionales:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Proteína: (AOAC/Kjeldahl/AOAC 2001.11) - Ceniza: (AOAC 923.03, 2023). - Carbohidratos: Diferencia de porcentajes (Albán, 2023) - Fibra: (AOAC/Gravimétrico/AOAC 930.15) 	En las tablas 31,32 y 33 se evidencian los resultados de los análisis al mejor tratamiento. caracterización nutricional (proteínas, cenizas,

microbiológica del mejor tratamiento	<ul style="list-style-type: none"> - Proteína - Ceniza - Carbohidratos - Fibra - Vitamina - Aminoácidos <p>Caracterización funcional</p> <ul style="list-style-type: none"> - Índice de Absorción de agua - Capacidad de retención de agua - Capacidad de hinchamiento o expansión - Índice de viscosidad - Índice de gluten (húmedo y seco) <p>Análisis microbiológico</p> <ul style="list-style-type: none"> - Determinación de recuento estándar en placa de moho - Determinación de mohos - Determinación de Coliformes totales - Determinación de salmonella 	<ul style="list-style-type: none"> - Vitaminas: - Tiamina (AOAC 942.23) - Riboflavina (AOAC 970.65) - Niacina (EN 5652:2009, 2009) <p>Métodos de ensayo de análisis funcionales</p> <ul style="list-style-type: none"> - Absorción de agua. (ISO 5530-1, 2025) - Capacidad de retención de agua (AOAC 925.10, 2019) - Capacidad de hinchamiento: (AACC 56-11.02, 2010) - Índice de viscosidad: (ISO 2555, 2018), - Índice de gluten: (INEN 529, 1980) <p>Métodos de ensayo de análisis microbiológicos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Determinación de mohos: (AOAC 997.02, 2023) - Determinación de Coliformes totales: (AOAC 991.14, 2023) - Determinación de salmonella: (AOAC 967.25, 2023) 	carabohidratos, fibra, vitaminas, aminoácidos); Caracterización funcional(Índice de Absorción de agua, Capacidad de retención de agua, Capacidad de hinchamiento o expansión, Índice de viscosidad, Índice de gluten (húmedo y seco); Análisis microbiológico (Determinación de recuento estándar en placa de moho, Determinación de mohos, Determinación de Coliformes totales , Determinación de salmonella)
Plantear una propuesta de un producto alimenticio a partir del mejor tratamiento	<ul style="list-style-type: none"> - Determinación del mejor tratamiento mediante los resultados fisicoquímicos, nutricionales, funcionales y microbiológicos - Desarrollar un alimento alternativo y funcional a partir del mejor tratamiento 	<ul style="list-style-type: none"> - Selección del mejor tratamiento para el desarrollo de un producto alimentario. - Desarrollo de un producto alimentario - Evaluación de la aceptabilidad del producto mediante un análisis sensorial 	Figura 9 se muestra el diagrama de flujo para la elaboración de la bebida vegana Tabla 34. formulación de la bebida tabla

Fuente: Agila & Alarcón (2026)

2.6. Fundamentación Teórica

2.6.1. Marco Teórico

2.6.1.1. La cebada

De acuerdo con Ponce et al., (2020), la planta de cebada cuyas hojas son estrechas, presentan un color verde, su tallo es de porte bajo y sus flores presentan tres estambres y un pistilo de dos enemas. Considerada como un cereal de consumo a nivel mundial por su amplia adaptación agroclimática y su actitud para diversos fines, empleándose principalmente en la industria cervecera como materia prima. Especialmente la cebada de especie *Hordeum Vulgare* (Piotti, 2024).

Figura 1. Cebada



Fuente: Pinedo et al (2020)

De acuerdo con los estudios desarrollados por González et al., (2021), se ha evidenciado que existen alrededor de 22 variedades de cebada, de las cuales 17 pertenecen a distintos tipos de cebada malteada (para procesos de cerveza) y cinco pertenecen a especies de cebada forrajera (para alimento del ganado). No obstante, para este estudio se analizó la cebada malteada. En la tabla 2 se presenta las características morfológicas

Tabla 2. *Características morfológicas de la cebada para cerveza*

Cebada	Características
<i>Grano</i>	Cariópside oval, acanalado con extremos redondeados, envuelto por la palea y la lemma o desnudo y se presenta de colores como blanco, amarillo, azul, negro, etc.
<i>Espiga</i>	Barbadas, sin barba, lisas o dentadas, formada por espiguillas, si la espiga es de seis hileras esta será fértil.
<i>Hojas</i>	Lineales, lanceoladas y compuestas por una vaina, una lámina, una lígula y dos aurículas, su ancho oscila entre 5 y 15 mm
<i>Tallos</i>	Erectos y huecos, presentando de 5 a 7 entrenudos juntos. Su altura depende de los distintos tipos de variedades y varía desde los 0,50 cm a 1,20 cm
<i>Raíces</i>	Alcanza una profundidad de hasta 1,20 m. Presenta dos tipos de raíces; seminales que se desarrollan desde la germinación hasta el macollaje, Las raíces adventicias aparecen con el macollamiento cumpliendo la tarea de anclar la planta y proporcionar agua y nutrientes.

Fuente: Ponce et al (2020).

2.6.1.2. *Composición del grano de cebada*

El grano de cebada está compuesto por dos películas que cubren las partes principales del grano, el salvado, el germen y el endospermo

- *Salvado*

El salvado o también denominado cáscara se refiere a la capa externa del grano y está conformado por diversas capas que envuelven el resto de la semilla, el principio y la capa de aleurona. Esta cascara se encarga de proteger el grano de la luz solar (Díaz, 2021).

- *Germen*

Principalmente es el encargado de crear una nueva planta al germinar la semilla, este contiene una proporción alta en nutrientes, mayormente grasas, proteínas, vitaminas, azúcares y

minerales, aunque es más propenso a la invasión de microorganismos e insectos (Franco & Montoya, 2020).

- *Endospermo*

El endospermo puede ser vítreo o almidonoso, en el vítreo no contiene espacios de aire y cubre mayormente los gránulos de almidón; por lo que, toma formas angulares y el endospermo almidonoso se encuentra encerrado por una capa del vítreo, pero este posee un mayor tamaño; por lo cual, estos definen la dureza y densidad del grano (Márquez, 2007).

2.6.1.3. *Cebada Malteada (malta)*

Se define como tal, a un grano germinado que ha sido sometido a un proceso de secado, desraizado y des brotado, estas cualidades son requeridas para la elaboración de cerveza de malta, esta es rica en almidón, proteínas y enzimas, la cual es una sustancia que da origen al extracto fermentable. La calidad dependerá del tipo de materia prima utilizada ya que determinará las propiedades organolépticas del producto (Capa, 2023)..

Figura 2. *Proceso de Malteado*



Fuente de Piotti (2024)

- *Composición nutricional de la malta*

La composición nutricional es determinada por varios parámetros como los que se detallan en la tabla 3 en la cual se puede observar que la malta posee un alto contenido de proteínas así como también carbohidratos.

Tabla 3. *Composición nutricional de la malta*

Parámetro	Cantidad (g)
<i>Calorías</i>	362
<i>Carbohidratos</i>	78,3
<i>Proteínas</i>	10,3
<i>Fibras</i>	7,1
<i>Grasas</i>	1,8

Fuente: Limones (2023)

2.6.1.4. Características de la malta

La malta contiene enzimas amilolíticas que es donde sobresale la amilasa, la cual actúa dentro de un rango de temperatura de 62 °C – 65 °C, que dentro de 30 min se logra desintegrar, en comparación con temperaturas de 70 °C – 75 °C y un pH de 5,0 que permiten alcanzar el estado más adecuado para su conservación. La malta presenta mejores parámetros de calidad si se encuentra en una germinación uniforme; es decir, que presenta una homogeneidad igual o mayor al 95 % (Limones, 2023).

2.6.1.5. Tipos de malta

La gran variedad de tipos de malta empleados en la producción de cerveza depende del tiempo y la temperatura, es un factor esencial del proceso de malteado para poder determinar la calificación de acuerdo a los parámetros y características que presentan. Cada procedimiento del malteado de cebada establecerá las características propias que cada una posee individualmente, como el sabor, olor y color que caracterizará cada tipo de malta (Limones, 2023).

Figura 3. Tipos de malta



Nota: a) Malta tipo Pilsen, b) Malta tipo Pale ale, c) Malta Caramelo

Fuente: Tucumbi (2022)

- *Malta Pilsen*

Este tipo de malta es una de las más pálidas y presenta una mayor actividad enzimática, esta malta proviene de granos de malta modificados y se caracterizan principalmente por su nivel de nitrógeno y a esta se la cura para bajar su contenido de color y su desnaturalización de enzimas amilolíticas (Arroyo, 2017).

- *Maltas chocolate*

Este tipo de malta es aquella que aporta sabor y un color característico a chocolate, ya que esta malta es elaborada a partir de una malta clara, la cual es tostada a una temperatura de aproximadamente 220 °C. Esta malta es utilizada para darle a la cerveza un color oscuro sin cambiar su sabor o textura final (Hernández, 2010).

- *Malta Pale Ale*

La malta Pale Ale presenta un rendimiento en extracto (sobre sustancia seca) entre 80 y 83 %, esta malta posee una mayor modificación del grano en el proceso de malteado por lo cual no tiene complejidad al momento de su extracción (Limonos, 2023).

Se la conoce de esta manera ya que esta se mantiene en la parte superior del fermento y absorbe la glucosa, sacarosa, maltosa y galactosa, igualmente emplean temperaturas altas entre 15 °C hasta los 25 °C, esta malta es de color claro y tiene de 2 – 2,5 EBC, esta aporta mayor color y

sabor a comparación de otros tipos de malta, a continuación, se presenta la composición nutricional de la malta Pale Ale en la tabla 4.

Tabla 4. *Composición nutricional de malta Pale Ale*

Parámetro	Cantidad (g)	Unidades
<i>Humedad</i>	4,5	%
<i>Proteínas</i>	11,0	%
<i>Carbohidratos</i>	65,0	%
<i>Grasas</i>	2,7	%
<i>Fibra</i>	14,0	%

Fuente: *Limones (2023)*

- *Malta Carahell (caramelo)*

Dentro de las maltas caramelo existen diferentes variedades, las cuales se diferencian principalmente por su color. Los colores varían desde un rojo pálido hasta tonos pardos muy oscuros llegando hasta un tono muy oscuro, las diferencias en el color se deben a cambios en sus propiedades sensoriales, las maltas de tipo carahell de color rojo pálido cuentan con un sabor dulce (Lienqueo & Reyes, 2016). Se presenta la composición nutricional de la malta Carahell en la tabla 5.

Tabla 5. *Composición nutricional de la malta caramelo*

Parámetro	Cantidad (g)	Unidades
<i>Humedad</i>	9,0	%
<i>Proteínas</i>	11,0	%
<i>Carbohidratos</i>	65,0	%
<i>Grasas</i>	2,90	%
<i>Fibra</i>	14,0	%

Fuente: Lienqueo & Reyes, (2016)

2.6.1.6. Normas INEN 616:2006

En Ecuador, según lo expuesto por Limones (2023), actualmente no hay una normativa que regule de manera explícita los requisitos que se deben llevar a cabo para definir la

caracterización de harina de bagazo. No obstante, los análisis de la Norma INEN 616:2006 Tercera revisión, se encuentran establecidos los requerimientos, ver en la tabla 6 los requisitos físicos y químicos que debe cumplir la harina de trigo dentro del proceso de producción.

Tabla 6. *Requisitos físicos y químicos para la harina de trigo dentro del proceso de producción.*

Parámetro	Unid	Harina Panificación Extra		Harina para todo uso	
		Min	Max	Min	Max
<i>Humedad</i>	%	14,50	-	-	14,50
<i>Proteínas (base seca)</i>	%	10,00	-	9,00	-
<i>Cenizas (base seca)</i>	%	-	0,75	-	0,85
<i>Acidez (Exp. En acido sulfúrica)</i>	%	-	0,10	-	0,10
<i>Gluten húmedo</i>	%	25,00	-	25,00	-

Fuente: INEN 616 (2015)

2.6.1.7. La cerveza

La cerveza es una bebida de tipo alcohólica, que por miles de años ha hecho parte de la humanidad. Es un licor no destilado que generalmente presenta entre un 3 % y 9 % de volumen de alcohol (llegando a ser más, esto depende de cada estilo de cerveza y receta de cada casa cervecera).

La elaboración de esta bebida alcohólica a base de cebada malteada u otros cereales, empieza con el proceso de fermentación, la cerveza se hace con agua, cebada malteada, levadura y es aromatizada con lúpulo u otras plantas para otorgar el amargor, que es característico de este tipo de bebidas (Martínez et al., 2023)

2.6.1.8. Insumos para la elaboración de cerveza

- *Agua*

Dentro de la producción de cerveza el agua representa el 90 % de su composición siendo esta una de las principales materias primas.

Para la elaboración de la cerveza el agua debe estar limpia libre de gérmenes o sustancias nocivas; ya que, la calidad del agua determina el tipo de cerveza; por lo cual, para la producción de cerveza se necesita de agua cuya calidad debe ser excelente presentando un buen contenido de minerales.

- *Lúpulo*

Dentro de la elaboración de cerveza artesanal, el lúpulo se encarga de aportar el sabor característico de la bebida, los encargados son los alfa - beta ácidos, los aceites esenciales que aportan aromas y sabores; así como los polifenoles que aportan antioxidantes y compuestos antimicrobianos, lo que permite una correcta estabilidad prolongando su tiempo de vida útil (Astudillo, 2022).

- *Levaduras*

Las levaduras son microorganismos empleados con el fin de convertir los azúcares presentes en el bagazo cervecero, en alcohol y gas carbónico.

Las temperaturas tienen la capacidad de mostrar actividad en un rango de temperatura de 0 a 50 ° C; sin embargo, la temperatura óptima para que las levaduras transformen los azúcares en alcohol es de 15 a 25 ° C (Acosta & Acurio, 2018).

2.6.1.9. Proceso de elaboración de cerveza

En base a los estudios de Limones (2023), se expone que la producción de cerveza se estructura en siete procesos los cuales son:

- *Molienda*

Este proceso consta de la trituración de granos de cebada malteada la cual será empleada en el proceso de elaboración de cerveza, la molienda favorece a la separación de la cascará del endospermo del grano logrando de esta manera un mejor contacto con el agua.

- *Maceración*

En el proceso de maceración los cereales y el agua son expuestos a temperaturas entre 40 °C a 78 °C, al entrar en contacto el grano con el agua se activan las enzimas (alfa y beta amilasas), con la finalidad de transformar el almidón del cereal a almidón fermentable en azúcares hidrosolubles.

- *Hervido*

A medida que aumenta la temperatura, se agrega el lúpulo, de igual manera se generan reacciones como la formación de isómeros CIS y TRANS, los cuales se transformaran en ácidos y son encargados de dar sabor amargo a la cerveza, conforme se produce la ebullición se dará lugar a las reacciones de Maillard logrando que los aminoácidos y carbohidratos que están en el bagazo reaccionen generando melatoninas (color amarillo ámbar), maltol (sabor a caramelo o tostado) y frutal (sabor a fresa).

- *Fermentación*

En el proceso de fermentación la glucosa se oxida y a su vez forma piruvato, pero también al mismo tiempo se descarboxilasa en forma de CO_2 consecuencia de la reacción enzimática, en presencia de la coenzima pirofosfato de tiamina en el sistema, se produce la formación de etanol que influye en el grado de porcentaje de alcohol presente en la bebida.

- *Maduración*

Esta etapa consta de la eliminación de levaduras muertas, facilitando que las levaduras activas actúen realizando la canalización de compuestos no deseados a otros compuestos que contengan sabores neutros, también la producción de CO^2 elimina los compuestos volátiles indeseables.

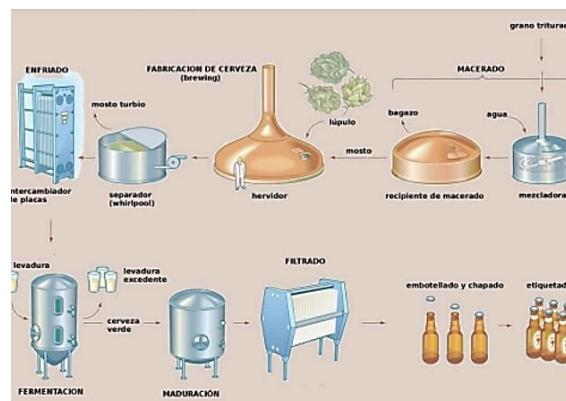
- *Filtración*

Este proceso sirve para eliminar los residuos sólidos presentes en el mosto cervecero.

- *Embotellado*

Se puede embotellar en recipiente de metal, plástico o vidrio, en esta etapa se realiza una segunda fermentación puesto que, la cerveza pierde parte de gas producido y se restituye el gas para dotarlo de espumabilidad que es característica de la cerveza.

Figura 4. *Elaboración de la cerveza.*



Fuente: Piotti (2024)

2.6.1.10. El Bagazo

El bagazo es el principal subproducto en la producción cervecera, este se encuentra disponible constantemente a lo largo de todo el año, pero su tiempo de descomposición es breve por la naturaleza de sus características químicas y el metabolismo endógeno que ocurre en el mismo (Piotti, 2024).

2.6.1.11. Características del bagazo

Característicamente, el bagazo de cebada puede componerse de cáscara pericardio y semilla, además de cantidades residuales producto de la malta utilizada inicialmente en el proceso. No obstante, debido a sus características de alto contenido en proteína y fibra, este principal e inicialmente es utilizado para consumo de alimentación en animales. Sin embargo, una de sus características principales es el alto contenido de agua inicial de entre un 75 % a un 80 %, haciéndolo susceptible a la contaminación microbiana (Ramayo et al., 2020).

2.6.1.12. Composición del bagazo

En el estudio de (Piotti, 2024) se determina la composición química del bagazo cervecero, el mismo que se detalla en la tabla 7:

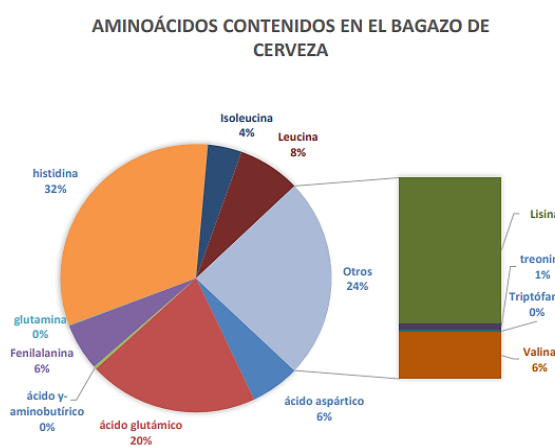
Tabla 7. Composición química del bagazo en materia seca

Parámetro	Cantidad (gr/100gr)
<i>Hemicelulosa</i>	28,20
<i>Celulosa</i>	21,30
<i>Almidón</i>	4,70
<i>Proteína</i>	22,10
<i>Lignina</i>	17,90
<i>Lípidos</i>	8,80
<i>Ceniza</i>	3,20
<i>Fenoles</i>	1,50

Fuente: Piotti (2024).

La composición del bagazo de cerveza puede variar dependiendo su procedimiento previo, así como factores adicionales, se ha podido corroborar que una de las composiciones principales son las proteínas pues representan el 30 % y se encuentran en forma de aminoácidos esenciales; mientras que, el 70 % restante son aminoácidos no esenciales (Díaz E. R., 2021). Los mismos que se detallan en la siguiente figura:

Figura 5. Contenido de aminoácidos en el bagazo de cerveza



Fuente: Díaz (2021)

2.6.1.13. Contenido nutricional del bagazo cervecero

Debido a la composición propia de este producto, se ha podido determinar ligero contenido de *polifenoles* totales que podrían ser benéficos para el uso como suplemento de antioxidantes naturales en la eliminación de radicales libres, así también se ha podido determinar la presencia de *betaglucanos* que son compuestos de origen polisacárido, que le permitirían hacer uso en productos para reducir el colesterol en sangre. No obstante, estas propiedades nutricionales se generan gracias al alto contenido en fibra del bagazo de cerveza (Ramayo et al., 2020).

2.6.1.14. Usos del bagazo cervecero

En la actualidad, existen varios usos para el bagazo de cebada producto de la industria cervecera, la misma que principalmente se enfoca en el alimento como forraje para el ganado, y la generación de combustible (Piotti, 2024).

El bagazo o producto de la producción de cerveza ya cuenta con distintos sucesos que permiten el consumo del mismo; tal es el caso del uso para consumo humano en la creación de barras energéticas, también se utiliza en la producción de energía a base de combustión directa, se genera biogás por el proceso de fermentación anaeróbica, también ha sido utilizado como carbón y material absorbente de tratamiento químico, entre nuevos procesos que se han ido investigando y van desarrollando para poder cubrir la generación total de bagazo malteado de

cerveza que se produce constantemente en la industria cervecera y este va incrementándose a la par del consumo y producción de cerveza (Ramayo et al., 2020).

2.6.1.15. El Secado

Una de las principales dificultades de la conservación del bagazo es el elevado porcentaje de humedad que presenta. Por lo que la descomposición inmediata del bagazo puede provocar la generación de olores desagradables y por ende atraer roedores, otro de los problemas de la descomposición del bagazo son los impactos negativos del ambiente. Es por ello que para evitar esta problemática se ha generado la necesidad de establecer métodos de tratamientos para evitar la descomposición. Sin embargo, uno de los principales métodos que en la actualidad se da al bagazo para su conservación es el secado (Piotti, 2024).

2.6.1.16. Tipos de secado

- *Secado al vacío*

La técnica de secado al vacío consiste en la reducción la humedad en ausencia de aire, a una temperatura baja al punto de ebullición. En cuanto a la transferencia de energía se da por medio de la conducción o radiación y la transferencia de masa se da debido a la diferencia de presión, evaporación y difusión.

El método de secado al vacío se puede catalogar en base a las condiciones físicas, para añadir calor y remover vapor de agua. La evaporación de agua se desarrolla de mejor manera a bajas presiones, y la energía térmica añadida indirectamente por radiación. Las bajas temperaturas pueden ser utilizadas en vacío para determinados materiales que se pueden descomponer a altas temperaturas (Tirira, 2014).

Los aportes de Fuller & Abbé en el 2004, citados por Acaro & Toapanta (2023), presentan que esta técnica muestra beneficios más favorables a comparación de los métodos tradicionales, como la preservación de compuestos sensibles al calor, la reducción uniforme de la humedad y la posibilidad de trabajar a bajas temperatura, lo cual minimiza la oxidación del producto presentando mejores características.

Para el secado se emplea una temperatura de 86 °C; ya que esta temperatura es una de las más favorables debido a que temperaturas inferiores a 81 °C prolongan demasiado el tiempo de proceso y minimizan la eficiencia en la eliminación del vapor, mientras que temperaturas mayores a 86 °C generan un arrastre excesivo del vapor.

Para estudiar la cinética del secado, la recolección de datos debe hacerse cada 10 min, ya que intervalos menores no se puede observar cambios significativos, mientras que tiempos más prolongados pueden reducir la precisión del análisis (Acaro & Toapanta, 2023).

- *Secado por convección*

Según Jaramillo & Licuy (2024), el secado por convección es una de las operaciones con más alta demanda energética ya que por lo general se utiliza aire caliente para elevar la temperatura de los alimentos y eliminar el agua del producto. Este método es utilizado para secar alimentos en forma de láminas o pastas. La corriente de aire caliente no solo facilita el calor necesario para la evaporación del agua, también funciona como conductor del vapor. Varios factores pueden afectar en el secado por convección de los alimentos, entre ellos la velocidad y temperatura del aire, la difusión del agua a través del material, la densidad, el espesor al igual que la forma del producto a secar. La eliminación del agua puede disminuir el valor nutricional como sensorial de los alimentos, generar endurecimiento. Elevadas temperaturas pueden deteriorar la calidad, provocando grietas en el interior del producto a causa de la no uniformidad del secado.

En el estudio de Díaz (2021), se utilizó un secado por convección el cual consiste en que el aire caliente entra en contacto con el bagazo húmedo de cerveza ayudando a la transferencia de calor y masa. Existen varios factores físicos que considerar dentro del proceso de deshidratación, se encuentra, el área de la superficie, temperatura, el flujo de aire y la humedad. En este caso la temperatura que se utilizó fue de 70 °C por el motivo de que fue una de las más eficientes en el proyecto (Díaz, 2021).

- *Secado por estufa de aire forzado*

Este tipo de se realiza en hornos o secadores de bandeja, los mismos que están compuestas estructuralmente por metal y disponen de bandejas móviles y un ventilador el cual se coloca para provocar la circulación de aire, entre la abertura para el ingreso de aire fresco y la abertura para extraer el aire húmedo. Por lo que, se utiliza principalmente en producciones de pequeña escala para laboratorios y planes piloto (Medrano, 2020).

Este secado tiene la finalidad de disminuir el contenido de humedad, pero también se permite esterilizar. Por lo que la temperatura puede variar dependiendo del grano que se desea deshidratar, pues esta estufa puede llegar a una temperatura de hasta 350 °C. Y utilizando ventiladores para permitir la circulación de aire caliente de forma uniforme dentro de la cámara, permitiendo de esta manera un secado más rápido en comparación con el secado de convección natural. Se aplica en materiales sólidos como granos, frutas y vegetales en rodajas, o productos fragmentados (Pecoretti, 2024).

Por medio de este tipo de secado, generalmente se logra una extracción de humedad del 12 % al 14 % aproximadamente y con temperaturas moderadas que usualmente son hasta los 60 °C, como máximo para evitar dañar o alterar las propiedades del grano. Por lo que, dentro de este proceso de secado en ocasiones es necesario el secado en periodos de tiempo hasta llegar a la reducción de humedad deseada. Este secado en estufa generalmente es de 40 °C por 48 h (Delgado, 2023).

- *Comparación entre secado por convección y secado por estufa de aire forzado*

En la deshidratación de harinas y materias primas alimentarias, los sistemas de secado por convección (aire caliente en movimiento) y por estufa de aire forzado comparten el principio de transferencia térmica para remover humedad, pero difieren en la uniformidad del flujo de aire, control de parámetros y efectos sobre las propiedades nutricionales y funcionales del producto final.

En un secador convectivo clásico, el aire caliente circula sobre y entre las partículas del material, facilitando la transferencia de calor y masa por contacto directo con superficies húmedas y promoviendo una reducción eficiente de la humedad con velocidades de aire y temperaturas controladas, lo cual puede preservar mejor algunos compuestos térmicamente

sensibles si el control de temperatura es adecuado. Por su parte, la deshidratación en una estufa de aire forzado enfatiza la recirculación de aire caliente forzado mecánicamente mediante ventiladores a través de bandejas, mejorando la homogeneidad del secado y reduciendo gradientes de humedad entre zonas del equipo, lo que puede traducirse en una disminución más uniforme de la actividad de agua en harinas con menor impacto en su funcionalidad reológica frente a cargas térmicas prolongadas.

Desde el punto de vista nutricional, los métodos de secado que involucran circulación controlada de aire caliente (similares a los principios de convección/aire forzado) permiten obtener productos secos con perfiles de materia seca aceptables, aunque incrementos en temperatura o tiempos prolongados pueden disminuir ciertos nutrientes o compuestos funcionales si no se optimizan las condiciones operativas, tal como se ha observado en comparaciones de métodos de secado sobre composición nutricional de forrajes (que pueden extrapolarse conceptualmente al caso de harinas en análisis de estabilidad de macronutrientes y micronutrientes) .

En resumen, la elección entre secado por convección y estufa de aire forzado dependerá de la necesidad de control de parámetros térmicos, uniformidad de secado y preservación de propiedades funcionales y nutricionales de la harina, siendo los sistemas con flujo forzado más favorables para procesos industriales donde se busca minimizar variabilidad entre lotes y mantener características nutricionales dentro de especificaciones.

2.6.1.17. Parámetros proximales

- Proteína: Este análisis nos ayuda a conocer el valor nutricional y las propiedades funcionales de la harina (por ejemplo, para panificación o repostería) y es muy utilizada en control de calidad (Nielsen, 2010).
- Fibra: Sirve para conocer la diferencia entre harinas refinadas (baja fibra) e integrales (alta fibra) y determinar su valor nutricional y funcional (Heredía et al., 2002).
- Carbohidratos: Participan en funciones estructurales y tecnológicas en los alimentos como textura y viscosidad, también contribuyen al nivel nutricional del producto (Belitz et al., 2012).

- **Humedad:** Este sirve para controlar su estabilidad y calidad durante el almacenamiento ya que un alto contenido de agua puede generar grumos y la presencia de microorganismo (García, 2024).
- **Cenizas:** Determina el grado de refinación, puesto que a mayor contenido de cenizas indica más componentes de minerales, es un parámetro clave para la clasificación de harinas (Nielsen, 2010).
- **pH:** Nos sirve para evaluar el contenido acidez o alcalinidad, ya que este evalúa la concentración de iones de hidrogeno (García, 2024).

2.6.1.18. Parámetros fisicoquímicos

- **Índice de solubilidad:** Cantidad de componentes solubles en agua, como proteínas y carbohidratos que logran disolverse en agua (Cheung & Mehta, 2015).
- **Densidad compactada:** Este mide cuanta masa ocupa la harina en volumen sin compactarlo (Bernabé & Cancho, 2017).
- **Densidad compactada:** indica como cambia el volumen de una harina al someterse a un impactó o vibración (Bernabé & Cancho, 2017).
- **Ángulo de reposo:** Permite medir el grado de fluidez, así como también el comportamiento que presenta la harina al momento almacenar y manipular. Un ángulo de reposo bajo nos indica un mayor grado de fluidez siendo de esta manera apto para envasar y transportar con mayor facilidad (Cerezal et al., 2007).
- **Índice de Hausner:** Es un valor que se obtiene a partir de la relación entre la densidad aparente y la densidad compactada de un polvo o material granular, y sirve para determinar la cohesividad y la fluidez del polvo durante su manejo y procesamiento (Ochoa & Sánchez, 2024).
- **Aminoácidos:** Son los monómeros que forman las proteínas. Este indica la calidad de proteína y estabilidad de aminoácidos esenciales, lo que ayuda a evaluar el valor nutricional de un alimento o harina (Cruz, 2024).

2.6.1.19. Parámetros funcionales

- Índice de absorción de agua: Este indica la cantidad de agua que puede absorber una harina, lo que nos ayuda a conocer el rendimiento y consistencia de la masa (Fernández, 2016)
- Índice de viscosidad: Es una medida que mide la resistencia al flujo o gel generado por la mezcla de harina y agua, el cual permite evaluar el comportamiento reológico de la masa y de almidón, lo que se relaciona con la textura y desempeño durante el procesamiento y la cocción (Álvarez, 2012).
- Índice de gluten: este ayuda a medir el gluten obtenido tras separar las proteínas de la harina; indica la capacidad del gluten para formar una red elástica y cohesiva en la masa, ya que el gluten es el encargado de retener aire, la capacidad de elasticidad y dar estructura a productos fermentados (Chancusig, 2023).

2.6.1.20. Parámetros microbiológicos

- Determinación de Coliformes totales: en este análisis se realiza el conteo de bacterias y coliforme, el cual es un indicador de higiene y posible contaminación fecal (Morejón & Viznay, 2018).
- Determinación de *Salmonella*: Detecta las bacterias patógena *Salmonella* en muestras. Obtenido los datos de patógenos que pueden ser peligrosos para la salud (Merchán & Mocha, 2018).

2.6.2. Marco Conceptual

- Bagazo: Material fibroso que se obtiene como residuo de la trituración o prensado de ciertos frutos. Generalmente se destaca El bagazo de Malta que es originario de la primera etapa de la fabricación de cerveza durante el proceso de maceración (RAE, 2026).
- Cebada: Es una planta monocotiledónea, determinada como un cereal importante para el ser humano y animales (Guamán, 2024).

- Cebada Malteada: Es el grano de cebada que se obtiene con la finalidad de activar enzimas para convertir los almidones en azúcares, por medio de un proceso de remojo, germinación y secado (Chávez & Onofre, 2020).
- Harina: Se obtiene como resultado de la molienda los granos secos y ciertos vegetales harinosos o leguminosos (Chávez & Onofre, 2020).
- Nutricional: Tema enfocado en la nutrición, como un proceso biológico de obtención y uso de nutrientes en beneficios del cuerpo humano (RAE, 2026).
- Parámetros físico-químicos: Son características que ponen en evidencia el estado de un individuo; u objeto. Tal es el caso de los granos de cebada, que gracias a los parámetros físico-químicos permiten conocer su realidad estructural en características como el tamaño. Forma peo, densidad y otros (Guamán, 2024).
- Prensado: Proceso que tiene la finalidad de comprimir uno o varios elementos hasta unificar o extraer su contenido húmedo (RAE, 2026).
- Secado: Consta de un proceso que se desarrolla con el objetivo de reducir o eliminar líquido de un material sólido (Chávez & Onofre, 2020).
- Secado de estufa por aire forzado: Equipo de secado de forma paralelepípedica de dos pisos. El aire que se emplea para el secado incrementa su temperatura en un quemador del piso inferior del sistema y lo atraviesa por convección natural o convección forzada en el segundo piso perforado en el que se sienta el lecho del producto a secar.
- Secado por convección: Método que utiliza el flujo de aire caliente para provocar la evaporación de la humedad en materiales sólidos (Padilla et al., 2020).
- Subproductos: Es una sustancia u objeto que se obtiene como residuo de un proceso de producción, pero que mantiene características que le dan un valor y utilidad para el desarrollo de otro producto. Pasando de residuo a materia prima o ingrediente (Ramírez, 2023).

2.7. Metodología del Proyecto de Investigación

En el presente estudio se aplicó metodologías de investigación que permiten cumplir con los objetivos establecidos, dichas metodologías proporcionan información confiable y necesaria

mediante experimentos y observaciones, que se llevaron a cabo en el laboratorio de la carrera de Agroindustria en la Universidad Técnica de Cotopaxi.

2.7.1. Tipos de investigación básica

2.7.1.1. Investigación experimental (aplicada)

La investigación experimental se determinó bajo el manejo de la variable independiente y el análisis de la interacción sobre una variable dependiente.

En cuanto a su diseño, se los estudios como; pre-experimental el cual elabora una intervención solo en grupo, casi-experimental el cual realiza un trabajo de grupo experimental, tipo experimental, en el cual se maneja con un grupos de intervención o más, un grupo de control y la asignación a los integrantes en cada grupo lo cual se realiza de una manera aleatoria probabilística (Ramos, 2021).

Es bajo la aplicación de este tipo de investigación, que se permitió el desarrollo de dos bases experimentales para este proyecto investigativo; pues en primera instancia se logró la obtención de harina de bagazo de cebada malteada.

De igual manera mediante este tipo de investigación se logró la aplicación de un proceso experimental con el desarrollo del producto propuesto como es la bebida vegana a base de harina de bagazo de cebada malteada, bajo la utilización de la harina y el secado con mejores características.

2.7.2. Métodos de investigación

2.7.2.1. Método experimental (científico)

El método experimental es una estrategia que orienta a entender los temas centrales de forma más dinámica.

Este método experimental es una herramienta por la cual se realiza un experimento, el mismo que se puede realizar en diversos entornos y es elaborado por cualquier persona, en función de los resultados, se puede rechazar o aceptar la hipótesis planteada inicialmente (Calva, 2024).

De esta manera se pudo realizar y elaborar el experimento de una forma más eficiente y libre con la probabilidad de crear razonamientos críticos al terminar el método experimental.

2.7.2.2. Método cuantitativo

Este método parte de una realidad y busca extender los datos de la muestra a la población a través de números estadísticos, este recopila datos cuantitativos basados en mediciones exactos por medio de instrumentos de recopilación de datos estructurados y validados (Muñoz et al., 2024).

De esta manera se pudo desarrollar cada uno de los cálculos y procedimientos numéricos, necesario para el cumplimiento de los objetivos para llevar a cabo esta investigación.

2.7.3. Técnica de investigación

2.7.3.1. Técnicas de investigación cuantitativa

Esta técnica es apropiada cuando se quiere calcular magnitudes u ocurrencias de fenómenos y experimentar ciertas hipótesis como la prevalencia de alguna enfermedad o microorganismo (Hernández & Barrios, 2024).

Es bajo la aplicación de esta técnica que se pudo lograr una estadística con base en los datos obtenidos tanto en el diseño experimental como en el análisis sensorial del producto propuesto y desarrollado.

2.7.4. Instrumento de investigación

2.7.4.1. Recolección de datos

La recolección de datos se efectúa mediante reunir y comprender información de diversas fuentes, con el propósito de obtener un panorama amplio del objeto de estudio, la obtención de estos datos se puede realizar a la vez de diferentes técnicas como la observación, cuestionarios, entrevistas, encuestas y escalas (Sánchez, 2022).

2.7.4.2. Análisis de investigación

Técnica de investigación que implica la revisión y evaluación sistemática de documentos escritos ya sean documentos escritos como informes, registros y publicaciones, con la finalidad de obtener información y entender un fenómeno o problema específico (Medina et al., 2023). Este análisis de investigación fue útil para la recopilación de información y datos de manera extensa.

2.7.5. Materiales y equipos

2.7.5.1. Materia prima

- La materia prima que se empleó en este proyecto de investigación fue el
- bagazo de cebada (*Hordeum Vulgare*) malteado estilo Pale Ale y Carahell

2.7.5.2. Material- equipo Papel aluminio

- Probeta graduada de 250ml
- Equipo de secado por convección
- Estufa de secado por aire forzado
- Molino
- Bandejas de secado
- Prensa hidráulica
- Balanza analítica de capacidad de 160 g y precisión de 0.1 mg
- Adhesivos
- Mascarillas
- Cofias
- Fundas siplox

2.7.5.3. Descripción de maquinaria y equipos a usar

Tabla 8. Descripción técnica de deshidratación de secado por aire forzado Memmet, Buchenbach, Germany

Deshidratador de estufa por aire forzado	Max	Min
<i>Temperatura</i>	300 °C	20 °C
<i>Tiempo</i>	24h	3h
<i>Capacidad</i>	300kg	60 kg
<i>Material</i>	Acero inoxidable AISI 304	

Fuente: Agila & Alarcón (2026)

Tabla 9. Descripción técnica de deshidratador por convección

Deshidratador por convección	Max	Min
<i>Temperatura</i>	90 °C – 105 °C	30 °C – 40 °C
<i>Tiempo</i>	15 h	3 h
<i>Capacidad</i>	10 kg	3 kg
<i>Material</i>	Acero inoxidable AISI 304 o 316	

Fuente: Agila & Alarcón (2026)

2.7.6. Metodología para la caracterización de los parámetros proximales del bagazo

2.7.6.1. Determinación de los parámetros proximales del bagazo

Estos análisis son utilizados para la determinación de los parámetros proximales del bagazo de cebada malteada los cuales incluyen: Proteína, Fibra, Carbohidratos, Análisis de vitaminas y Humedad. Con el análisis de estos, se estableció la calidad del bagazo y su aplicación en la industria alimentaria.

2.7.6.2. Determinación de proteínas AOAC 2001.1

Para calcular el contenido de proteínas se utilizó el método de Kjeldahl. De acuerdo con la normativa (Anderson et al., 2002). Para calcular la concentración de proteína se aplicó la ecuación que se detalla en las ecuaciones 1 y 2:

Ec. 1

$$\%Nitrógeno = \frac{(Vm - Vb) \times M \times 14.01}{W \times 10}$$

Ec. 2

$$\% Proteína cruda = \%Nitrógeno \times F$$

Donde:

Vm= Volumen (ml) de ácido estandarizado usado para titular

Vb= Volumen (ml) de ácido estandarizado empleado para titular el blanco de reactivo

M= Molaridad de HCl estándar

14.01=Peso atómico de N

W= Peso (g) de la porción de prueba o estándar

10= Factor para convertir mg/g a porcentaje

F= Factor para convertir N a proteína

2.7.6.3. Contenido de Fibra AOAC 930.15

Mediante el método gravimétrico, se determinó el contenido de fibra presente en el bagazo de las maltas de cerveza, estilo Pale Ale y Carahell, inicia con la muestra inicial la cual se añade ácido ya sea ácido sulfúrico o ácido clorhídrico para facilitar la disolución de los componentes solubles conservado como residuo principal la fibra. La muestra pasó por un medio alcalino (hidróxido de sodio) con el fin de solubilizar otras fracciones. Una vez finalizada el proceso se realizó un filtrado. Los residuos se sometieron a un lavado para eliminar cualquier contaminación y seguidamente son secados en un horno a temperaturas determinadas para por último pesarlas (AOAC, 1999).

Ec. 3

$$\%Fibra = \left(\frac{Pf - Pv}{Pm} \right) \times 100$$

Donde;

Pf = Peso de la placa que contiene la muestra desecada

Pm = Cantidad de la muestra pesada en el ensayo

Pv = Peso de la placa vacía

2.7.6.4. Determinación de humedad AOAC 930.15

Para calcular el porcentaje de humedad se utilizó el método gravimétrico, el cual consiste en la pérdida del peso de la muestra tras ser desecada hasta tener un peso constante (AOAC, 1925).

Se empleó la Ecuación 4 para calcular el porcentaje de humedad: Ec.4

$$\% \text{ Humedad} = \frac{M_2 - M_3}{M_2 - M_1} \times 100$$

Donde:

H (%): Humedad en porcentaje

M1: Masa en gramos caja Petri

M2: Masa en gramos de la caja Petri más la muestra antes de secar (g)

M3: Masa en gramos de la caja Petri más la muestra después del secado (g)

2.7.6.5. Carbohidratos

Se determinó el contenido de hidratos de carbono mediante un cálculo basado en la diferencia de los porcentajes de humedad, proteína, fibra, Grasa y cenizas. Como lo menciona (Albán, 2023), el porcentaje de carbohidratos se calculó con la ecuación 5.

Ec. 5

$$\% \text{ Carbohidratos} = 100 - (\% \text{ Humedad} + \% \text{ Proteína} + \% \text{ Fibra} + \% \text{ Grasa} + \% \text{ cenizas})$$

2.7.6.6. *Ceniza AOAC 923.03*

Se pesa entre 3 y 5 g de la muestra previamente homogeneizada y se colocó en una cápsula de porcelana para cenizas, de poca profundidad y amplia superficie, la cual es previamente calcinada, enfriada en un desecador y pesada una vez alcanzada la temperatura ambiente. Posteriormente, la muestra se sometió a incineración en una mufla a aproximadamente 550 °C, hasta que la ceniza obtenga un color gris claro o hasta alcanzar peso constante.

Finalizada la incineración, la cápsula se enfría en un desecador y se pesó nuevamente poco después de alcanzar la temperatura ambiente. Como agente desecante se utilizó óxido de calcio (CaO), por su adecuada capacidad de absorción de humedad (AOAC 923.03, 2023).

Ec. 6

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{(P_3 - P_1)}{(P_2 - P_1)} \times 100$$

Donde:

P_1 = Peso del crisol vacío

P_2 = Peso del crisol + muestra

P_3 = Peso del crisol + ceniza

2.7.6.7. *pH según INEN 973*

Según INEN 0973 (1983), se calibrar el equipo utilizando soluciones buffer patrón de pH 4,0 y pH 7,0, ajustando la temperatura.

Se coloca el electrodo con agua destilada antes y después de la calibración y de cada medición, con la finalidad de evitar contaminación o interferencias. Se coloca agua en un recipiente limpio y se la mantiene a una temperatura ambiente. Seguidamente se colocó el electrodo en la muestra hasta obtener una lectura estable, se registra el valor de pH que indica el equipo.

Las mediciones se realizan por duplicado para cada muestra. Cuando la diferencia entre las lecturas superó 0,2 unidades de pH el análisis se repite. El valor final de pH se detalla como el promedio de los dos valores, redondeado a una cifra decimal.

2.7.7. Metodología para la obtención de la harina de bagazo malteado

2.7.7.1. Recepción

El bagazo de malta fue adquirido por la cervecería "la espiga" ubicada en Machachi y se almacenó en contenedores para evitar riesgo de proliferación microbiana.

2.7.7.2. Limpieza

Posteriormente el bagazo se colocó en un recipiente de plástico para lavarlo conjuntamente con un colador y se utilizó agua purificada, esto para que el olor a fermentación disminuyera sin afectar sus propiedades.

Figura 6. Lavado de la malta



Fuente: Agila & Alarcón (2026)

2.7.7.3. Selección

Se seleccionó la malta que se encontraba en buen estado y retirando partículas que se encontraron presentes en el bagazo de cebada malteada.

Figura 7.. Selección



Fuente: Agila & Alarcón (2026)

2.7.7.4. Pesado

A continuación, una vez lavado el bagazo se colocó en una bolsa Ziploc para poder pesarla para obtener los datos de la cantidad de agua retenida en este caso se utilizó 3 bolsas para la malta Pale Ale y 3 para la malta Carahell.

Figura 8. Pesado



Fuente: Agila & Alarcón (2026)

2.7.7.5. Prensado

Se colocó el bagazo en una prensa envuelta en tela filtro para disminuir la mayor cantidad posible de agua presente en el bagazo y se colocó el agua en una probeta para medir la cantidad de agua que se perdió durante el prensado.

Figura 9. Prensado



Fuente: Agila & Alarcón (2026)

2.7.7.6. Secado

2.7.7.7. Secado por estufa de aire forzado

El secado se realizó en el quipo Memmet, Buchenbach, Germany y mediante secado por aire forzada en estufa, empleado con circulación de aire caliente y bandejas metálicas de acero inoxidable para mantener la inocuidad del sistema.

Las muestras se colocaron en capas delgadas de 1 cm de grosor y uniformes sobre las bandejas previamente etiquetadas para diferenciar cada una de las muestras. En el proceso de secado se empleó una temperatura constante de 60 °C durante 19 h, con circulación continua de aire, lo que permitió una reducción controlada del contenido de humedad sin comprometer las propiedades del material.

Como parámetros operativos del secado se consideraron la temperatura de operación, el tiempo de secado, la convección forzada mediante ventilación interna, condiciones que aseguraron una transferencia de calor uniforme en todo el sistema permitiendo una correcta pérdida de humedad y homogénea garantizando que la harina este óptima para su posterior uso.

Figura 10. *Secado por aire forzado*



Fuente: Agila & Alarcón (2026)

2.7.7.8. *Secado por convección*

El proceso de secado por convección se llevó a cabo en la Universidad Técnica de Cotopaxi, se utilizó un horno equipado con bandejas metálicas. La muestra fue distribuida de manera uniforme sobre las bandejas, formando una capa delgada con la finalidad de favorecer una adecuada circulación del aire y garantizar un secado homogéneo.

Cada bandeja fue debidamente etiquetada para su correcta identificación durante el proceso. El secado se realizó a una temperatura constante de 60 °C durante un período de 24 h.

Finalizado el tratamiento térmico, las muestras fueron retiradas del horno, se dejó enfriar a temperatura ambiente, posteriormente pesadas para evaluar la pérdida de humedad y finalmente almacenadas en bolsas herméticas, a fin de evitar la reabsorción de humedad y preservar sus características para los análisis posteriores.

Figura 11. Secado por convección



Fuente: Agila & Alarcón (2026)

2.7.7.9. Molienda

Después de completar el proceso de secado de del bagazo de cebada malteada, fue retirado y colocado en bolsas selladas. Se verifico el peso de cada una y posteriormente se procedió a la molienda para convertirlo al bagazo en harina, se utilizó un molino modelo (b1 140-2-2) a 2800 r/min

Figura 12. Molienda



Fuente: Agila & Alarcón (2026)

2.7.7.10. Tamizado

El bagazo de cebada malteada previamente secado se lo tamizó con el objetivo de eliminar partículas gruesas e incluso partículas extrañas y obteniendo así una harina fina y uniforme,

para ello se utilizó una malla de 2mm, con el fin de obtener una harina más fina. Posteriormente se determinó el peso de la harina de bagazo de cebada malteada previamente tamizada.

Figura 13. Tamizado



Fuente: Agila & Alarcón (2026)

2.7.7.11. Envasado y pesado

Posteriormente la harina se colocó en bolsas herméticas selladas para evitar la entrada de contaminantes presentes en el ambiente que puedan afectar la calidad de la harina de cebada malteada, seguidamente se procedió a pesar cada una, a tal manera de conocer el rendimiento que se obtuvo.

Figura 14. Envasado y pesado



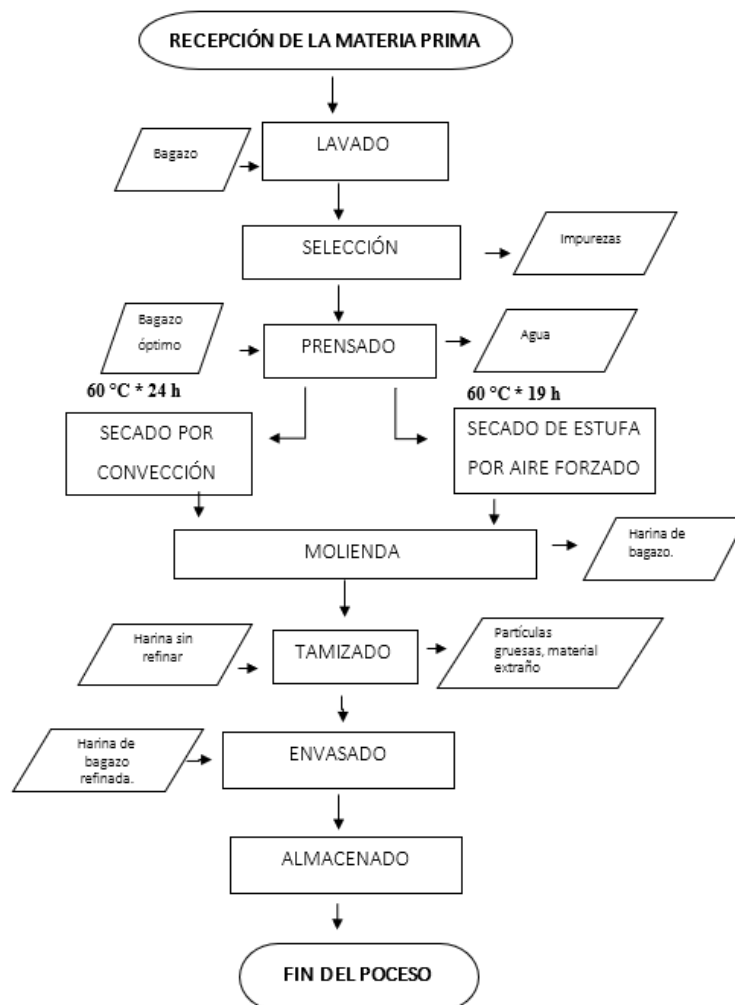
Fuente: Agila & Alarcón (2026)

2.7.7.12. Almacenado

Las bolsas herméticas selladas se almacenaron a una temperatura de 20°C lo cual evita que esta pierda sus propiedades nutricionales, físicas y químicas. Un correcto almacenado permite que la harina pueda ser de gran utilidad para procesos posteriores en los cuales se incluye la harina de bagazo de cebada malteada como un ingrediente o materia prima en la elaboración de productos alimenticios.

2.7.7.13. Diagramas de flujo de la obtención de la harina de bagazo de cebada malteada

Figura 15. Diagrama de flujo para obtener harina de bagazo de cebada malteada



Fuente: Agila & Alarcón (2026)

2.7.8. Metodología para la determinación de los análisis nutricionales de la harina de bagazo de cebada malteada

2.7.8.1. Proteína AOAC 2001.11

El apartado para el análisis de proteínas se encuentra detallado específicamente en el literal 2.7.6.2

2.7.8.2. Ceniza

El apartado para el análisis de cenizas se encuentra detallado específicamente en el literal 2.7.6.6

2.7.8.3. Carbohidratos

El apartado para el análisis de carbohidratos se encuentra detallado específicamente en el literal 2.7.6.5

2.7.8.4. Fibra

El apartado para el análisis de fibra se encuentra detallado específicamente en el literal 2.7.6.3

2.7.9. Metodología para análisis de vitaminas

2.7.9.1. Tiamina AOAC 942.23

Para determinación de tiamina (vitamina B_1) se empleó *Lactobacillus fermenti* el cual es microorganismo que depende de esta vitamina. La muestra se debe someter a digestión enzimática logrando así liberar la tiamina unida, se neutraliza y se clarifica el extracto. Posteriormente se preparó soluciones estándar de tiamina para elaborar una curva de calibración. Como siguiente se debe inocular un medio basal libre de tiamina con presencia de la bacteria y se suministra alícuotas con los extractos de muestra, incubándose a 35 – 37 °C durante 16 – 18 h. La turbidez en el espectrofotómetro medida como el crecimiento bacteriano será proporcional a la concentración de tiamina (AOAC, 1996).

2.7.9.2. Riboflavina (AOAC 970.65)

Para determinar riboflavina (vitamina B₂) en harinas se basó en la extracción de la vitamina mediante digestión ácida con ácido clorhídrico, seguida de una posible gestión enzimática para liberar la riboflavina unida a proteínas. Posteriormente se purificó la muestra usando reactivos precipitantes como ácidos tricloroacéticos y se ajusta el pH a condiciones óptimas de fluorescencia. La riboflavina se cuantificó mediante fluorometría, aprovechando su fluorescencia natural y su concentración se calculó comparando con una curva de calibración construida con soluciones estándar, expresando el resultado en miligramos por 100 g de muestra (AOAC, 1971).

2.7.9.3. Niacina

La determinación de vitamina B₃ (niacina) se realizó de acuerdo con la norma mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC). Previamente al análisis, la muestra se homogeneiza y somete a un proceso de hidrólisis, con el fin de liberar el niacina presente en la matriz alimentaria, la cual puede encontrarse en formas ligadas este se realizó mediante hidrólisis ácida, enzimática o combinada ácido-alcalina, según la naturaleza de la muestra. Posteriormente, el extracto obtenido se enfría.

La separación se colocó en una columna de fase reversa tipo C18, utilizando una fase móvil adecuada bajo condiciones isocráticas, mientras que la detección se realizó por medio de detección UV o fluorimétrica, conforme a lo establecido en la norma. La identificación del niacina se midió con la comparación de los tiempos de retención con soluciones patrón, y para la cuantificación se utiliza una curva de calibración elaborada con estándares de concentración conocida, expresando los resultados como contenido de niacina total en mg por 100 g de muestra (EN 5652:2009, 2009).

2.7.9.4. Aminoácidos

El análisis de aminoácidos se llevó a cabo usando un Cromatógrafo Líquido el cual es integrado por dos bombas, una columna Alltex Ultrasphere ODS de 12,5 cm y partículas de sílica de 5 mm de diámetro, y un detector de fluorescencia FLC-6A. El flujo debe ser constante a 1

ml/min, para la preparación de los solventes, así como para el gradiente se uso el método propuesto por Umagat y Kucera, 1982 (23) modificado por Torres y col, 1994 (24). Para la identificación y cuantificación de los aminoácidos se lo realizó por la comparación con los tiempos de retención del estándar AA 18 Sigma (Izquierdo et al., 2000).

2.7.9.5. Índice de solubilidad

Se determinó el índice de solubilidad según AOAC 920.39 (2023), el cual se basa en un procedimiento gravimétrico. Para ello, se colocó una muestra la cual se sometió a un proceso extracción utilizando un solvente orgánico, permitiendo la disolución de los componentes solubles de la matriz.

Posteriormente, el extracto se separa del solvente eliminado por evaporación el cual se se lo pesa y se calcula como el porcentaje de la fracción soluble respecto al peso inicial de la muestra como lo indica la ecuación 7.

Ec. 7

$$\text{Índice de solubilidad} = \frac{V_r}{W_m} \times 100$$

Donde:

V_r = Volumen o peso del residuo tras la centrifugación

W_m = Peso de la muestra

2.7.9.6. Densidad aparente

La densidad aparente se determinó según ISO 3923-1 (2018), mediante el método del embudo. Para ello, la muestra se acondiciona dehandola fluir libremente, sin compactación, a través de un embudo hacia un recipiente de volumen conocido.

Una vez lleno el recipiente, se descarta el exceso de material sin ejercer presión, posteriormente se pesa el contenido. La densidad aparente se calculó mediante la ecuación 8 que nos permitió evaluar el comportamiento del material en condiciones de manipulación sin compactación

Ec. 8

$$D_a = \frac{m}{v}$$

Donde:

Da = Densidad aparente

M= Masa de la muestra

V= Volumen sin compactar

2.7.9.7. Densidad compactada

La densidad compacta se determinó según ISO 3923-1 (2018), mediante el método de golpeteo. Para ello, se colocó una muestra en un cilindro graduado, sin aplicar presión inicial. después, el cilindro se somete a un golpeteo mecánico hasta alcanzar un volumen constante. Una vez finalizado el proceso de compactación, se registra el volumen final ocupado por la muestra y la densidad compactada se calculó mediante la ecuación 9, lo que permite evaluar el comportamiento del material bajo condiciones de compactación.

Ec. 9

$$D_c = \frac{m}{v}$$

Donde:

Dc = Densidad aparente

M= Masa de la muestra

V= Volumen sin compactar

2.7.9.8. *Ángulo de reposo*

Para la determinación del ángulo de reposo, se colocó en un embudo de 20 cm, 500 g de harina a través del cono sobre una superficie plana, posteriormente se tomó las medidas del radio y altura que genera la harina (ISO 4324, 1977). Se Determinó el ángulo de reposo mediante la ecuación 10.

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{h}{r}\right) \quad Ec. 10$$

Donde:

Θ = Angulo de reposo

\tan^{-1} = Tangente

h = altura del cono

r = radio

2.7.10. Metodología para la determinación de las propiedades funcionales de la harina de malta cervecera

2.7.10.1. *Índice Absorción de agua.*

La absorción de agua se determinó conforme a la norma ISO 5530-1(2025), se utilizó un farinógrafo. Para ello, se pesó una muestra de harina la cual se colocó en la cubeta del equipo, realizando un mezclado a velocidad constante. Durante el proceso, se agrega agua gradualmente hasta llegar a una consistencia estable. La cantidad total de agua requerida para lograr dicha consistencia se registra como absorción de agua, el equipo generó una curva farinográfica a partir de la cual se obtiene los parámetros reológicos como el tiempo de desarrollo, la estabilidad de la masa y el grado de ablandamiento, los cuales describen el comportamiento de la masa durante la hidratación y el mezclado controlado.

Ec. 11

$$W = \frac{m_t - m_0}{A * \sqrt{t}}$$

Donde:

w = Coeficiente de absorción de agua

m_t = Masa de la probeta en el tiempo

m_0 = Masa de la probeta seca

A = Área de la superficie expuesta del agua

\sqrt{t} = Raíz cuadrada del tiempo

2.7.10.2. Capacidad de retención de agua

La capacidad de retención de agua (CRA) se determinó mediante un método gravimétrico, según AOAC 925.10 (2019), el cual se fundamenta en la medición de variaciones de masa por interacción con el agua. Para el análisis, se pesó la muestra seca y se mezcló con agua destilada, permitiendo la hidratación completa del material durante un tiempo controlado a temperatura ambiente. Posteriormente, se sometió a centrifugación para separar el agua libre del agua retenida. Se elimina el excedente de agua y el residuo hidratado se pesa nuevamente. La capacidad de retención de agua se calculó mediante la ecuación 11.

Ec. 11

$$CRA(\%) = \frac{\text{Peso del sedimento humedo} - \text{Peso de la muestra seca}}{\text{Peso de la muestra seca}} \times 100$$

2.7.10.3. Capacidad de hinchamiento o expansión.

La determinación del índice de hinchamiento en harina se realizó utilizando el Solvent Retention Capacity (SRC) Profile según, AACCC 56-11.02 (2010), que mide el porcentaje de solvente retenido por la harina después de la centrifugación donde se emplea cuatro solventes diagnóstico (agua, sacarosa al 50 %, solución de carbonato de sodio al 5 % y solución de ácido

láctico al 5 %), estableciendo un perfil funcional de la capacidad de hidratación de los polímeros alimentarios.

Ec. 12

$$SCR(\%) = \left(\frac{\text{Peso de pallet (sedimento)}}{\text{Peso de la harina}} \times \frac{86}{100\% \text{ humedadd harina}} - 1 \right) \times 100$$

2.7.10.4. Índice de viscosidad

La viscosidad se determinó conforme a la norma ISO 2555 (2018), en el cual se empleó un viscosímetro giratorio de tipo cilindro para medir la resistencia al flujo de la muestra mediante condiciones establecidas en el procedimiento, la muestra líquida se colocó dentro del equipo a temperatura fija, se aplica una velocidad periódica y se registra el valor de viscosidad una vez alcanzado la estabilidad del sistema.

Ec. 13

$$\eta = k \times \alpha$$

η = Viscosidad aparente

κ = Factor de conversión

α = Lectura de viscosímetro

2.7.10.5. Índice de gluten

Este índice ofrece una perspectiva sobre la calidad de las proteínas destacando su fortaleza en lugar de su cantidad.

- *Gluten húmedo*

Según la norma INEN 529 (1980) la determinación de gluten se debe realizar por duplicado sobre la misma muestra preparada, pesar 10 g de muestra y colocarlo en el mortero de porcelana.

Se colocó gota a gota $5,5 \text{ cm}^3$ de la solución de cloruro de sodio agitar constantemente la harina con la espátula, compactar la mezcla con la espátula, evitando perder la harina y formar una bola de masa. Para homogenizar la masa, se estira con la palma de la mano sobre una placa de vidrio hasta obtener una longitud de 7 a 8 cm, después volvemos a darle forma de bola y se vuelve a amasar de la misma manera 5 veces. Se debe colocar un gante de látex o caucha para no afectar el color y transpiración de la harina.

Se Dejó caer ligeramente agua que se encuentre a temperatura ambiente sobre la bola de masa formada. El ritmo de la colocación del agua fue de 0.75 L de agua de desagüe en aproximadamente 8 min. En este tiempo se prensa la masa y se la retira 7 veces de manera en que la masa se divida en dos trozos que se junten nuevamente. El tiempo de duración del lavado depende del contenido que tenga la masa en gluten.

Pesar el gluten con aproximación de 0,01 g

Ec. 14

$$\text{Gluten Húmedad}(\%) = \left(\frac{\text{Peso del Gluten Húmedo}}{\text{Peso de la muestra de harina}} \right) \times 100$$

- *Gluten seco*

Según la norma INEN 529 (1980) se utiliza la bola de gluten obtenida anteriormente y colocarla en la estufa a calentar a $100 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ durante 24 h, finalmente se deja enfriar en el desecador y se pesa el contenido.

El gluten se calcula multiplicando por 4 el peso obtenido y se expresa en porcentaje de masa.

Ec. 15

$$\% \text{ Gluten Seco} = \left(\frac{\text{Peso gluten seco}}{\text{Peso inicial de la harina}} \right) \times 100$$

2.7.11. Metodología para la determinación del análisis microbiológico de la harina de bagazo de cebada malteada

2.7.11.1. Determinación de mohos

El método de enumeración de mohos y levaduras según, AOAC 997.02 (2023), se basa en el uso de placas de película por medio nutritivo suplementado con antibióticos y un agente gelificante. Para el análisis, se preparó diluciones de la muestra en diluyente estéril, se inoculó 1 mL de cada dilución sobre la placa rehidratable y se distribuye homogéneamente.

Una vez compactado el gel, las placas se incuban a 20 – 25 °C durante 5 días en posición horizontal. Tras la incubación, se contó las colonias de mohos y levaduras que aparecen en el área de crecimiento, expresándose los resultados como UFC/g de muestra.

2.7.11.2. Determinación de Coliformes totales

La determinación de Coliformes totales se determinó de acuerdo a AOAC 991.14 (2023), el cual se basó en el recuento de Coliformes en alimentos mediante métodos de placa en película. En este procedimiento, se preparó una muestra la cual se colocó sobre las placas de cultivo específicas y se incuban a temperatura controlada. Tras la incubación, las colonias características de Coliformes se encuentran en un rango contable (generalmente 15–150), y el resultado se expresa como UFC/g de muestra; esta técnica permitió evaluar la higiene microbiológica del alimento mediante el conteo directo de colonias de Coliformes totales.

2.7.11.3. Determinación de salmonella

Para determinar la salmonella, se realizó el método horizontal de acuerdo con AOAC 967.25 (2023), el cual comprende cuatro fases:

- 1) pre-enriquecimiento de la muestra en medio no selectivo para recuperar células dañadas;
- 2) enriquecimiento selectivo en medios específicos como Rappaport-Vassiliadis y tetracionato para favorecer el crecimiento de *Salmonella* frente a otras bacterias.

- 3) aislamiento en medios selectivos y diferenciales (como XLD o Hektoen) para obtener colonias típicas de *Salmonella* tras incubación a 37 ± 1 °C; y confirmación bioquímica y serológica de las colonias sospechosas según criterios establecidos.

2.7.12. Metodología de la Elaboración de la bebida vegetal propuesta

El procedimiento y formulación de la bebida vegetal empleados se basaron en la investigación realizada por León (2019) , la cual incluyen etapas de calentamiento del agua, incorporación progresiva del material sólido, homogenización mediante licuado, filtrado y envasado como operaciones básicas para la obtención de bebidas vegetales destinadas a evaluación sensorial y aceptación del consumidor

2.7.12.1. Selección del tratamiento

Para la elaboración de la bebida vegetal propuesta se seleccionó el mejor tratamiento que se obtuvo a partir de la evaluación previa de las propiedades fisicoquímicas, nutricionales y funcionales de las harinas. El tratamiento seleccionado correspondió a la harina Pale Ale obtenida mediante secado en estufa de aire forzado.

2.7.12.2. Preparación de la mezcla

El proceso de formulación se desarrolló a nivel de propuesta. Inicialmente, se calentó agua potable hasta alcanzar una temperatura de 70 °C. Posteriormente, se adicionaron de manera gradual 80 g de harina por cada 2 L de agua, manteniendo una agitación constante mediante el uso de una licuadora, con el fin de lograr una dispersión homogénea del sólido en el medio líquido.

2.7.12.3. Adición del edulcorante

Una vez obtenida la dispersión homogénea, se incorporaron 20 g de azúcar como agente edulcorante, continuando el mezclado para asegurar su completa disolución e integración en la bebida.

2.7.12.4. Filtrado

La mezcla resultante fue sometida a un proceso de filtrado utilizando una tela filtrante, con la finalidad de eliminar partículas sólidas no dispersas y mejorar la textura del producto final.

2.7.12.5. Envasado y almacenamiento

Finalmente, la bebida vegetal obtenida fue envasada en recipientes de vidrio previamente esterilizados y almacenada en condiciones adecuadas para su posterior evaluación sensorial de aceptabilidad.

2.8. Hipótesis

La variedad de malta utilizada (Pale Ale o Carahell) y los métodos de secado empleados (por estufa y convección) influyen significativamente en las propiedades físicas, químicas y nutricionales de la harina obtenida a partir del bagazo de cebada malteada.

2.8.1. Hipótesis nula

H₀: El tipo de malta y los métodos de secado no influye en las propiedades físicas, químicas, nutricionales y funcionales de la harina de bagazo de malta.

2.8.2. Hipótesis alterna

H₁: El tipo de malta y los métodos de secado influyen en las propiedades físicas, químicas, nutricionales y funcionales de la harina de bagazo de cebada malteada

2.9. Diseño Experimental

Para el presente estudio se empleó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) en un arreglo factorial A × B (2 × 2), con el objetivo de analizar los efectos de dos factores experimentales sobre la caracterización de la harina de malta.

Este tipo de diseño permite evaluar los efectos individuales de cada factor y sus posibles interacciones, además de controlar la variabilidad experimental mediante repeticiones independientes (Jurado, 2018).

El análisis de los datos se realizó mediante **ANOVA factorial**, descomponiendo la variabilidad total en componentes atribuibles a los factores A, B, su interacción (A×B) y el error experimental. La significancia de los efectos se evaluó mediante la prueba de Tukey al 5% de probabilidad, en caso de detectar diferencias significativas.

Tabla 10. Modelo matemático para los análisis fisicoquímicos de los tratamientos

Fuente de variación	Grados de libertad	Fórmula
<i>Repeticiones</i>	2	r-1
<i>Factor A</i>	1	A-1
<i>Factor B</i>	1	B-1
<i>A x B</i>	1	(A-1) (B-1)
<i>Error Experimental</i>	6	Diferencia (total- grados de libertad)
Total	11	(A x B)-1

Fuente: Agila & Alarcón (2026)

- Coeficiente de variación (CV)

Este se expresa en porcentaje para cada variable

- Prueba de Tukey

Se realizará una prueba de Tukey a un nivel de probabilidad del 5% para las diferentes interacciones (AxB) en caso de que exista una diferencia significativa.

Tabla 11. Factores del diseño experimental

Tipo de malta (factor A)	Tipo de secado (factor B)
A ₀ Pale Ale	B ₀ Secado convencional
A ₁ Carahell	B ₁ Secado por aire forzado

Fuente: Agila & Alarcón (2026)

Cada tratamiento se realizó con tres repeticiones con la finalidad de conseguir los datos confiables estadísticamente, dando un total de 12 unidades experimentales

2.9.1. Cuadro de variables

Las variables por evaluar en el proyecto de investigación de la caracterización de la harina de malta se indican en la tabla 12, se describe los parámetros y los indicadores que se estudió para verificar el mejor tratamiento.

Tabla 12. Cuadro de variables de estudio

Variable Dependiente	Variables independientes	Indicadores	UM
Parámetros fisicoquímicos	Métodos de Tipos de secado malta	Humedad	%
		pH	Unidad de pH
		Proteína	%
		Solubilidad	%
		Densidad aparente	g/ml
		Densidad compactada	g/ml
		Índice de Hausner	-
		Ángulo de reposo	Grados °

Fuente: Agila & Alarcón (2026)

2.9.2. Cuadro de tratamientos para las combinaciones del diseño experimental

Se presenta los tratamientos con el fin de reconocer las variables repuestas de la harina de malta en la tabla 13.

Tabla 13. Cuadro de tratamientos

Tratamiento	Factor A (Tipo de malta)	Factor B (Tipo de secado)	Repetición	Combinación
t_1	Pale Ale	Secado convencional	1	A ₀ B ₀
t_1	Pale Ale	Secado convencional	2	A ₀ B ₀
t_1	Pale Ale	Secado convencional	3	A ₀ B ₀
t_2	Pale Ale	Aire forzado	1	A ₀ B ₁
t_2	Pale Ale	Aire forzado	2	A ₀ B ₁
t_2	Pale Ale	Aire forzado	3	A ₀ B ₁
t_3	Carahell	Secado convencional	1	A ₁ B ₀
t_3	Carahell	Secado convencional	2	A ₁ B ₀
t_3	Carahell	Secado convencional	3	A ₁ B ₀
t_4	Carahell	Aire forzado	1	A ₁ B ₁
t_4	Carahell	Aire forzado	2	A ₁ B ₁
t_4	Carahell	Aire forzado	3	A ₁ B ₁

Fuente: Agila & Alarcón (2026)

2.10. Análisis y discusión de resultados

2.10.1. Resultados de la caracterización proximal del bagazo de cebada malteada (Pale Ale y Carahell)

En la tabla 14 se observa la caracterización proximal del bagazo de cebada correspondiente a las variedades Pale Ale y Carahell. En ella se compone parámetros fundamentales, los cuales permiten evaluar la calidad, estabilidad y potencial de aprovechamiento de cada tipo de bagazo lo cuales es esencial para comprender las diferencias entre ambas variedades.

Tabla 14. Caracterización proximal del bagazo de cebada malteada

Parámetros	Unidad	Pale Ale	Carahell
<i>Humedad</i>	%	67,10	65,65
<i>Materia seca</i>	%	31,80	34,35
<i>Proteína</i>	%	15,38	13,11
<i>Fibra</i>	%	16,30	18,45
<i>Ceniza</i>	%	2,80	3,23
<i>Materia orgánica</i>	%	97,20	96,77
<i>Carbohidratos</i>	%	25,15	23,79
<i>pH</i>	-	4,6	4,4

Fuente: Agila & Alarcón (2026)

Los resultados obtenidos para los bagazos de cebada malteada de *Pale Ale* y *Carahell* revelan perfiles nutricionales característicos de este tipo de subproducto. En ambos casos, la humedad relativa elevada (67,10 % y 65,65 %) concuerda con lo descrito para bagazo cervecero húmedo, el cual suele presentar altos porcentajes de agua debido al prensado posterior a la sacarificación del mosto cervecero (contenido de materia seca típicamente 20 – 25 %). El contenido de proteína cruda de 15,38 % en *Pale Ale* y 13,11 % en *Carahell* se sitúa dentro de rangos reportados por Limones (2023), aunque estos son más frecuentemente expresados en base seca donde valores proteicos de bagazo de cerveza pueden rondar el 24 – 26 % en materia seca, lo cual denota que los subproductos de malta aún conservan una fracción significativa de proteínas tras la extracción de azúcares fermentables.

El contenido de fibra cruda determinado (16,30 % y 18,45 %) es similar a la lignocelulósico propia del bagazo, el cual se destaca por ser rico en componentes fibrosos debido a la presencia de polisacáridos estructurales (Limones, 2023). Asimismo, los valores de ceniza (2,80 % y 3,23 %) se encuentran dentro del rango de contenidos minerales reportados en estudios de composición de bagazo cervecero, lo que señala la presencia de materiales inorgánicos residuales. En cuanto a los carbohidratos, los promedios observados (25,15 % y 23,79 %) reflejan la presencia de fracciones no fermentadas y polisacáridos complejos no solubles, pues el bagazo conserva carbohidratos estructurales incluso después del proceso cervecero.

Finalmente, los valores de pH medidos (4,6 y 4,4) son compatibles con subproductos orgánicos acidificados tras el proceso de maceración y extracción de azúcares, aunque este parámetro puede variar dependiendo de los procesos específicos de elaboración y el tiempo de exposición a condiciones ambientales y microbiológicas. En conjunto, estos resultados no solo confirman la composición bromatológica esperada del bagazo de malta, también subrayan la importancia de considerar la variabilidad inherente a la materia prima y al proceso cuando se comparan datos experimentales con referencias bibliográficas existentes.

2.10.2. Evaluación de los efectos de los tipos de secado en propiedades fisicoquímicas de la harina

2.10.2.1. Porcentaje de proteína

El contenido de proteína es un parámetro nutricional fundamental dentro de la composición en las harinas de malta, ya que influye directamente en su valor alimenticio y funcionalidad en la elaboración de productos panificados y otros alimentos de interés. Evaluar el porcentaje de proteína permite determinar la calidad de la harina y cómo los distintos métodos de secado pueden afectar su concentración y disponibilidad.

Para determinar la significancia estadística de estas diferencias, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA), cuyos resultados se presentan en la Tabla 15.

Tabla 15. Análisis de Varianza del porcentaje de proteína

FV	SC	gl	CM	F	P-Valor
Modelo	17,56	5	3,51	4,77	0,0418*
Tipo de secado	0,83	1	0,83	1,12	0,3302
Tipo de harina	1,21	1	1,21	1,64	0,2474
Réplica	0,09	2	0,04	0,06	0,9445
Tipo de secado *Tipo de harina	15,44	1	15,44	20,95	0,0038 *
Error	4,42	6	0,74		
Total	21,98	11	0,74		
CV	5,67				

Fuente: Agila & Alarcón (2026)

Como se observa, tanto el tipo de harina ($p = 0,2474$) como el tipo de secado ($p = 0,3302$) no mostraron un efecto significativo de manera individual sobre el contenido de proteína. Sin embargo, la interacción entre tipo de harina y método de secado fue significativa ($p = 0,0038$), demostrando que la combinación de los dos factores influye directamente en la concentración de proteína en la harina de malta.

Tabla 16. Prueba de Tukey del tipo de secado y tipo de harina para el porcentaje de proteína

Tipo de secado	Tipo de harina	Medias	N	E.E.		
2	1	16,33	3	0,50	A	
1	2	16,22	3	0,50	A	
1	1	14,59	3	0,50	A	B
2	2	13,43	3	0,50		B

Fuente: Agila & Alarcón (2026)

Los resultados de la prueba de Tukey para el porcentaje de proteína (Ver tabla 16) mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre las combinaciones de tipo de secado y tipo de harina evaluadas. La combinación de secado por estufa de aire forzado con harina Pale Ale (2-1) alcanzó un valor promedio de contenido proteico del (16,33 %), clasificada dentro del grupo homogéneo A, mientras que la combinación aire forzado con harina Carahell (2-2) presentó un valor promedio de (13,43 %), ubicado en el grupo B. La diferencia entre estos tratamientos representa una disminución de aproximadamente el 17,8 % en el contenido de proteína con respecto al tratamiento de mayor valor, confirmando la influencia combinada del método de secado y del tipo de harina sobre el comportamiento proteico de las harinas analizadas.

El tipo de secado influye de manera directa en el porcentaje de proteína, principalmente por medio de la variación en el contenido final de la humedad. El secado con aire forzado permite la eliminación más rápida y uniforme del agua debido a la circulación del aire caliente, lo que reduce significativamente la humedad residual y en consecuencia incrementa el porcentaje relativo de proteína cuando este se expresa en base húmeda, al existir menor dilución por agua (Guamán, 2024). Mientras que, el secado por convección es más lento y menos homogéneo lo que provoca una mayor humedad residual, que refleja mayor humedad residual y porcentajes de proteína menores (Mattioni et al., 2024). Además, temperaturas elevadas durante el secado

puede provocar desnaturalización proteica y favorecer a reacciones de Maillard ante la presencia de azúcares reductores afectando tanto a la funcionalidad como la calidad de la proteína (Mesías & Morales, 2017).

Al comparar estos resultados con la investigación de Díaz (2021), reportó que la harina de bagazo de cerveza desarrollada a partir de diferentes maltas presentó contenidos proteicos aproximados de 20,20 %, 22,04 % y 22,86 % dependiendo del tipo de malta base, malta roja o malta caramelo utilizadas durante el proceso de elaboración de la harina, lo cual puede atribuirse a diferencias en el proceso de secado aplicado en el estudio, a la formulación de las harinas investigadas, así como también el tratamiento previo realizado a este subproducto cervecero y las condiciones de almacenamiento del mismo que puede influir dentro de la composición química del bagazo de cebada malteada.

De manera complementaria, Allen (2023), sobre la producción de concentrados proteicos a partir de bagazo de cerveza mediante fraccionamiento húmedo indicó que el contenido de proteína en el bagazo puede variar típicamente entre 15 % y 30 % en materia seca, con incrementos de hasta 40 % tras procesos de extracción y purificación enzimática, confirmando que los subproductos cerveceros son matrices con alto potencial proteico y que técnicas de procesamiento avanzadas pueden potenciar ampliamente estos valores por encima de los porcentajes observados en la presente investigación.

Además, un estudio reciente de Pico (2024), publicado en el repositorio de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, reportó que en bagazo residual de producción de cerveza tipo Blonde Ale se encontró un contenido de proteína superior al 18 % en condiciones típicas de aprovechamiento agroindustrial, valores que se ubican entre los rangos de proteína de la combinación secado por estufa de aire forzado y harina pale ale 2-1 (16,33 %) y la literatura de bagazo cervecero general, indicando correlación entre la composición nutricional del bagazo fresco y el contenido proteico en harinas derivadas tras secado y molienda.

Asimismo, los valores más bajos de proteína obtenidos en la harina Carahell sometida a secado por aire forzado (13,43 %) son comparables con los reportados por Campoverde (2025), en un artículo científico publicado en Foods (MDPI), donde se analizaron subproductos cerveceros y se registraron contenidos proteicos entre 12,8 % y 13,9 % cuando se aplicaron temperaturas

de secado superiores a 65 °C. Dichos autores señalaron que temperaturas más elevadas pueden provocar desnaturalización parcial de las proteínas, reduciendo su cuantificación final. En este contexto, la diferencia de hasta 2,9 puntos porcentuales respecto al tratamiento de mayor proteína del presente estudio refuerza la importancia de un control adecuado del proceso de secado para preservar la calidad nutricional de las harinas de cebada malteada para su correcto empleo dentro de procesos agroindustriales.

2.10.2.2. Porcentaje de Solubilidad

Para evaluar la significancia estadística de los factores involucrados, se realizó un análisis de varianza (ANOVA). Los resultados obtenidos, indican la influencia del tipo de harina, tipo de secado y su interacción sobre el porcentaje de solubilidad de la harina.

Para evaluar la significancia estadística de los factores involucrados, se realizó un análisis de varianza (ANOVA). La Tabla 17 presenta los resultados obtenidos, indicando la influencia del tipo de harina, tipo de secado y su interacción sobre el porcentaje de solubilidad de la harina. Como se observa, el tipo de harina y el tipo de secado no mostraron diferencias significativas de manera individual ($p > 0,05$). Sin embargo, la interacción entre tipo de harina y tipo de secado fue altamente significativa ($p = 0,0002$), indicando que la solubilidad depende de la combinación específica de ambos factores.

Tabla 17. *Análisis de Varianza de la solubilidad*

FV	SC	gl	CM	F	P-Valor
Modelo	5,71	5	1,14	17,99	0,0015*
Tipo de harina	0,84	1	0,84	13,19	0,109
Tipo de secado	0,29	1	0,29	4,59	0,0759
Réplica	0,27	2	0,14	2,16	0,1963
Tipo de secado*tipo de harina	4,31	1	4,31	67,85	0,0002*
Error	0,38	6	0,06		
Total	6,09	11			
CV	2,53				

Fuente: Agila & Alarcón (2026)

Como se observa, el tipo de harina y el tipo de secado no mostraron diferencias significativas de manera individual ($p > 0,05$). Sin embargo, la interacción entre tipo de harina y tipo de secado fue altamente significativa ($p = 0,0002$), indicando que la solubilidad depende de la combinación específica de ambos factores. Los resultados muestran que el secado por aire forzado alcanzó en promedio ambas harinas una solubilidad de 10,21 %, mientras que el secado convencional presentó 9,68 %. Los grupos (A-B) confirman la existencia de diferencias significativas entre los métodos. Asimismo, la prueba de Tukey aplicada a la interacción tipo de harina \times tipo de secado indicó que la combinación aire forzado con harina Pale Ale presentó la solubilidad (10,96%), mientras que la combinación secado convencional con harina Carahell tuvo (9,24%), evidenciando la dependencia de la solubilidad en la combinación específica de factores (Tabla 18)

Tabla 18. Prueba de Tukey del tipo de harina con respecto al porcentaje de solubilidad

Tipo de secado	Tipo de harina	Medias	n	E.E.		
2	1	10,96	3	0,15	A	
1	2	10,12	3	0,15		B
2	2	9,45	3	0,15		B C
1	2	9,24	3	0,15		C

Fuente: Agila & Alarcón (2026)

Los resultados de la Prueba de Tukey para el porcentaje de solubilidad mostraron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tipos de harina analizados. La harina Pale Ale con secado por estufa de aire forzado (2-1) presentó un porcentaje de solubilidad de (10,96 %), ubicada en el grupo A, mientras que el resto de las harinas se ubicaron en los grupos B y C. La diferencia absoluta entre el máximo y el mínimo representa una reducción de aproximadamente 13,6 %, lo que indica que las propiedades funcionales de cada harina se ven afectadas por la interacción entre el tipo de harina y la condición de secado.

La solubilidad de proteínas puede alcanzar hasta ~100 % en ciertos extractos procesados, superando ampliamente los valores de solubilidad medidos en esta investigación (< 11 %). Esta diferencia cuantitativa se debe principalmente al hecho de que los aislados investigados por (Rengifo, 2021), consisten en proteínas purificadas que han sido aisladas y tratadas para

maximizar su solubilidad, en contraste con las harinas completas evaluadas en el presente trabajo donde las proteínas permanecen en su matriz original y parcialmente insolubles.

Los resultados similares obtenidos concuerdan con los obtenidos por Mattioni et al., (2024), quienes demostraron que variables como procesamiento, temperatura, molienda afectan directamente a la solubilidad de proteínas. Sin embargo, la solubilidad de las proteínas y ciertos componentes puede afectar directamente en las propiedades funcionales lo que puede provocar emulsificación, formación de espuma y capacidad de absorción de agua (Moein et al., 2024; Negin & Soleiman, 2022). De esta manera, se comprobó que una menor solubilidad afecta a las funciones tecnológicas pero muchas veces favorece a características estructurales en algunas formulaciones (Mattioni et al., 2024).

Bhanu et al., (2023) obtuvieron una solubilidad de 9,36% en su estudio de harina de cebada Pale Ale y secado de estufa por aire forzado, evidenciando que a temperaturas controladas y un flujo constante de aire se favorece a la exposición de grupos hidrofílicos, lo cual incrementa la solubilidad de las proteínas presentes. Cian et al., (2023) indican en el estudio que las maltas provenientes del tipo Pale Ale presentan una mayor solubilidad que la cebada cruda, resultado que se atribuye a la modificación proteica durante el proceso de malteado, especialmente cuando se emplean métodos de secado homogéneos.

La solubilidad corresponde a un indicador clave para la funcionalidad tanto de las proteínas como el almidón, principalmente en aplicaciones donde la harina debe dispersarse de manera homogénea en sistemas acuosos (Sandoval et al., 2022). Por lo que, un mayor nivel de solubilidad observado en los tratamientos sometidos a estufa de aire forzado puede explicarse por una desnaturalización parcial controlada de las proteínas, que expone grupos hidrofílicos y mejora su capacidad de interacción con el agua (Cian et al., 2023).

2.10.2.3. Densidad Aparente

Para evaluar la influencia del tipo de harina y del tipo de secado sobre la densidad aparente, se realizó un análisis de varianza (ANOVA). Los resultados se presentan en la Tabla 19, mostrando los efectos individuales y la interacción de los factores.

Tabla 19. *Análisis de Varianza de la Densidad Aparente*

FV	SC	gl	CM	F	P-Valor
Modelo	0,02	5	4,9E-03	9,78	0,0075*
Tipo de harina	0,01	1	0.01	15,14	0,0061*
Tipo de secado	0,01	1	0.01	25,02	0,0024*
Réplica	1,5E-03	2	7,6E-04	1,51	0,2950
Tipo de secado*tipo de harina	2,9E-03	1	2,9E-03	5,74	0,0536
Error	3,0E-03	6	5,0E-04		
Total	0,03	11			
CV	6,26				

Fuente: Agila & Alarcón (2026)

Como se observa, tanto el tipo de harina ($p = 0,0061$) como el tipo de secado ($p = 0,0024$) mostraron efectos significativos sobre la densidad aparente, mientras que la interacción presentó una tendencia cercana a la significancia ($p = 0,0536$). Esto indica que ambos factores influyen directamente en la compactación del material, aunque la combinación específica de harina y secado tiene un efecto menor.

Para identificar las diferencias entre los tipos de harina, se aplicó la prueba de Tukey, cuyos resultados se presentan en la tabla 20.

Tabla 20. *Prueba de Tukey del tipo de secado con respecto a la de la densidad aparente*

Tipo de Harina	Medias	n	E.E.	
1	0,38	6	0,01	A
2	0,33	6	0,01	B

Fuente: Agila & Alarcón (2026)

Los resultados muestran que la harina de malta Pale ale presentó una densidad aparente de 0.38 g/mL, mientras que la harina de malta Carahell presento un valor de 0.33 g/mL, lo que indica una mayor compactación del material de la primera harina antes mencionada.

De manera similar, la prueba de Tukey aplicada al tipo de secado (Ver tabla 21), indicó que el secado por aire forzado resultó en mayor densidad aparente (0,39 g/mL) en comparación con el secado convencional (0,33 g/mL), evidenciando que el flujo de aire y la temperatura controlada favorecen la compactación de las partículas durante el secado.

Tabla 21. Prueba de Tukey de densidad aparente vs tipo de secado

Tipo de secado	Medias	n	E.E.	
2	0,39	6	0,01	A
1	0,33	6	0,01	B

Fuente: Agila & Alarcón (2026)

Finalmente, al analizar la interacción entre tipo de harina y tipo de secado (Tabla 22), se observa que la combinación Pale Ale con secado convencional presentó una media de la densidad aparente de (0,43 g/mL), mientras que la Carahell con secado por aire forzado mostró un valor de (0,32 g/mL).

Esto evidencia que, aunque ambos factores tienen un efecto individual, la combinación específica puede modificar ligeramente la densidad de las harinas.

Tabla 22. Prueba de Tukey de densidad aparente vs tipo de secado

Tipo de secado	Tipo de harina	Medias	N	E.E.	
1	1	0,43	3	0,01	A
2	1	0,35	3	0,01	B
1	2	0,34	3	0,01	B
2	2	0,32	3	0,01	B

Fuente: Agila & Alarcón (2026)

Los resultados de la Prueba de Tukey para la densidad aparente mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre los tipos de harina y métodos de secado. La combinación secado tipo 1 y harina tipo 1 presentó el valor de densidad aparente (0,43 g/mL), clasificada en el grupo homogéneo A, mientras que los demás tratamientos se agruparon en el grupo B, evidenciando diferencias de hasta 25,6 % entre el tratamiento de mayor densidad y el de menor densidad. Esto evidencia que el tipo de secado puede alterar significativamente la compactación y los espacios Inter particulares de las harinas, afectando así su densidad aparente como propiedad física clave para el manejo agroindustrial de polvos alimentarios. El tipo de secado por convección puede influir en la densidad aparente de la harina debido a que el proceso es más lento y menos uniforme, lo que provoca una eliminación parcial o heterogénea de la humedad las partículas (Mattioni et al., 2024). Esto genera que ciertas partículas contengan en su interior humedad e incrementen su peso, sin ocasionar ninguna variación en el volumen, provocando un incremento en la densidad aparente. Además, un secado lento favorece a una menor expansión o porosidad de las partículas, lo que genera una estructura más compacta y reduce los espacios entre partículas cuando el polvo se deposita en un recipiente (Pila & Sigcha, 2024).

En la investigación de Ortiz (2020), se menciona que la densidad aparente de harinas de cereales puede variar entre 0,50 g/mL y 0,80 g/mL, dependiendo del tipo de cereal, tamaño de partícula y método de procesamiento. Además, en un estudio reciente de García et. Al (2025), se observó que la densidad aparente puede variar considerablemente entre materiales, alcanzando valores de hasta 0,55 g/mL en harinas con mayor compactación y menor porosidad, lo que implica que los valores obtenidos (0,32 – 0,43 g/mL) dando por entendido que estas harinas tienen un valor de densidad aparente bajo.

2.10.2.4. Densidad Compactada

Para evaluar la influencia del tipo de harina y del método de secado sobre la densidad compactada, se realizó un análisis de varianza (ANOVA). Los resultados se presentan en la tabla 23, mostrando los efectos individuales y la interacción entre los factores.

Tabla 23. *Análisis de Varianza de la Densidad Compactada*

FV	SC	gl	CM	F	P-Valor
Modelo	0,10	5	0,02	26,84	0,0005*
Tipo de harina	0,05	1	0,05	61,24	0,0002*
Tipo de secado	0,03	1	0,03	40,38	0,0007*
Réplica	2,9E-03	2	1,4E-03	1,90	0,2293
Tipo de secado*tipo de harina	0,02	1	0,02	28,80	0,0017*
Error	4,5E-03	6	7,5E-04		
Total	0,11	11			
CV	6,47				

Fuente: Agila & Alarcón (2026)

Como se observa, tanto el tipo de harina ($p = 0,0002$) como el tipo de secado ($p = 0,0007$) mostraron efectos significativos sobre la densidad compactada, mientras que la interacción harina \times secado también resultó significativa ($p = 0,0017$).

Esto indica que ambos factores y su combinación influyen de manera relevante en la capacidad de compactación de las harinas de malta. Para identificar las diferencias entre los tipos de harina y secado, se aplicó la prueba de Tukey, cuyos resultados se presentan en las Tablas 24, 25 y 26.

Tabla 24. *Prueba de Tukey del tipo de harina con respecto a la densidad compactada*

Tipo de Harina	Medias	n	E.E.		
1	0,49	6	0,01	A	
2	0,36	6	0,01		B

Fuente: Agila & Alarcón (2026)

Tabla 25. *Prueba de Tukey del tipo de secado con respecto a la densidad compactada*

Tipo de secado	Medias	n	E.E.		
2	0,47	6	0,01	A	
1	0,37	6	0,01		B

Fuente: Agila & Alarcón (2026)

Tabla 26. Prueba de Tukey del tipo de secado y tipo de harina para la densidad compacta

Tipo de secado	Tipo de harina	Medias	n	E.E.	
1	1	0,58	3	0,02	A
1	2	0,39	3	0,02	B
2	1	0,37	3	0,02	B
2	2	0,35	3	0,02	B

Fuente: Agila & Alarcón (2026)

Los resultados muestran que la harina Pale Ale con secado convencional produjo un valor de la media en base a la densidad compactada de (0,58 g/mL), mientras que la combinación Carahell con secado por aire forzado registró (0,35 g/mL). Entre los demás tratamientos, la harina Pale Ale con secado por aire forzado presentó 0,37 g/mL, y la harina Carahell con secado convencional alcanzó 0,39 g/mL, evidenciando que, aunque ambos factores afectan la densidad compactada de manera individual, la combinación específica de harina y método de secado puede modificar significativamente la capacidad de empaque de las partículas.

El secado por convección puede afectar la densidad compactada debido a la humedad residual y a la estructura física que adquieren las partículas durante el proceso, ya que al ser un proceso lento y no uniforme la harina conserva cierta humedad interna, lo cual favorece a una mayor cohesión entre partículas cuando se someten a vibración o golpeteo para determinar la densidad compactada (Páez & Romero, 2025).

Dicha humedad actúa a manera de un puente entre las partículas, permitiendo una mayor reorganización y reduce el volumen final ya que las partículas ocupan los espacios vacíos (Singh et al., 2023).

De igual manera, estos valores son comparables con los reportados por Bhanu et al. (2023), quienes obtuvieron densidades promedio de 0,38 g/mL en harinas de cebada secadas a temperaturas moderadas, indicando que las condiciones controladas de secado favorecen la compactación y preservan el contenido proteico.

De manera similar, Mattioni et al. (2024) reportaron densidades de 0,39 g/mL en harina tipo Pale Ale, evidenciando que las proteínas insolubles contribuyen a la resistencia mecánica del polvo y aumentan la densidad compactada. En base a Cerezal Mezquita et al., (2008), mencionan que, a mayor volumen ocupado por el polvo, menor será la densidad que la muestra presente.

2.10.2.5. Índice de Hausner

Para analizar la influencia combinada del tipo de harina y el método de secado, se calculó el índice de Hausner para cada tratamiento, cuyos resultados se presentan en la siguiente tabla

Tabla 27. Índice de Hausner para el tipo de secado y el tipo de harina

Tipo de secado	Tipo de harina	DA (g/mL)	DC (g/mL)	Índice de Hausner
1	1	0,43	0,58	1,35
2	1	0,35	0,37	1,06
1	2	0,34	0,39	1,15
2	2	0,32	0,35	1,09

Fuente: Agila & Alarcón (2026)

Como se observa, la combinación Pale Ale con secado convencional presentó un valor de índice de Hausner (1,35 g/mL), indicando alta cohesión y menor fluidez, lo que sugiere que las partículas tienden a aglomerarse durante la manipulación. En contraste, la combinación Pale Ale con secado por aire forzado mostró un valor de índice de (1,06 g/mL), reflejando excelente fluidez y mejor reorganización de las partículas, lo que favorece el almacenamiento, transporte y dosificación de la harina.

Los resultados para la harina Carahell siguieron un patrón similar, con mejores valores de fluidez cuando se utilizó aire forzado (1,09 g/mL) en comparación con secado convencional (1,15 g/mL). Esto confirma que el método de secado influye de manera más marcada en la fluidez que el tipo de harina, aunque la combinación específica de ambos factores determina el comportamiento final. En la investigación de Gremaqui et al., (2021) denota que valores del índice de Hausner entre 1.00 - 1.11 indican una fluidez excelente, entre 1.12 - 1.18 son buenos, entre 1.19 - 1.25 son adecuados, entre 1.26 - 1.34 son tolerables y valores >1.35 son pobres.

Por lo cual, la harina de bagazo tipo Pale ale secado por estufa de aire forzado presenta una excelente fluidez.

El tipo de secado influye directamente en el índice de Hausner, ya que depende de la relación entre la densidad compactada y la aparente, mismas que se ven afectadas por la humedad residual y la estructura física de las partículas.

En el secado por estufa de aire forzado se elimina la humedad más rápido de manera uniforme lo que permite a las partículas sean más secas, menos cohesivas y con mayor porosidad inicial, a diferencia del secado por convección (Perri et al., 2025). De esta manera, se evidencia valores del índice más altos en harinas por secado de convección ya que presentan mayor humedad residual.

2.10.2.6. Ángulo de reposo

Para determinar la influencia del tipo de harina, del método de secado y de su interacción, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA), cuyos resultados se presentan en la Tabla 28.

Tabla 28. Análisis de Varianza del ángulo de reposo

FV	SC	gl	CM	F	P-Valor
Modelo	4,29	5	0,86	4,13	0,0567
Tipo de harina	0,06	1	0,06	0,28	0,6178
Tipo de secado	0,05	1	0,05	0,23	0,6515
Réplica	1,05	2	0,53	2,54	0,1587
Tipo de secado*tipo de harina	3,13	1	3,13	15,08	0,0061*
Error	1,25	6	0,21		
Total	5,54	11			
CV	1,41				

Fuente: Agila & Alarcón (2026)

Como se observa, ni el tipo de harina ($p = 0,6178$) ni el tipo de secado ($p = 0,6515$) mostraron un efecto significativo de manera individual sobre el ángulo de reposo. Sin embargo, la interacción entre ambos factores fue significativa ($p = 0,0061$), lo que indica que la fluidez de la harina depende de la combinación específica de harina y método de secado.

Los resultados muestran que todas las combinaciones de tipo de harina y método de secado presentaron ángulos de reposo cercanos a 32°, lo que indica una buena fluidez de las harinas, adecuada para procesos de manejo, transporte y formulación de productos alimenticios.

En particular, la harina Pale Ale con secado por aire forzado reporto (32,86°), mientras que Carahell con secado por aire forzado presentó el valor de (31,71°). Estos resultados son comparables con estudios previos: (Cian et al. 2023) reportaron ángulos de reposo entre 30 – 35° en maltas secadas, demostrando que tanto el tamaño de partícula como la humedad residual afectan la fluidez; por su parte, Mesías y Morales (2017), indicaron un ángulo promedio de 38° en harina tipo Pale Ale secada al vacío, evidenciando que los métodos de secado controlados mejoran la reología de las partículas. Según Quispe (2018), un valor de 25 - 30° es excelente, mientras que un valor de 36 - 40° es regular, un valor de 46 - 55° es pobre y un valor > 66° es extremadamente pobre.

2.10.2.7. pH

El pH de la harina de malta es un parámetro importante ya que refléjala acidez del producto y puede llegar a afectar directamente en la fermentación, la absorción de agua y la gelatinización del almidón. La Tabla 29 presenta el análisis de varianza del pH de las harinas, considerando los efectos del tipo de harina, el método de secado, sus interacciones y las réplicas

Tabla 29. Análisis de Varianza del pH

FV	SC	GI	CM	F	P-Valor
Modelo	11,68	5	2,34	0,92	0,5248
Tipo de harina	3,00	1	3,00	1,19	0,3179
Tipo de secado	2,43	1	2,43	0,96	0,3648
Réplica	4,48	2	2,24	0,89	0,4600
Tipo de secado*tipo de harina	1,76	1	1,76	0,70	0,4357
Error	15,17	6	2,53		
Total	26,85	11			
CV	28,74				

Fuente: Agila & Alarcón (2026)

Como se observa, ni el tipo de harina, ni el método de secado, ni la interacción entre ambos factores mostraron diferencias significativas ($p > 0,05$), lo que indica que el pH de la harina se

mantiene estable independientemente de estos factores. Perri et al. (2025) describen que el tipo de secado no altera significativamente el pH de la harina de cebada (pH 5,57), ya que este depende principalmente de la composición química del grano y del proceso de extracción.

Estos resultados indican la funcionalidad tecnológica de las harinas analizadas, mostrando que el pH se mantiene dentro de rangos óptimos para procesos de manejo, almacenamiento y producción de alimentos.

A continuación, en la tabla 30 se evidencia el resumen de los parámetros analizados clave principal para determinar el mejor tipo de secado y el tipo de harina. En términos generales la harina Pale Ale con secado por estufa de aire forzado tiene el mejor desempeño, ya que mostro un mayor porcentaje de proteína, mayor solubilidad, menor valor tanto de densidad aparente y compactada, lo que indica una mejor fluidez y menor compactación del polvo, parámetros que fueron comparados con anterioridad con diversas fuentes bibliográficas.

Tabla 30. Resumen de los parámetros que determinaron mejor tipo de secado y de harina

Tipo de harina	Tipo de secado	% PROTEINA	SOLUBILIDAD	DA	DC	Angulo de reposo	pH
Pale Ale	Secado por convección	14,59 A B	9,24 C	0,43 A	0,58 A	31,70 A	5,87 A
	Secado por estufa de aire forzado	16,33 A	10,96 A	0,35 B	0,37 B	32,86 A	6,10 A
Mata Carahell	Secado por convección	16,22 A	10,12 B	0,34 B	0,39 B	32,60 A	4,20 A
		13,43 B	9,45 B C	0,32 B	0,35 B	31,71 A	5,97 A
	Secado por estufa de aire forzado						

Fuente: Agila & Alarcón (2026)

2.10.3. Caracterización nutricional. Funcional y microbiológica del mejor tratamiento

Conforme a los resultados obtenidos en la evaluación de los efectos según los tipos de secado en propiedades fisicoquímicas de la harina; se pudo corroborar que el mejor tipo de secado por aire forzado es en el tipo de harina Pale Ale. A partir de lo cual, se evidencia la caracterización siguiente:

2.10.3.1. Propiedades nutricionales

Tras aplicar el secado en estufa de aire forzado para una muestra de Pale ale, se obtuvieron como datos de proteína, grasa, ceniza, carbohidratos, y fibra, a los detallados en la siguiente tabla:

Tabla 31. Caracterización nutricional de Pale Ale (secado por estufa de aire forzado)

Parámetros	Unidad	Pale Ale
<i>Proteína</i>	%	12,02
<i>Grasa</i>	%	3,43
<i>Ceniza</i>	%	2,00
<i>Carbohidratos</i>	%	75,86
<i>Fibra</i>	%	8,42
<i>Vitaminas</i>		
<i>Vitamina B1 (Tiamina)</i>	mg/g	0,18
<i>Vitamina B2 (Riboflavina)</i>	mg/g	0,18
<i>Vitamina B3 (Niacina)</i>	mg/g	0,48
<i>Aminoácidos</i>		
<i>Aminoácidos Totales</i>	% P/P	17,25

Fuente: Agila & Alarcón (2026)

El análisis de las propiedades nutricionales de la harina de malta Pale Ale evidencia un perfil adecuado para su aplicación en la industria alimentaria.

El contenido de proteína alcanzó 12,02 %, superando el valor mínimo del 10 % establecido por la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 616:2006, lo que garantiza un aporte proteico relevante y favorece el desarrollo de estructuras en productos horneados. Asimismo, el contenido de ceniza

fue de 2,00 %, el cual indica el contenido de mineral, permaneciendo dentro de los rangos permitidos para harinas integrales determinadas por el Ministerio de Salud Pública del Ecuador (2020).

En cuanto a los carbohidratos, la harina Pale Ale presentó 75,86 %, siendo la principal fuente energética, mientras que la fibra dietética obtuvo el 8,42 %, lo que aporta beneficios funcionales y nutricionales. Con respecto al contenido de vitaminas, se determinó la presencia de vitaminas del complejo B, donde, mediante la conversión de unidades, se obtuvo vitamina B1 (tiamina) = 180 mg/kg, vitamina B2 (riboflavina) = 180 mg/kg y vitamina B3 (niacina) = 480 mg/kg, valores que superan los requisitos mínimos establecidos para harinas de consumo humano, indicando que posee un alto valor nutricional. Finalmente, el contenido de aminoácidos totales fue de 17,25 % (p/p), valor que se encuentran dentro de los rangos de reportes previos sobre malta de cebada, lo que confirma la calidad del perfil proteico de la harina Pale Ale lo que nos dice que es apto para el desarrollo de productos alimenticios funcionales y de alto valor agregado.

2.10.3.2. Caracterización funcional

Tabla 32. Caracterización funcional de Pale Ale (secado por estufa de aire forzado)

Parámetros	Unidad	Pale Ale
<i>Índice de Absorción de agua</i>	g/g	1,80
<i>Capacidad de retención de agua</i>	g/g	2,04
<i>Capacidad de hinchamiento o expansión</i>	ml/g	4,27
<i>Índice de viscosidad</i>	cP	7,15
<i>Índice de gluten (húmedo)</i>	%	7,15
<i>Índice de gluten (seco)</i>	%	2,05

Fuente: Agila & Alarcón (2026)

La caracterización funcional de la harina Pale Ale obtenida mediante secado por estufa de aire forzado permitió evaluar parámetros determinantes para su comportamiento tecnológico en la

industria alimentaria, observándose que el índice de absorción de agua alcanzó 1,80 g de agua/g de muestra, lo que indica una adecuada capacidad de hidratación durante la formulación de productos; la capacidad de retención de agua fue de 2,04 g de agua/g de muestra, evidenciando que la harina puede mantener humedad durante procesos de mezclado y cocción, mientras que la capacidad de hinchamiento o expansión se situó en 4,27 ml/g, mostrando un comportamiento moderado en la formación de estructuras esponjosas y volumen en productos horneados; el índice de viscosidad fue de 7,15 cP, valor que refleja la consistencia y estabilidad de la harina al ser hidratada, indicando propiedades funcionales adecuadas; finalmente, los índices de gluten húmedo y seco fueron de 7,15 % y 2,05 %, respectivamente, evidenciando la presencia de proteínas estructurales que contribuyen a la cohesión de las masas, aunque en valores moderados. Estos resultados son similares a estudios previos, como los reportados por Limones (2023), quien resalta que las harinas de Pale Ale presentan capacidad de absorción y retención de agua adecuadas para aplicaciones en panificación y productos procesados, mientras que el hinchamiento y la viscosidad permiten determinar un comportamiento funcional estable.

De esta manera, la harina Pale Ale evidencian propiedades funcionales adecuadas que permiten asegurar su desempeño en formulaciones alimentarias, ayudando a la manipulación, la cohesión y la estabilidad de los productos finales.

2.10.3.3. Análisis microbiológico

Tabla 33. Caracterización microbiológica de Pale Ale (secado por estufa de aire forzado)

Parámetros	Unidad	Resultados esperados	Pale Ale
<i>Determinación de mohos y levaduras</i>	UFC/g	$10^2 - 10^3$	$<10^4$
<i>Determinación de Coliformes totales</i>	UFC/g	<10 - 50	$2,08 \times 10^2$
<i>Determinación de salmonella</i>	UFC/g	Ausencia	Ausencia

Fuente: Agila & Alarcón (2026)

Esta tabla 33, presenta los resultados del análisis microbiológico de la harina Pale Ale obtenida mediante secado por estufa de aire forzado, con el objetivo de evaluar su seguridad para consumo humano. Se realizó el análisis de mohos y levaduras, Coliformes totales y la presencia de Salmonella, comparando los resultados con los rangos establecidos por el Ministerio de Salud Pública del Ecuador (2020, p. 27).

Los resultados demuestran que la cantidad de mohos y levaduras fue menor a 10^4 UFC/g, mientras que los Coliformes totales se conservaron por debajo de 10^3 NMP/UFC/g. La presencia de Salmonella fue ausente en 25 g de muestra, cumpliendo con los criterios de inocuidad. Estos valores se encuentran dentro de los rangos establecidos para harinas de consumo humano, los cuales permiten un rango de 10^2 – 10^3 UFC/g para mohos y levaduras y menos de 10–50 NMP/UFC/g para Coliformes totales.

De acuerdo con estos resultados, se evidenció que la harina Pale Ale obtenida no presenta riesgos microbiológicos y adecuada para su uso en la industria alimentaria. La óptima gestión del secado por estufa de aire forzado, acompañado de buenas prácticas de higiene durante el procesamiento, ayuda a mantener la harina dentro de los rangos de inocuidad recomendados por la normativa ecuatoriana. Este comportamiento es consistente con estudios previos sobre harinas de malta, en los que métodos de secado controlados reducen la carga microbiana y garantizan la estabilidad del producto (Limonés, 2023; Bhanu et al., 2023)

2.10.4. Producto alimenticio propuesto

Debido a las características propias de esta harina obtenida a partir del bagazo de malta, se permite la inclusión de esta como materia prima para la producción de nuevos productos.

Es bajo esta misma perspectiva, que en la actualidad si bien es cierto el uso del bagazo de cebada malteada ya se encuentra establecido para alternativas como la producción de energía por combustión, alimento para el ganado y uso en el compost; de acuerdo las cifras recientes se han podido determinar que, a pesar de los usos ya determinados para este residuo, todavía existe un sobrante de este residuo sin ser producido.

Así también se ha podido determinar que las propiedades de este bagazo de cebada malteada son bastante óptimas para el consumo, puesto que posee bajas cantidades de azúcares y más bien dispone de grandes cantidades de fibra y otros nutrientes (Galicia, 2025). Ante ello y debido a las características que se lograron determinar mediante análisis de laboratorio realizadas de la mejor muestra obtenida en esta investigación, se propone el desarrollo de leche vegana de harina obtenida a partir de los subproductos de malta Pale Ale en secado por estufa de aire forzado (bagazo de cebada).

Figura 16. *Leche vegana de bagazo de cebada*



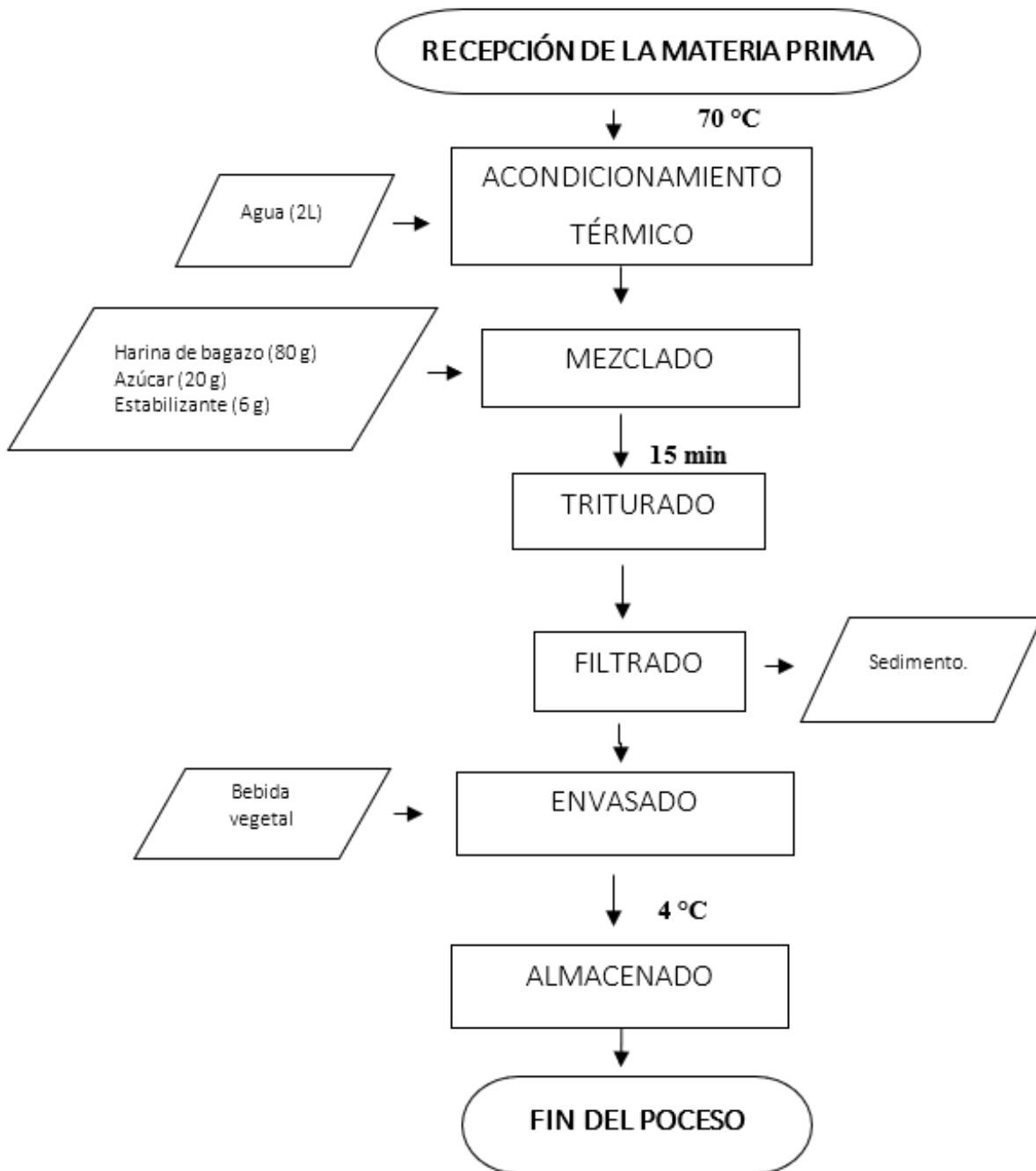
Fuente: Holavegan (2025)

Tabla 34. Formulación de la bebida elaborada a base de harina de malta Pale Ale

Ingrediente	Cantidad	Unidad	Proporción (% p/v)
Agua	2,0	L	94,7
Harina de malta Pale Ale	80	g	4,0
Azúcar	20	g	1,0
Estabilizante (CMC)	6,0	g	0,3
Total	2,0	L	100%

Fuente: Agila & Alarcón (2026)

Figura 17. Diagrama de flujo para obtener la bebida vegana



Fuente: Agila & Alarcón (2026)

2.10.4.1. Análisis de resultados sensoriales

Apariencia

El agrado del color constituye un parámetro sensorial fundamental, ya que la apariencia visual es el primer atributo percibido por el consumidor y condiciona la aceptación inicial del producto. En la bebida vegetal elaborada a partir de harina de cebada malteada tipo Pale Ale, el color pudo verse afectado por los compuestos formados durante el proceso de malteado y las condiciones del secado por aire forzado. Por esta razón, analizar este parámetro permite evaluar la aceptabilidad visual del producto y verificar si el proceso aplicado conserva características atractivas para el consumidor, lo que nos ayuda para la optimización del proceso.

Estos resultados se deben a que la harina de bagazo aporta un tono beige o ligeramente marrón, propio de productos vegetales o integrales, lo que crea una expectativa diferente a la de la leche convencional y evita una percepción negativa.

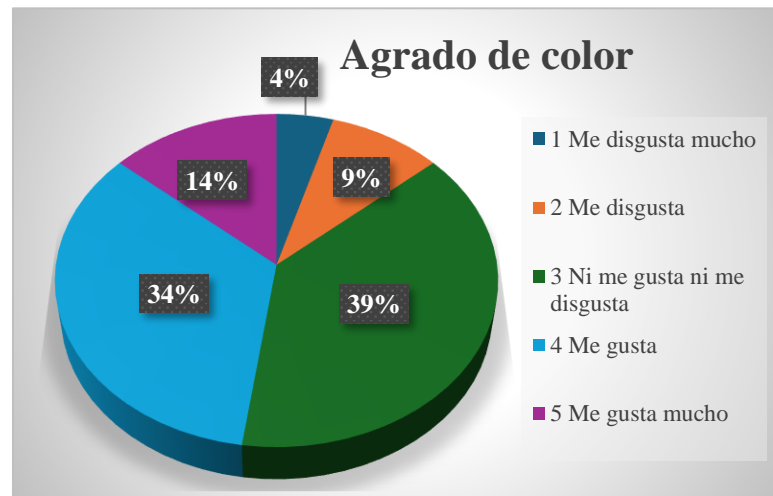
En estudios de evaluación sensorial de bebidas vegetales a base de semillas de ayote aplicó un panel sensorial con 100 evaluadores para determinar el agrado del producto evidenciándose diferencias de agrado entre formulaciones según sus características físico-químicas y sensoriales, se ha observado que variaciones en el color están directamente asociadas a una aceptación moderada y a respuestas intermedias, sirviendo como referencia de cómo se interpreta el color y otros atributos en bebidas no convencionales (Katherine, 2024)

Tabla 35. *Agrado del color*

Respuesta	Frecuencia	%
Me disgusta mucho	2	5%
Me disgusta	4	9%
Ni me gusta ni me disgusta	17	39%
Me gusta	15	34%
Me gusta mucho	6	14%
Total	44	100%

Fuente: Agila & Alarcón (2026)

Figura 18. *Agrado de color*



Fuente: Agila & Alarcón (2026)

Análisis

Con relación al agrado de color dentro del análisis sensorial para la apariencia de aroma, sabor, y textura de la leche vegana a base de harina de BGS. De lo cual se pudo evidenciar claramente una mayor frecuencia con el 39% para la respuesta de ni me gusta ni me disgusta; no obstante, consecutivamente se evidencia que existe una respuesta favorable con una frecuencia de 15 que alcanzó el 34% para la opción de me gusta.

Determinando de esta manera que el color efectivamente no es un factor desagradable para las personas encuestadas.

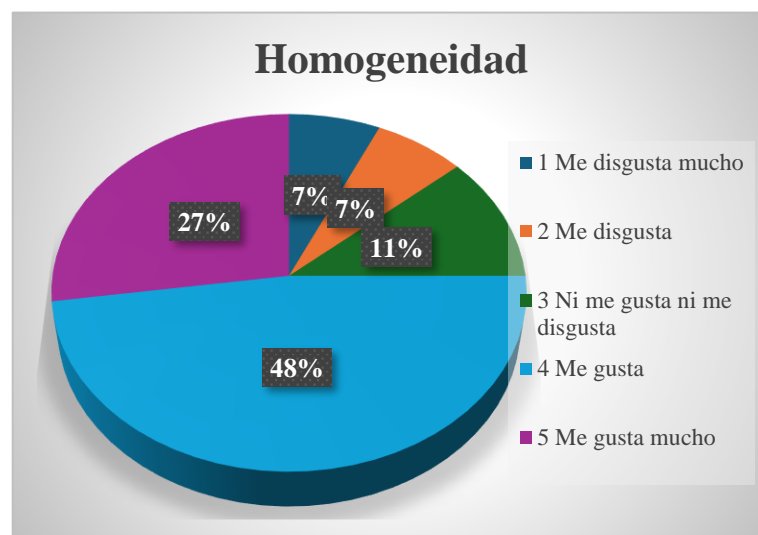
- *Homogeneidad.*

La evaluación de la homogeneidad es un atributo sensorial clave en bebidas vegetales, ya que refleja el grado de uniformidad y estabilidad física del producto. Este parámetro nos ayuda para identificar si existe sedimentación, separación o formación de grumos, cambios los cuales pueden estar asociados al tamaño de partícula de la harina de cebada malteada. Su análisis es esencial para evaluar la calidad t de la bebida y aceptabilidad por parte del consumidor, ya que una adecuada estabilidad se relaciona con un producto de mayor calidad y estandarización del producto final.

Tabla 36. Homogeneidad

Respuesta	Frecuencia	%
Me disgusta mucho	3	7%
Me disgusta	3	7%
Ni me gusta ni me disgusta	5	11%
Me gusta	21	48%
Me gusta mucho	12	27%
Total	44	100%

Fuente: Agila & Alarcón (2026)

Figura 19. Homogeneidad

Fuente: Agila & Alarcón (2026)

Análisis

Estos datos evidencian que la mayoría de los encuestados percibe la homogeneidad del producto de manera positiva, con un 75 % combinando las respuestas "Me gusta" y "Me gusta mucho", indicando que la bebida vegana es adecuada y planteando que el proceso de mezcla y formulación logra un producto estable y homogéneo, cumpliendo con las características esperados para este tipo de alimentos.

El alto porcentaje de aceptación (75 %) en la homogeneidad puede estar relacionado con la aplicación de CMC (carboximetilcelulosa), ya que este actúa como estabilizante y espesante, evitando la sedimentación y la división de fases en bebidas vegetales. Al mejorar la viscosidad y mantener una mezcla uniforme, el CMC contribuye a una textura más estable y visualmente homogénea, lo que incrementa la percepción de calidad y aceptación sensorial del producto (Zárate et al., 2023)

- *Sedimentación visible*

Este atributo permite evidenciar la presencia de partículas insolubles que se depositan en el fondo, fenómeno asociado al tamaño de partícula de la harina de cebada malteada, al grado de dispersión y a las condiciones del proceso de secado y formulación.

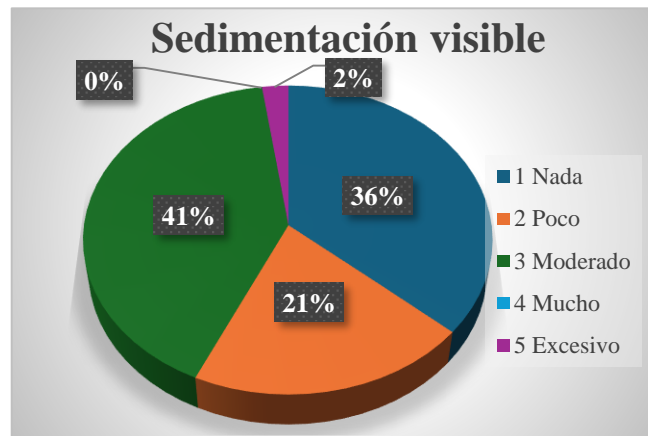
Su análisis es fundamental, ya que una alta sedimentación afecta negativamente la percepción de calidad y uniformidad del producto, mientras que valores bajos indican una mejor estabilidad coloidal y mayor aceptabilidad por parte del consumidor.

Tabla 37. *Sedimentación visible.*

Respuesta	Frecuencia	%
Nada	16	36%
Poco	9	20%
Moderado	18	41%
Mucho	0	0%
Excesivo	1	2%
Total	44	100%

Fuente: Agila & Alarcón (2026)

Figura 20. *Sedimentación visible*



Fuente: Agila & Alarcón (2026)

Análisis

evidencia que la percepción de la característica evaluada se encuentra mayormente en un nivel moderado, con un 41 % de los encuestados ubicándose en esta categoría. Sin embargo, un porcentaje significativo, el 36 %, indicó que percibe “Nada”, lo que refleja una división en las opiniones sobre la presencia de dicha característica.

Las respuestas que señalan niveles altos, como “Mucho” o “Excesivo”, son prácticamente nulas, con solo un 2 % considerando “Excesivo” y ninguno señalando “Mucho”, lo que sugiere que, en general, los participantes no perciben la característica como intensa ni predominante.

El 41 % de respuestas en la categoría Moderado sugiere que la mayoría de los catadores percibe la bebida vegetal de forma aceptable, pero sin valoraciones extremas de intensidad sensorial, lo cual es consistente con estudios realizados por (Vailati et al., 2022), que analizan la percepción de los consumidores hacia bebidas vegetales, donde las valoraciones tienden a situarse en niveles intermedios debido a la familiaridad parcial con el producto y diferencias en la experiencia sensorial de los consumidores

- *Agrado del aroma*

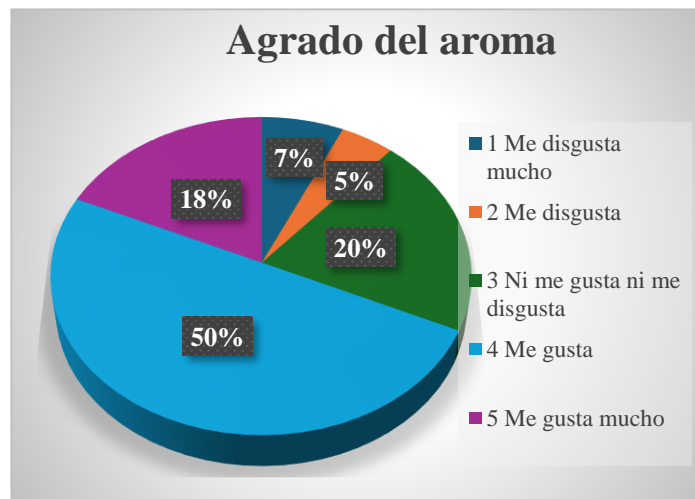
La evaluación del agrado del aroma es un atributo sensorial determinante, ya que los compuestos volátiles liberados por la bebida vegetal influyen directamente en la percepción de frescura y calidad por parte del consumidor. El perfil aromático puede estar condicionado por las reacciones ocurridas durante el malteado y por las condiciones del secado por aire forzado, que pueden favorecer la formación o pérdida de compuestos aromáticos. Por ello, este parámetro permite valorar la aceptabilidad olfativa del producto y verificar la idoneidad del proceso aplicado para preservar características sensoriales atractivas.

Tabla 38. *Agrado del aroma*

Respuesta	Frecuencia	%
Me disgusta mucho	3	7%
Me disgusta	2	5%
Ni me gusta ni me disgusta	9	20%
Me gusta	22	50%
Me gusta mucho	8	18%
Total	44	100%

Fuente: Agila & Alarcón (2026)

Figura 21. *Agrado del aroma*



Fuente: Agila & Alarcón (2026)

Análisis

Se puede evidenciar que la mayoría de los participantes (50 %) consideró que el aroma del producto es agradable, mientras que un 20 % indicó que ni les gusta ni les disgusta. Las respuestas desfavorables fueron mínimas, con solo un 12 % señalando alguna desaprobación parcial o total. Estos resultados demuestran que el aroma del producto es ampliamente aceptable para los consumidores. Esto se debe a que la harina de bagazo de cebada malteada mantiene compuestos aromáticos naturales, y la formulación con azúcar y CMC ayuda a que el aroma sea más perceptible y agradable, favoreciendo la aceptación de los consumidores (Vailati et al., 2022)

- *Se percibe un olor extraño*

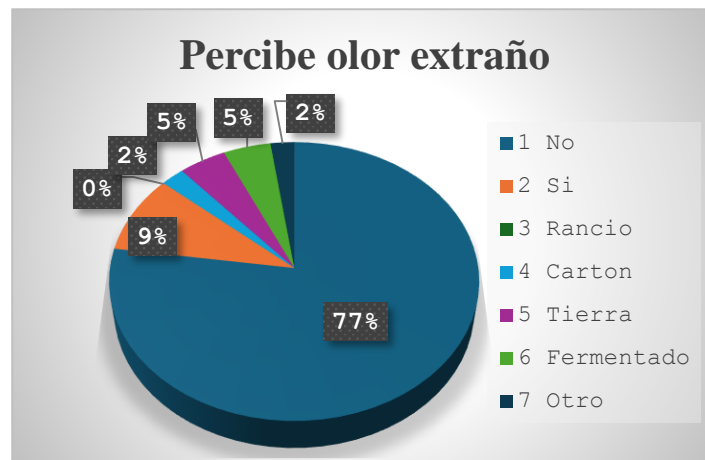
Este parámetro permite identificar la posible formación de compuestos volátiles indeseables asociados a reacciones de oxidación, degradación de lípidos, contaminación microbiológica o condiciones inadecuadas durante el secado por aire forzado y la elaboración del producto. Su análisis es fundamental, ya que la detección de olores atípicos afecta negativamente la aceptabilidad del consumidor y puede evidenciar desviaciones en el proceso tecnológico o en las condiciones de almacenamiento.

Tabla 39. *Percibe olor extraño*

Respuesta	Frecuencia	%
No	34	77%
Si	4	9%
Rancio	0	0%
Cartón	1	2%
Tierra	2	5%
Fermentado	2	5%
Otro	1	2%
Total	44	100%

Fuente: Agila & Alarcón (2026)

Figura 22. *Percibe olor extraño*



Fuente: Agila & Alarcón (2026)

Análisis

En cuanto a sí se percibe un olor extraño en el producto, se pudo evidenciar que la mayoría poblacional con el 77% representada por una frecuencia de 34, manifiesta que no existe olor extraño en el producto. Evidenciando de esta manera que el olor del producto es aceptable.

Esta percepción se debe a que la harina de bagazo de cebada malteada conserva compuestos aromáticos naturales propios del cereal, mientras que la formulación con azúcar y CMC ayuda a resaltar y estabilizar estos aromas, evitando olores extraños. Esto hace que la mayoría de los consumidores perciba el producto como agradable y sin defectos olfativos, favoreciendo su aceptación (Arboleda & Alonso, 2015).

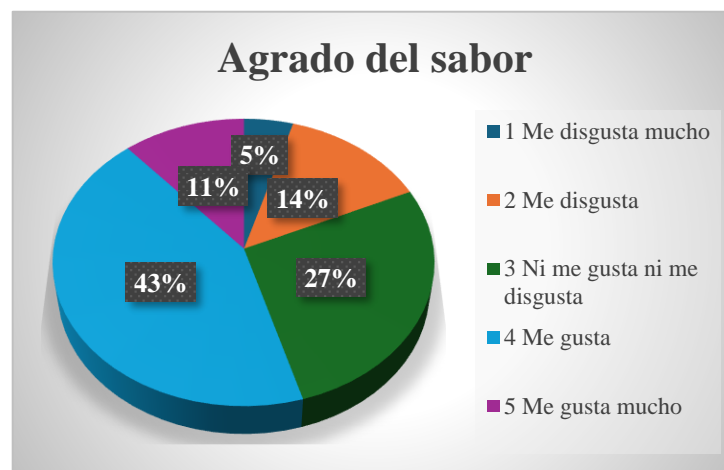
- *Agrado del sabor*

integra la percepción de los compuestos solubles responsables del dulzor, amargor y perfil característico de la cebada malteada tipo Pale Ale. Este atributo puede verse influenciado por las condiciones de secado, la formulación y el proceso de elaboración, los cuales afectan la liberación y estabilidad de los compuestos responsables del gusto.

Tabla 40. *Agrado del sabor*

Respuesta	Frecuencia	%
Me disgusta mucho	2	5%
Me disgusta	6	14%
Ni me gusta ni me disgusta	12	27%
Me gusta	19	43%
Me gusta mucho	5	11%
Total	44	100%

Fuente: Agila & Alarcón (2026)

Figura 23. *Agrado del sabor*

Fuente: Agila & Alarcón (2026)

Análisis

En lo concerniente al agrado del sabor, se pudo conocer que la mayoría poblacional con el 43% representada por una frecuencia de 19, manifestaron que les gusta el sabor del producto. Seguido consecutivamente por el 27% de la población quienes manifestaron que no sintieron gusto ni disgusto por el sabor del producto. Conociéndose de esta manera que, el sabor del producto no es un factor de disgusto para la población. Este resultado se debe a que los compuestos liberados durante el proceso de malteado de cereales, como los que se encuentran en subproductos similares al bagazo de cebada malteada, generan notas aromáticas

agradables que mejoran la percepción del sabor, lo que favorece la evaluación como agradable o neutro. Los atributos sensoriales, como sabor y olor, están directamente relacionados con la aceptabilidad del consumidor cuando los perfiles aromáticos son equilibrados y agradables (Intriago Flor et al., 2025)

- *Retrogusto*

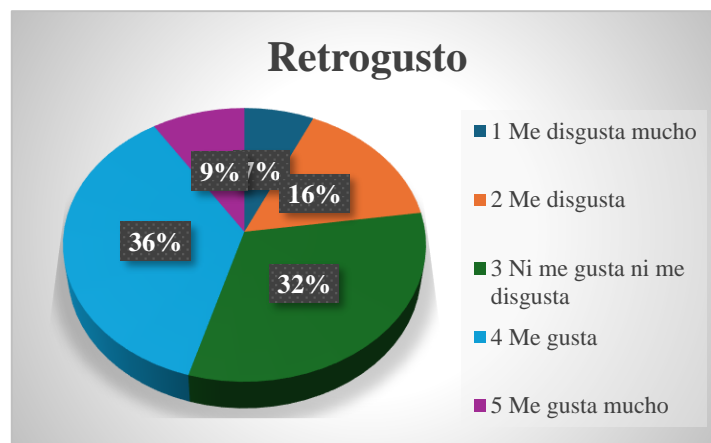
Su análisis es fundamental para identificar notas residuales agradables o indeseables que puedan influir en la aceptación global del producto, constituyendo un indicador importante de la calidad sensorial y del grado de satisfacción del consumidor, es un atributo sensorial relevante, ya que permite analizar la persistencia y calidad de las sensaciones gustativas que permanecen en la cavidad bucal después de la ingestión de la bebida vegetal.

Tabla 41. *Retrogusto*

Respuesta	Frecuencia	%
Me disgusta mucho	3	7%
Me disgusta	7	16%
Ni me gusta ni me disgusta	14	32%
Me gusta	16	36%
Me gusta mucho	4	9%
Total	44	100%

Fuente: Agila & Alarcón (2026)

Figura 24. *Retrogusto*



Fuente: Agila & Alarcón (2026)

Análisis

Con referencia al retrogusto, se pudo conocer que existe una mayoría poblacional del 36% conformada por una frecuencia de 16, quienes manifestaron que les gusta. Seguida consecutivamente por el 32% de la población quienes manifestaron que no existe un gusto ni disgusto al probar el producto. El retrogusto positivo se debe a que los compuestos sensoriales presentes en la harina de bagazo de cebada malteada y la formulación del producto permanecen en la boca, generando sabores tostados, dulces y equilibrados que refuerzan la experiencia gustativa. Esta persistencia de sensaciones agradables favorece la aceptación por parte de los consumidores y evita percepciones de disgusto y la aceptación donde los atributos finales después de probar el producto influyen directamente en la valoración sensorial (Sauna Aguilar et al., 2025).

- *Agrado de la textura*

Este atributo está influenciado por la concentración de sólidos, el tamaño de partícula de la harina de cebada malteada tipo Pale Ale y la eficiencia del proceso de secado y dispersión. Su análisis permite valorar la aceptabilidad del producto desde el punto de vista reológico y sensorial, dado que una textura adecuada se asocia con mayor percepción de calidad y preferencia por parte del consumidor.

Tabla 42. *Agrado de la textura*

Respuesta	Frecuencia	%
Me disgusta mucho	2	5%
Me disgusta	8	18%
Ni me gusta ni me disgusta	15	34%
Me gusta	13	30%
Me gusta mucho	6	14%
Total	44	100%

Fuente: Agila & Alarcón (2026)

Figura 25. *Agrado de la textura*

Fuente: Agila & Alarcón (2026)

Análisis

En relación con el agrado de la textura del producto, se conoció que la mayoría poblacional con el 34% manifestó que no existe un gusto ni disgusto por la textura. Sin embargo, el 30% de la población manifestó que sí existe un gusto por la textura del producto. Es bajo esta perspectiva, que se evidencia que existió un agrado por la textura a una cantidad considerable de la población.

Con respecto al agrado de la textura se atribuye a que la harina de bagazo de cebada malteada y la adición de CMC en la formulación provocan una textura uniforme y suave, que ayuda a la percepción positiva al tacto y en boca.

Esto hace que el consumidor valore positivamente la textura del producto, mientras que otros calificaron con “ni me gusta, ni me disgusta”. Las bebidas elaboradas con subproductos vegetales evidencian que la textura es un aspecto sensorial primordial que influye directamente en la aceptación de los consumidores (Vailati et al., 2022).

- *Creemosidad*

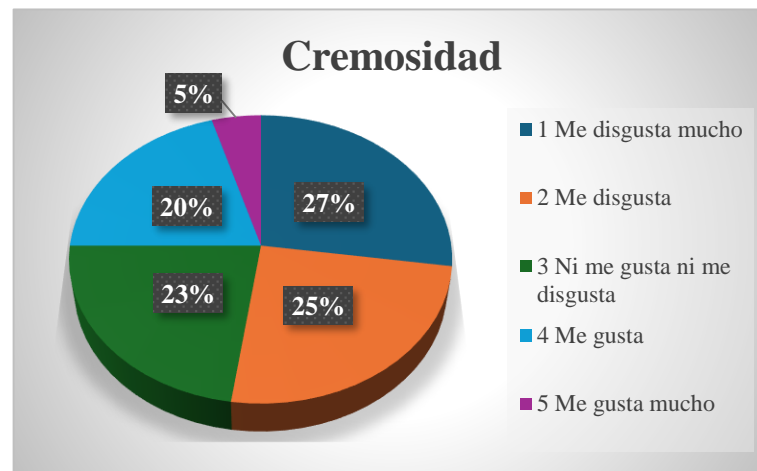
Su análisis es relevante porque una mayor cremosidad suele asociarse con una mejor percepción de calidad y palatabilidad, mientras que valores bajos pueden indicar una bebida acuosa o poco estructurada, afectando la aceptación del consumidor.

Tabla 43. *Cremosidad*

Respuesta	Frecuencia	%
Me disgusta mucho	12	27%
Me disgusta	11	25%
Ni me gusta ni me disgusta	10	23%
Me gusta	9	20%
Me gusta mucho	2	5%
Total	44	100%

Fuente: Agila & Alarcón (2026)

Figura 26. *Cremosidad*



Fuente: Agila & Alarcón (2026)

Análisis

En cuanto a la cremosidad del producto, se pudo evidenciar que existe una mayoría poblacional, con el 27% conformada por una frecuencia de 12 de quienes manifiestan que les disgusta mucho la cremosidad del producto. Seguida del 25% quienes también reafirman su respuesta con un me disgusta. Evidenciando se de esta manera que la cremosidad del producto no fue aceptada

por el usuario, para lo cual sería necesario establecer factores de mejora en este ámbito, o a subir establecer una redirección de la población encuestada, debido a que se trata de un producto vegano.

La baja aceptación de la cremosidad se debe a que muchas formulaciones veganas no logran reproducir la sensación de boca y estructura grasa típica de productos convencionales, lo que puede provocar una percepción menos agradable de atributos como la cremosidad. evaluaciones sensorial en alternativas vegetales han demostrado que, cuando los atributos de consistencia y estructura no se asemejan a las expectativas del consumidor para un producto “cremoso”, esto puede disminuir la aceptabilidad general de la muestra (Bueno Chulluncuy & Ruiz Sanchez, 2022).

JAR (Justo-Ideal)

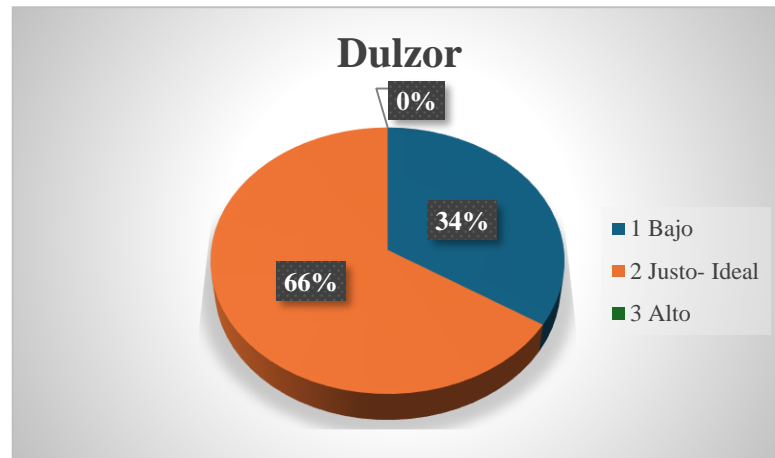
- *Dulzor*

Su análisis permite establecer si el nivel de dulzor resulta adecuado para el consumidor objetivo, así como identificar posibles desviaciones que afecten la armonía sensorial y la aceptabilidad global de la bebida.

Tabla 44. *Dulzor*

Respuesta	Frecuencia	%
Bajo	15	34%
Justo- Ideal	29	66%
Alto	0	0%
Total	44	100%

Fuente: Agila & Alarcón (2026)

Figura 27. Dulzor

Fuente: Agila & Alarcón (2026)

Análisis

La gráfica representa la percepción del dulzor del producto por parte de los encuestados. Se observa que la mayoría de los participantes (29 personas, 66 %) consideró que el dulzor es justo-ideal, mientras que una menor proporción (15 personas, 34 %) lo percibió como bajo. Ningún encuestado indicó que el dulzor fuera alto, lo que sugiere que el producto no presenta un nivel de dulzor excesivo.

Estos resultados muestran que el dulzor del producto es aceptable para la mayoría de los consumidores, lo que indica un buen equilibrio en el sabor, especialmente relevante para productos dirigidos a un público que busca un dulzor moderado y agradable esto se debe a que la harina de bagazo de cebada malteada aporta compuestos naturalmente dulces y tostados, que junto con los azúcares añadidos en la formulación generan un sabor equilibrado y armónico. Esta combinación evita niveles excesivos de dulzor y permite que la mayoría de los consumidores perciba el producto como agradable.

La aceptabilidad sensorial de bebidas funcionales muestra que la interacción entre azúcares y compuestos naturales de los ingredientes es determinante para lograr un dulzor ideal percibido por los consumidores (Medrano, 2023)

- *Cuerpo- Espesor*

La evaluación del cuerpo o espesor es un atributo sensorial fundamental para caracterizar la consistencia y densidad aparente de la bebida vegetal durante su consumo.

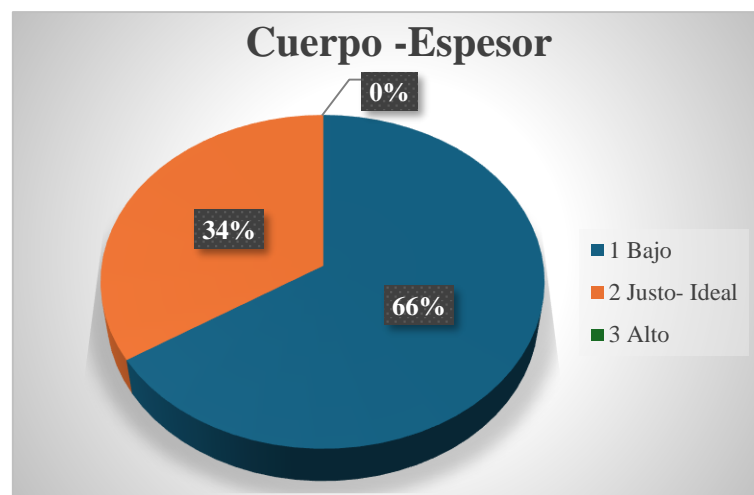
Su análisis permite valorar el comportamiento reológico y la percepción de plenitud en boca, aspectos que influyen significativamente en la aceptabilidad del producto, ya que un cuerpo adecuado se asocia con mayor sensación de calidad y mejor experiencia sensorial para el consumidor.

Tabla 45. *Cuerpo- Espesor*

Respuesta	Frecuencia	%
Bajo	29	66%
Justo- Ideal	15	34%
Alto	0	0%
Total	44	100%

Fuente: Agila & Alarcón (2026)

Figura 28. *Cuerpo – Espesor*



Fuente: Agila & Alarcón (2026)

Análisis

La gráfica muestra la evaluación sensorial del cuerpo y espesor del producto. Se observa que la mayoría de los encuestados (29 personas, 64 %) percibió el cuerpo y espesor como bajo, mientras que una menor proporción (15 personas, 33 %) lo consideró justo-ideal. Ningún participante indicó que el cuerpo y espesor fuera alto.

La mayoría de los evaluadores pudieron percibir cuerpo y espesor bajos porque ingredientes como el bagazo de caña de azúcar, rico en fibra insoluble, no aportan viscosidad significativa ni sensación espesa en productos líquidos o semi-líquidos, lo que tiende a dar una sensación más ligera al degustar (Morales-Tapia et al., 2023). Asimismo, estudios sensoriales sobre bebidas muestran que niveles reducidos de azúcar y menor viscosidad disminuyen la percepción de cuerpo y espesor, ya que el azúcar contribuye a la densidad y textura en boca de los productos alimentarios (Enriquez Murcia, 2018)

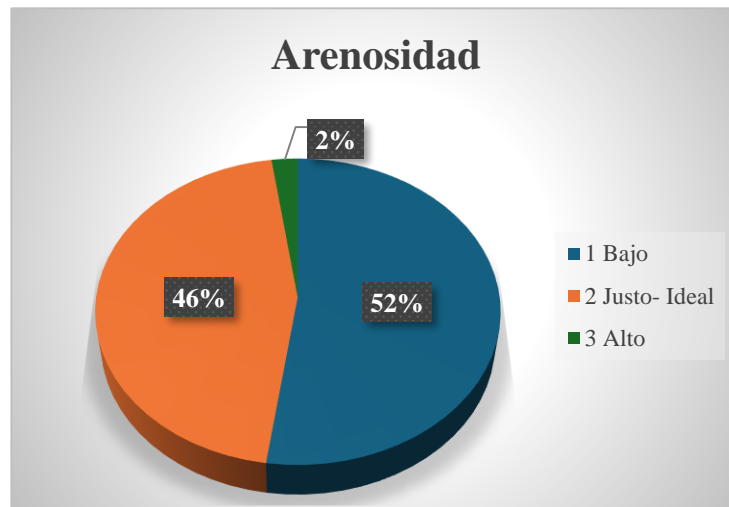
- *Arenosidad*

Su análisis es fundamental porque una alta arenosidad suele asociarse con menor aceptación del consumidor y con deficiencias en la estandarización del proceso, mientras que valores bajos indican una bebida más suave y homogénea, con mejor calidad sensorial.

Tabla 46. *Arenosidad*

Respuesta	Frecuencia	%
Bajo	23	52%
Justo- Ideal	20	45%
Alto	1	2%
Total	44	100%

Fuente: Agila & Alarcón (2026)

Figura 29. Arenosidad

Fuente: Agila & Alarcón (2026)

Análisis

La arenosidad presentó 23 respuestas en nivel Bajo, 20 en Justo-Ideal y solo 1 en Alto, de un total de 44 evaluaciones. Estos resultados indican que el producto posee baja arenosidad y una textura adecuada, lo que favorece su aceptabilidad sensorial.

La baja arenosidad percibida se puede atribuir al bagazo presente en la formulación, ya que su fibra insoluble tiene partículas finas que no generan sensación arenosa en boca y contribuyen a una textura más suave y homogénea, mejorando así la aceptabilidad sensorial del producto (Jaramillo & Licuy, 2024)

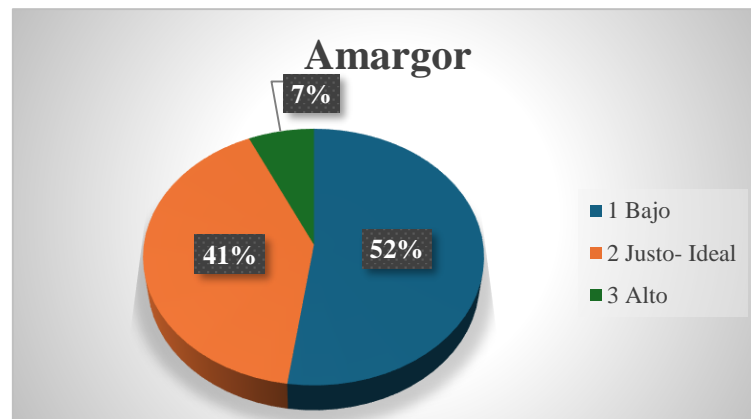
- *Amargor*

Permite determinar si el nivel de amargor se mantiene dentro de rangos sensorialmente aceptables y contribuye a la armonía del sabor, evitando que se convierta en un factor limitante para la preferencia del producto.

Tabla 47. Amargor

Respuesta	Frecuencia	%
Bajo	23	52%
Justo- Ideal	18	41%
Alto	3	7%
Total	44	100%

Fuente: Agila & Alarcón (2026)

Figura 30. Amargor

Fuente: Agila & Alarcón (2026)

Análisis

En cuanto al amargor del producto, 23 degustadores (52%) lo calificaron como bajo, 18 (41%) como justo-ideal y solo 3 (7%) como alto, de un total de 44 respuestas. Estos resultados indican que el producto presenta un amargor bajo a moderado, característica favorable que contribuye a una mayor aceptabilidad sensorial

El amargor bajo a moderado observado puede explicarse porque la presencia del bagazo y otros componentes amortiguan los compuestos amargos naturales del producto, haciendo que la mayoría de evaluadores lo perciba como poco amargo y más aceptable sensorialmente; estudios sensoriales aplicados a quinua, por ejemplo, demuestran que aunque algunas muestras pueden tener sabores amargos, el manejo de formulación y el equilibrio de atributos logra que la

percepción de amargor no sea dominante, favoreciendo la aceptabilidad del producto por parte de los consumidores (Cáceres, 2016)

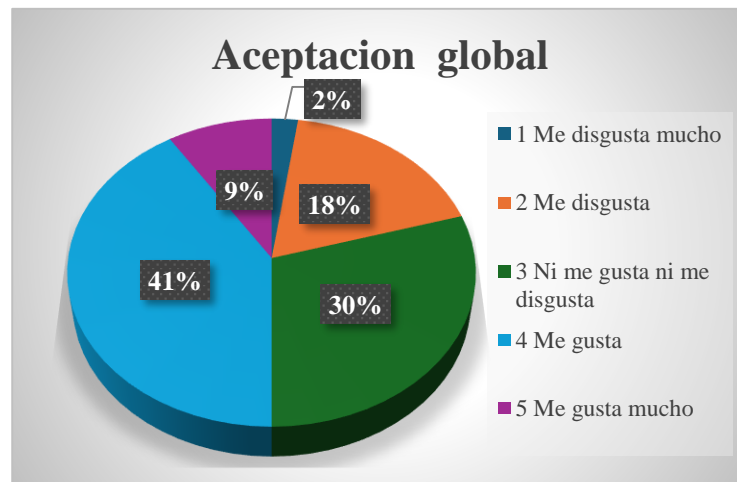
Aceptación Final

Tabla 48. Aceptación global

Respuesta	Frecuencia	%
Me disgusta mucho	1	2%
Me disgusta	8	18%
Ni me gusta ni me disgusta	13	30%
Me gusta	18	41%
Me gusta mucho	4	9%
Total	44	100%

Fuente: Agila & Alarcón (2026)

Figura 31. Aceptación global



Fuente: Agila & Alarcón (2026)

Análisis

En el ámbito de aceptación final dentro del cual se pudo analizar la aceptación global, se conoció que la mayoría poblacional conformada por el 41% y conformada por una frecuencia de 18, mencionaron que les gusta el producto. Mientras que el 9% de la población manifestó

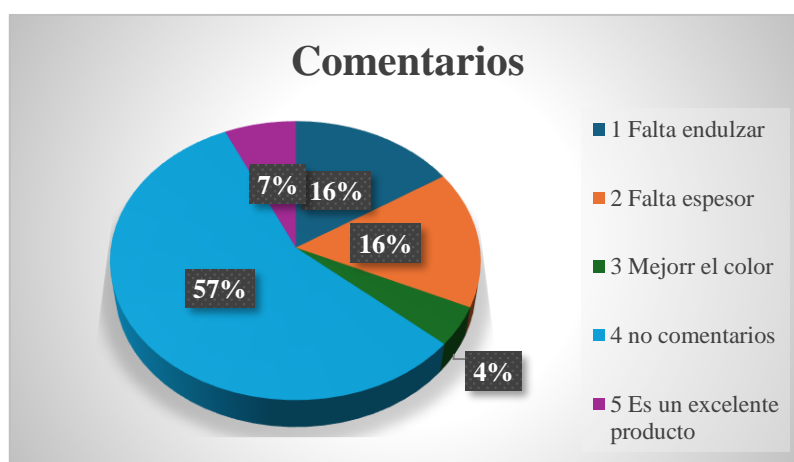
que le gusta mucho el producto. Evidenciando de esta manera que el 50% de la población tiene un gusto aceptable por este producto.

Tabla 49. *Comentarios*

Respuesta	Frecuencia	%
Falta endulzar	7	16%
Falta espesor	7	16%
Mejorar el color	2	5%
no comentarios	25	57%
Es un excelente producto	3	7%
Total	44	100%

Fuente: Agila & Alarcón (2026)

Figura 32 *Comentarios*



Fuente: Agila & Alarcón (2026)

Análisis

Finalmente se estableció una opción de comentarios para este producto. A partir de lo cual se pudo conocer que el 57 % conformada por una frecuencia de 25 no dieron comentario alguno del producto. No obstante, si se pudo conocer que existieron comentarios con referencia a

incrementar el dulzor y espesor del producto. De igual forma se conoció que el 7 % catalogó al producto como excelente.

2.10.4.2. *Síntesis cuantitativas de aceptación sensorial.*

En la tabla 50 se presenta el resumen integral de los resultados registrados en el análisis sensorial de la bebida vegana elaborada a partir de la harina de bagazo. En esta se engloba las tendencias más representativas de los atributos visuales, aromáticos, gustativos y de textura, como también los resultados del JAR (Justo- Ideal) y la aceptación global del producto, lo que permitió una evaluación general del desempeño sensorial.

Tabla 50. *Síntesis cuantitativas de aceptación sensorial.*

Atributo evaluado	Resultado predominante	% predominante
Color	Ni me gusta ni me disgusta	39 %
Homogeneidad	Me gusta / Me gusta mucho	75 %
Sedimentación visible	Moderado	41 %
Aroma	Me gusta	50 %
Olor extraño	No percibe olor extraño	77 %
Sabor	Me gusta	43 %
Retrogusto	Me gusta	36 %
Textura	Ni me gusta ni me disgusta	34 %
Creмосidad	Me disgusta mucho / Me disgusta	52 %
Dulzor (JAR)	Justo–Ideal	66 %
Cuerpo–Espesor (JAR)	Bajo	66 %
Arenosidad (JAR)	Bajo	52 %
Amargor (JAR)	Bajo	52 %
Aceptación global	Me gusta / Me gusta mucho	50 %
Comentarios	Sin comentarios	57 %

Fuente: Agila & Alarcón (2026)

La bebida vegana realizada a base de harina de bagazo presenta un perfil sensorial aceptable y potencial, particularmente en aroma 50 % “me gusta”, sabor 43 % “me gusta”, homogeneidad 75 % “me gusta/ me gusta mucho” y aceptación global 50% “me gusta/ me gusta mucho”. No obstante, los resultados evidencian la necesidad de mejorar la cremosidad con un porcentaje de me disgusta de 52 % y el cuerpo del producto con un porcentaje de 66 %. Estos parámetros son clave para mejorar la aceptabilidad sensorial. Estos aspectos permiten diseñar lineamientos

claros para la optimización de la formulación, sin comprometer las características sensoriales ya aceptados por los consumidores.

2.10.4.3. Presupuesto de producción de la bebida vegana

Tabla 51. Presupuesto de producción del producto

COSTOS DIRECTOS			
Materia prima			
Descripción	Valor de compra	Cantidad	Valor (USD)
Harina de malta	0,70 (80g)	160g	1,40
Azúcar	0,60 (454g)	40g	0,06
CMC	6,00 (500g)	1,00g	0,77
Agua potable	0,5	4L	2,00
Subtotal			4,23
Envases			
Botellas de vidrio	1,10 (500ml)	4	4,40
Tapas	0,05	4	0,20
Etiquetas	0,1	4	0,40
Subtotal			5,00
Mano de obra			
Descripción	Tiempo estimado	Valor por hora	Valor (USD)
Preparación	2h	1,5	3,00
Envasado	1h	1,5	1,50
subtotal			4,50
Total			13,73

COSTOS INDIRECTOS					
Equipo	Valor compra (USD)	Vida útil (años)	Depreciación anual	Depreciación diaria	Costo aplicado
Cocina industrial	400	5	80	0,22	0,22
Olla acero inox	120	5	24	0,07	0,07
Licadora industrial	250	5	50	0,14	0,14
Selladora manual	150	5	30	0,08	0,08
Refrigerador	500	8	62,5	0,17	0,17
Subtotal depreciación	0,68 USD				
OTROS COSTOS INDIRECTOS					
Descripción			Valor (USD)		
Energía eléctrica			0,8		
Gas (cocción)			0,6		
Agua limpieza			0,3		
Transporte			0,6		
Subtotal otros indirectos			2,3		
Descripción			Valor (USD)		
Depreciación maquinaria			0,68		
Otros costos indirectos			2,2		
TOTAL INDIRECTOS			2,98 USD		
PRESUPUESTO TOTAL DE PRODUCCIÓN – BEBIDA VEGANA					
Concepto			Valor (USD)		
Costos directos			13,73		
Costos indirectos			2,98		
TOTAL PRODUCCIÓN			16,71 USD		

Fuente: Agila & Alarcón (2026)

3. Impactos del proyecto

3.1. Impacto Técnico.

En el presente proyecto tiene un aporte significativo al desarrollo de soluciones tecnológicas puestas en práctica al aprovechamiento de subproductos agroindustriales, particularmente del bagazo de cebada malteada generado por las industrias cerveceras artesanal. Desde enfoque técnico, se ha aplicado una metodología estructurada y confiable basada en normas estandarizadas para análisis proximales y el uso de equipos técnicos especializados para determinar las propiedades funcionales de las harinas a obtener. Estos asegurarán la validez y precisión de los resultados, permitiendo la fiabilidad en las replicaciones de estudio en diferentes entornos académicos e industrias.

3.2. Impacto Social.

Desde la perspectiva social, esta investigación contribuye a la formación de una sociedad más consciente con respecto al uso sostenible de los recursos, principalmente los generados por las industrias cerveceras. En Ecuador existe una alta tendencia hacia el consumo de alimentos saludables y funcionales, la implementación de una harina rica en fibra, proteínas y entre otros compuestos funcionales los cuales representan una posibilidad de mejorar los hábitos alimenticios de la población en general ya que la harina es consumida por el público en general ya sean personas adultas o niños que necesitan una buena alimentación.

Este producto (harina de bagazo) podría ser incluido en una dieta cotidiana en el uso mediante panificación, repostería y en diferentes tipos de alimentos, contribuyendo a enfrentar problemáticas sociales como la mal nutrición, especialmente en sectores vulnerables.

3.3. Impacto Ambiental

El impacto del proyecto es altamente positivo, puesto que se centra en la valorización de uno de principales residuos orgánicos producidos por la industria cervecera: el bagazo de malta. En Ecuador, es de aproximadamente de 120.000 t anuales de este subproducto (Jurado,S 2018). El cual, si no es tratado correctamente, puede transformarse en un problema ambiental ya que este posee una alta carga orgánica y una rápida descomposición.

Al convertir este subproducto en harina funcional, y se reduce significativamente y ya no sería solamente utilizada para alimento animal y darle otro uso a este subproducto ayuda directamente a la economía circular, en el que los residuos de una industria se transforman en insumos de alta calidad.

3.4. Impacto Económico.

En el proyecto presenta una propuesta económica viable para los productores cerveceros como para emprendedores y pequeñas empresas del sector alimentario. En la actualidad el bagazo de malta es un subproducto poco significativo o nulo, que usualmente es utilizado como alimento para animales o se descarta. Por medio de su innovación se puede utilizar este subproducto en harina con características nutricionales, se da lugar a un valor agregado que puede formar parte de cadenas productivas ya sean estas nuevas o existentes, generando oportunidades de negocio en la elaboración de productos saludables y nutricionales.

Esto implica una ampliación en las fuentes de ingreso para las cervecerías artesanales en el país, al transformar un residuo en una materia prima comercializable. Este también puede bajar los costos de producción en panaderías o industrias alimentarias ya que esta se puede incorporar como un sustituto parcial de ingredientes convencionales, lo que impulsa a la competencia en el mercado.

4. Recursos y Presupuesto

Tabla 52. *Presupuesto de elaboración del proyecto*

Recursos	Cantidad	Unidad	V. Unitario	V. Total
Materia Prima				
Malta Pale Ale y Carahell (hordeum vulgare).	8	Lb	1	30
Total				30
Materiales y Equipos				
Tamizadores	2	U	1,5	3
Fundas Ziploc	25	U	0,2	5
Papel aluminio	3	U	1,8	5,4
Guantes Látex	6	U	2	12

Adhesivos	1	Paquete	0,75	0,75
Papel filtro	1	U	1,5	1,5
Mascarilla	1	Paquete	1	1
Cofias	1	Paquete	3,4	3,4
Vasos desechables	1	U	0,5	0,5
Equipo de secado convencional	1	U	10	240
Equipo de secado por aire forzado	1	U	15	285
Total				557,55
Reactivos				
Agua Purificada	18	L	0,3	5,4
Agua Destilada	2	L	2,5	5
Total				10,4
Movilización y alimentación				
Transporte	15	Viaje	7,5	112,5
Internet	640	Hora	0,1	64
Alimentación	15	Alimento	2,5	37,5
Total				214
Materias bibliográficos y fotocopias				
Esferos	3	U	0,4	1,2
libretas	2	U	1	2
Marcadores	1	U	1	1
Impresiones	515	Hojas	0,1	51,5
Anillados	4	Hojas	1,5	6
CD	1	U	3	3
Total				64,7
Análisis proximales del bagazo				
Humedad (% m/m)	Malta Pale Ale y malta Carahell (hordeum vulgare).	Análisis físicos-químicos	45	315
Proteína (% m/m)				
Fibra (% m/m)		Análisis aminoácidos	275	275
Grasa (% m/m)				
Ceniza (% m/m)				
Vitaminas				
pH				

Aminoácidos					
Total				590	
Análisis fisicoquímicos aplicados a la harina					
Humedad (% m/m)	Malta Pale Ale y malta Carahell (hordeum vulgare).	Análisis físicos-químicos Análisis aminoácidos	45	315	
Proteína (% m/m)					
Grasa (% m/m)					
Ceniza (% m/m)					
Índice de solubilidad			275		275
Densidad aparente y compacta					
Ángulo de reposo					
Aminoácidos					
Total				315	
Análisis nutricionales al mejor tratamiento					
Proteína (% m/m)	Malta Pale Ale y malta Carahell (hordeum vulgare).	Análisis nutricionales precio a la mejor corrida experimental	10	60	
Grasa (% m/m)					
Ceniza (% m/m)					
Carbohidratos					
Fibra (% m/m)					
Vitaminas					
Total				60	
Análisis funcionales					
Absorción de agua.	Malta Pale Ale y malta Carahell (hordeum vulgare).	Análisis funcionales a la mejor corrida experimental	10	70	
Capacidad de retención de agua					
Capacidad de hinchamiento					
Índice de gelatinización de almidón					
Solubilidad					
Capacidad emulsificante y espumante					
Índice de gluten					
Total				70	
Análisis microbiológico					
Determinación de recuento estándar en placa de moho	Malta Pale Ale y malta Carahell	Análisis microbiológico	10	40	
Determinación de mohos					

Determinación de Coliformes totales	(hordeum vulgare).			
Determinación de salmonella				
Total				40
Total	1951,65			

Fuente: Agila & Alarcón (2026)

5. Conclusiones

- Se ha evidenciado que los dos tipos de bagazo poseen un contenido de humedad muy elevado característica propia de este subproducto. Por otra parte, se reflejó que el bagazo Pale Ale presentó un mayor aporte de proteínas y Carahell carbohidratos, como también un pH ligeramente mayor. En diferencia, el bagazo presento un mayor contenido de fibra y cenizas, evidenciado que posee una estructura mucho más fibrosa y con mayor contenido minerales, lo que se pude evidenciar que la malta Pale Ale tienen las características más favorables para la elaboración de productos para el consumo humano.
- Al obtener la harina de bagazo a partir de dos tipos de secados (secado por estufa de aire forzado y secado por convección) y dos tipos de malta (Pale Ale y Carahell), se evidenció que tanto el método de secado como las condiciones de procesamiento influyen significativamente en la calidad del producto final ya que este no solo afecta en las propiedades físicas y funcionales de la harina, sino que también afecta al comportamiento y su desempeño en potenciales aplicaciones agroindustriales. La prueba de Tukey aplicada a la interacción tipo de harina × tipo de secado indicó que la combinación aire forzado con harina Pale Ale presentó la mayor solubilidad (10,96%), mejor contenido proteico del (16,33 %), y mayor densidad aparente (0,39 g/mL) en comparación con el secado convencional.
- Con los resultados obtenidos podemos decir que el secado por aire forzado en combinación de la Malta Pale Ale permitió conservar de mejor manera las propiedades

nutricionales y funcionales como también la calidad integral de la harina la cual la hace potencial para aplicaciones agroindustriales y alimentarias. Al evaluar el mejor tratamiento a partir de análisis de la caracterización nutricional funcional y microbiológica, podemos decir que la harina cumple con las características de una harina integral debido a la cantidad de ceniza que incluye, así como la proteína y demás nutrientes en cantidades óptimas según la referencia de la norma técnica INEN 616.

Los principales resultados del mejor tratamiento indican que en los valores funcionales, el índice de viscosidad fue de 7,15 cP, indicando propiedades funcionales adecuadas y los índices de gluten húmedo y seco evidencian la presencia de proteínas estructurales que contribuyen a la cohesión de las masas. Mientras que, los valores nutricionales evidencian que, el contenido de proteína es superior al valor mínimo, el contenido de ceniza se encuentra dentro de los límites permitidos, evidenciando valores que permiten un aporte benéfico funcional a nivel nutricional, ya que alcanzó una fibra dietética del 8,42%. Los valores microbiológicos comprobados para la seguridad del consumo humano, permitió conocer que la cantidad de mohos, levaduras y Coliformes totales cumplen con los valores establecidos por el Ministerio de salud pública, finalizando con la ausencia de salmonella.

- Debido a las características que presentó la muestra del mejor tratamiento realizado para esta investigación, fue adecuada la propuesta de elaborar bebida vegana de bagazo de cebada malteada, como producto alimenticio potencial para la reintegración de este residuo de la industria cervecera principalmente. Además de que, los resultados obtenidos en el análisis sensorial fueron satisfactorio para el producto.

Dentro de los principales resultados del análisis sensorial, se pudo conocer que, las características de la apariencia del producto no son un factor desagradable para las personas encuestadas, puesto que se indicaron valores elevados de casi el 50% y superior a ello para comentarios de que les gusta el color, homogeneidad, aroma, sabor, textura y otros factores analizados para este parámetro. No obstante, la cremosidad sí evidenció disgusto en cierta parte de la población. Para el parámetro de JAR, se pudo conocer que el dulzor, cuerpo- espesor, arenosidad y demás factores que fueron analizados para este parámetro demostraron resultados de aceptabilidad sensorial.

Pudiendo evidenciarse que para la aceptación global el 41% de la población gusta del producto, y se emitieron comentarios de sugerencia para aumentar el dulzor y el espesor del producto.

6. Recomendaciones

- Optimizar el proceso de secado por aire forzado, evaluado diferentes tiempos y temperaturas, con la finalidad de mejorar las propiedades nutricionales y funcionales de la harina de bagazo reduciendo aún más su carga microbiana.
- Realizar estudios enfocados a la caracterización reológica de la harina obtenida, con el objetivo de entender el comportamiento durante el proceso de hidratación, mezclando y calentamiento sobre la influencia en la estructura de productos alimenticios líquidos y semisólidos.
- Analizar posibles combinaciones de la harina de bagazo obtenida con otras harinas o ingredientes funcionales, que registren propiedades complementarias, para optimizar la textura, el valor nutricional y el rendimiento del producto final
- Desarrollar estudios de vida útil y estabilidad físico-químico, que ayuden a evaluar los cambios de sedimentación, separación de fases y carga microbiana durante el almacenamiento, garantizando la inocuidad y calidad del producto.

7. Bibliografía

Acaro, J., & Toapanta, P. (2023). *Estudio de secado al vacío para la obtención de la harina de lúcuma (Pouteria Lúcum L)*. Universidad Central del Ecuador.
<https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/a40a9311-1269-4311-bde0-7165eb2e8573/content>

Acosta, A., & Suárez, A. A. (2018). *Diseño de una línea de producción de cerveza artesanal en la ciudad de Quevedo para consumo directo*.

<https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/28f8e6b9-a2df-4c1c-8dc4-1287c45e15d9/content>

Alanís, E., Delgado, P. G., & Cruz, N. d. (2021). Fibra dietética: historia, definición y efectos en la salud. 9(18). <https://doi.org/https://doi.org/10.29057/icsa.v9i18.6604>

Albán, A. (2023). "*Utilización del chocho (Lupinus mutabilis), cebada malteada (Hordeum vulgare) y soya (Glycine max), para el desarrollo de productos alimenticios*". Universidad Técnica De Cotopaxi. <https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/7268bc28-2ac4-4014-b3ff-30c28e41bdb1/content>

Álvarez, M. (2012). "*UTILIZACIÓN DE MEJORADORES EN LA HARINA DE TRIGO NACIONAL (Triticum aestivum) PARA LA ELABORACIÓN DE PAN*" [universidad tecnica de ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/2c61aacc-3fde-4b8a-a0f1-625cb45bd973/content>

Anderson, A. (1982). *Water Absorption and Solubility and Amylograph Characteristics of Roll-Cooked Small Grain Products*. https://www.cerealsgrains.org/publications/cc/backissues/1982/Documents/chem59_265.pdf.

Anderson, S., Bogren, E., & Bolek, G. (2002). *Determination of Crude Protein in Animal Feed, Forage, Grain, and Oilseeds by Using Block Digestion with a Copper Catalyst and Steam Distillation into Boric Acid: Colla*.

file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Determination_of_Crude_Protein_in_Animal_Feed_Forage.pdf

AOAC, 920.39. (1920). *Fat (crude) or ether extract in animal feed.*
http://www.aoacofficialmethod.org/index.php?main_page=product_info&products_id=1088

AOAC, 923.03. (1923). *Ash of flour. Direct method.*
http://www.aoacofficialmethod.org/index.php?main_page=product_info&products_id=1190

AOAC, 925.10. (1925). *Solids (total) and loss on drying (moisture).*
http://www.aoacofficialmethod.org/index.php?main_page=product_info&products_id=239

AOAC, 930.15. (1999). *Loss on drying (Moisture) for feeds.*
http://www.aoacofficialmethod.org/index.php?main_page=product_info&products_id=2702

AOAC, 942.23. (1996). *OAC 942.23-1942(1996), Thiamine (vitamin B1) in human and pet f.*
http://www.aoacofficialmethod.org/index.php?main_page=product_info&products_id=2041

AOAC, 944.13. (1960). *AOAC 944.13-1960, Niacin and niacinamide (nicotinic acid and nic.*
http://www.aoacofficialmethod.org/index.php?main_page=product_info&products_id=1996

AOAC, 970.65. (1971). *OAC 970.65-1971, Riboflavin(Vitamin B2) in Foods and Vitamin Pr.*
http://www.aocofficialmethod.org/index.php?main_page=product_info&products_id=1152

Arboleda, A. M., & Alonso, J. C. (2015). El aroma al evaluar el involucramiento del consumidor con un producto y su percepción de calidad. *Estudios Gerenciales*, 403-410. <https://doi.org/10.1016/j.estger.2015.07.003>

Arcia, P., Curutchet, A., Cozzano, S., & Rodríguez, S. (2018). Bagazo de cervecería como ingrediente en el desarrollo de panificados. Impacto del rotulado en la intención de compra y aceptabilidad. *INNOTEC*, 16(1), 40-46.
<https://doi.org/https://doi.org/10.26461/16.02>

Arroyo, X. (2017). *Desarrollo de un método de malteado de amaranto para la obtención de malta tipo Pilsen.* Universidad De Las Americas.
<https://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/7507>

Astudillo, H. (2022). *IMPLEMENTACIÓN DE UNA ENZIMA (ALFA-AMILASA) A UN PROCESO TECNOLÓGICO DE FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA PARA MEJORAR LA PRODUCCIÓN DE CERVEZA ARTESANAL [UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA].*
<https://repositorio.utmachala.edu.ec/server/api/core/bitstreams/9a676f79-c1fa-4d4f-a677-1c3ba7a49cc4/content>

Badui, S. (2006). *Química de los alimentos (4a ed).* Pearson Educación.

- Belitz, H.-D., Grosch, W., & Schieberle, P. (2012). *Química de los alimentos* (3a ed). Editorial Acribia.
- Berkowitz, D. (2000). *Industria Alimentaria*.
<https://www.insst.es/documents/94886/161971/Capítulo+67.+Industria+alimentaria>
- Bernabé, Y., & Cancho, F. (2017). Caracterización fisicoquímica, fitoquímica y funcional de la harina de Khaya y Oca (*Oxalis tuberosa*) para uso industrial. [Universidad Nacional del Centro del Perú.]. <https://repositorio.uncp.edu.pe/items/2c79b60a-3ac7-441d-83d2-5bca0c69a997>
- Bhanu, D., Chuchuca, G., & Grossman, L. (2023). Extracción, composición, funcionalidad y utilización de la proteína del grano gastado de cervecería en formulaciones alimentarias. *Alimentos*, 12(7). <https://doi.org/10.3390/foods12071543>
- Burgos, M. (2022). *Lúpulo, usos más allá de la cerveza Revisión bibliográfica*. Universidad Austral de Chile. <https://www.researchgate.net/profile/Matias->
- Bueno Chulluncuy, G. M., & Ruiz Sanchez, G. A. (2022). *Aceptabilidad sensorial y capacidad antioxidante de una bebida funcional a base de diferentes mezclas de zumos de granada y ciruela* [UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE].
<https://repositorio.upn.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/a962b2f1-f5d3-4850-b5c2-85a3f2d97725/content>
- Cáceres, M. D. C. (2016). *EVALUACIÓN SENSORIAL DEL SABOR AMARGO DE DOCE ACCESIONES DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.) Y SU CORRELACIÓN CON EL CONTENIDO DE SAPONINAS* [UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA

MOLINA]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/server/api/core/bitstreams/23793f1f-31e0-4e2b-bb04-adad56447d9b/content>

Calixto, J., Guzmán, C., & Pinzón, D. (2022). Identificación de alelos de gluteninas y gliadinas en harinas de trigo entero (*Triticum aestivum* L.) y su relación con la calidad panadera. *Revista de la facultad de agronomía*, 121(2).

Calva, L. (2024). *El método experimental en la enseñanza de las Ciencias Naturales: Una forma de llevar la teoría a la práctica*. Universidad Nacional de Loja. <https://dspace.unl.edu.ec/server/api/core/bitstreams/9ee39862-7b99-4119-bcb8-2fc9e198e8d6/content>

Campoverde, L. K. (2025). *Impacto de la temperatura de secado en la composición y en las propiedades tecnofuncionales de la harina de vaina de haba (*Vicia faba* L.)*. Universitat Politècnica De València. <https://riunet.upv.es/server/api/core/bitstreams/b4d18243-905e-4f49-8cba-4744190d06c9/content>

Capa, J. (2023). *Estudio exploratorio de las condiciones para el malteado de cebada (*Hordeum vulgare* L.)*. Universidad Central Del Ecuador. <https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/66df99a1-22a4-45b1-bf2a-5901bd2d5186/content>

Cerezal, P., Carrasco, A., Pinto, K., Romero, N., & Arcos, R. (2007). Suplemento alimenticio de alto contenido protéico para niños de 2—5 años. Desarrollo de la formulación y aceptabilidad. 32(12), 857-864. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/121085>

- Chávez, N., & Onofre, A. (2020). *Determinación del proceso de elaboración de cerveza tipo Ale para cuatro variedades cebada (Hordeum vulgare L.) Cultivadas en Huancavelica*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA. <https://repositorio.unh.edu.pe/bitstreams/7e9b2a66-8a6f-43ed-bfd1-6bf8315be388/download>
- Cheung, P. C. K., & Mehta, B. M. (Eds.). (2015). *Handbook of Food Chemistry*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-36605-5>
- Cian, R., Garzón, A., Albarracín, M., & Drago, S. (2023). Cebada y malta como ingredientes base para la producción de nuevos alimentos biofuncionales. *Avances recientes de nutrición*, 3(3). <https://doi.org/10.21926/rpn.2303018>
- Cian, R., Garzón, A., Albarracín, M., & Drago, S. (2023). Cebada y malta como ingredientes base para la producción de nuevos alimentos biofuncionales. *Avances recientes de nutrición*, 3(3). <https://doi.org/10.21926/rpn.2303018>
- Chancusig, S. (2023). *Determinación del contenido de gluten y propiedades reológicas de diferentes variedades de trigo (Triticum aestivum)*. [UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI]. <https://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/11600>
- Colla, R., Loor, J., & Alsivar, U. (2024). Enriquecimiento de harina de bagazo de malta con extracto funcional de cerveza artesanal para la industria alimenticia. *Revista Multidisciplinaria de Investigación Científica*, 8(4). <https://doi.org/https://doi.org/10.56048/MQR20225.8.4.2024.6893-6912>

- Colla-Villegas, R. X., Loor-Bravo, J. A., & Alcívar-Cedeño, U. E. (2024). Enriquecimiento de harina de bagazo de malta con extracto funcional de cerveza artesanal para la industria alimenticia. 8(4), 6893-6912.
<https://doi.org/https://doi.org/10.56048/MQR20225.8.4.2024.6893-6912>
- Cruz, D. (2024). *ELABORACIÓN DE SOPA INSTANTÁNEA DE HARINAS DE PAPA CHOLA (Solanum tuberosum), AMARANTO (Amaranthus caudatus L.) Y CORTEZA DE SANDIA AMERICAN SWEET (Citrullus lanatus) COMO APORTE DE FIBRA ALIMENTARIA [UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR]*.
https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/CRUZ%20MORAN%20DIEGO%20DAVID.pdf?utm_source=chatgpt.com
- Delgado, M. G. (2023). *Efecto de diferentes condiciones de secado en el contenido de ácido ascórbico de hojuelas deshidratadas de camu camu*. Universidad San Ignacio de Loyola. <https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/74e70bf2-3a06-447c-85c9-ef1ab6d4c3a2/content>
- Díaz, E. (2021). *Desarrollo y caracterización de harina de bagazo de malta*. <https://repositorio.uvg.edu.gt/static/flowpaper/template.html?path=/bitstream/handle/123456789/5256/Correcciones%20informe%20de%20graduacion%205-1-24%203.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Díaz, E. R. (2021). *Desarrollo y caracterización de harina de bagazo de cerveza*. Universidad del Valle de Guatemala.
<https://repositorio.uvg.edu.gt/server/api/core/bitstreams/5dd7cf75-c1e6-448c-b95d-6eb639f9416f/content>

- Enriquez Murcia, J. P. (2018). *Efecto de la viscosidad en la percepción de dulzura en una bebida* [UNIVERSIDAD DE ZAMORANO].
<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/bab3ac5b-9eff-4f85-b2bc-8b327306a6b5/content>
- Echenique, E. E. (2017). *Metodología de la Investigación. Manual Autoformativo Interactivo*. Universidad Continental. <http://repositorio.continental.edu.pe/>
- Espinoza, V. W. (2018). Los cereales como fuente de alimentación primaria para la humanidad. *Revista Multi-Ensayos,,* 4(7), 47-54.
<https://doi.org/https://doi.org/10.5377/multiensayos.v4i7.9493>
- Fernández, N. (2016). Propiedades funcionales y químicas de harinas de distintas variedades de trigo sarraceno y tef [Universidad de Valladolid].
<https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/29440/TFM-L355.pdf?sequence=1>
- Franco, C., & Montoya, S. (2020). *Eatanarización de condicones de proceso y dimensionamiento dde unaa planta piloto para elaboración de maltaa a partir de cebada*. Universidad Nacional Autónoma De México.
<https://ru.dgb.unam.mx/server/api/core/bitstreams/6b0a9874-c536-4063-b6d1-bc10ed18836e/content>
- Frías, P. (2020). *Evaluación De La Influencia De La Temperatura En Procesos De Secado*. Unipamplona.
https://revistas.unipamplona.edu.co/ojs_viceinves/index.php/ALIMEN/article/view/39

- Galicia, E. (2025). *El bagazo cervecero: el nuevo oro verde para crear leche vegetal, cuero y bioplásticos*. <https://estrellagalicia.es/amantes-cerveceros/categorias/materias-primas/2024/bagazo-cerveza-usos-sostenibles/>
- Gomez, D. (2022). *Obtención de energía en las células a través de los alimentos*. Lima,: Universidad Nacional De Educacion. <https://repositorio.une.edu.pe/server/api/core/bitstreams/395f9a45-df17-4225-a7c0-e59e93ecb6c0/content>
- Gómez, G. (2021). Métodos y técnicas de investigación utilizados en los estudios sobre comunicación en España. *Revista Mediterránea de Comunicación*, 12(1), 115. <https://doi.org/https://doi.org/10.14198/MEDCOM000018>
- González, M., Zamora, M. R., Solano, S., & Huerta, R. (2021). Mejoramiento genético de cebada en el INIFAP (1985-2020). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1(25).
- García, E. E. (2024). Libro de texto: Química de los alimentos. Instituto Superior Tecnológico Tecnoecuatoriano ISTTE. https://omp.rimanaeditorial.com/index.php/omp/catalog/view/186/225/596?utm_source
- Guamán, A. F. (2024). *Evaluación Agronómica De Cinco Accesiones De Cebada Desnuda (Hordeum Vulgare L.), En El Tercer Año De Validación*. Universidad Estatal De Bolívar. <https://dspace.ueb.edu.ec/server/api/core/bitstreams/e63ef0b4-b852-489f-838a-3dbc08901593/content>

- Heredia, A., Jiménez Araujo, A., Bolaños Guzman, J., Bejarano, R., & Rodríguez, R. (2002). *Fibra alimentaria*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. https://books.google.com.pe/books?id=LS7QkrC2SIQC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Hernández, N. (2010). *Elaboración De Una Cerveza Artesanal Empleando Malta Chocolate*. Universidad Autónoma Del Estado De Hidalgo.
- Hernández, P., & Barrios, H. (2024). *Formulación de una botana de harinas combinadas de maíz, malanga y chipilín; y evaluación del método de secado solar o convencional*. <https://repositorio.unicach.mx/handle/20.500.12753/5617>
- Herreño, L., & Torres, N. (2021). *Análisis de la economía circular en el sector alimentario para la ciudad de Bogotá durante el período 2014 – 2019*. <https://repositorio.ecci.edu.co/server/api/core/bitstreams/729bb361-59c3-437a-860f-2451313972c3/content>
- Holavegan. (2025). *Leche de cebada*. <https://holavegan.com/leche-de-cebada-perlada/>
- Hong, A., Liu, L., Kuang, H., & Lai, C. (2023). Un método inmunocromatográfico rápido basado en nanopartículas de oro para la determinación de imidacloprid en frutas y verduras. *Alimntos*, 12(3).
- Intriago Flor, F. G., Rodríguez Carranza, A. J., Alvarado Vásquez, K. E., & Sánchez Macias, E. I. (2025). Evaluación sensorial y aceptabilidad de una bebida funcional elaborada a partir de cascarilla de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Agrosilvicultura y Medioambiente*,

3(1), 16-28. <https://doi.org/10.47230/agrosilvicultura.medioambiente.v3.n1.2025.16-28>

INEC. (2022). *La población femenina supera a la masculina en Latacunga, según información del último censo*. Instituto Ecuatoriano de Estadística y Censos (INEC).

INEN 1529-15. (2013). *Control Microbiológico De Los Alimentos. Salmonella. Método De Detección*. <https://ilide.info/doc-viewer-v2>

INEN 1529-6. (1990). *Determinación de Microorganismos Coliformes*. <https://ilide.info/doc-viewer-v2>

INEN 526. (2012). *HARINAS DE ORIGEN VEGETAL. DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE IÓN HIDRÓGENO o pH. (No. INEN 526)*. <https://ilide.info/doc-viewer-v2>

INEN 529. (1980). *HARINA DE TRIGO DETERMINACION DE GLUTEN*. Normas técnicas ecuatorianas. <https://ilide.info/doc-viewer-v2>

INEN 616. (2015). *HARINA DE TRIGO. REQUISITOS INEN*. INEN. <https://es.scribd.com/document/272228164/n-te-inen-616-4>

Izquierdo, P., Torres, G., Barbazo, Y., Márquez, E., & Allara, M. (2000). *Análisis proximal, perfil de ácidos grasos, aminoácidos esenciales y contenido de minerales en doce especies de pescado de importancia comercial en Venezuela*. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 50(2), 187-194.

http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0004-06222000000200013&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Nielsen, S. S. (Ed.). (2010). *Food analysis* (4th ed). Springer.
https://eclass.hua.gr/modules/document/file.php/DIET200/material%20in%20English/Food%20Analysis%20Fourth%20Edition.pdf?utm_source=chatgpt.com

Jaimes, Y., Guerrero, J., & Castrillo, L. (2017). *Caracterización fisicoquímica, microbiológica y funcional de harina de cáscara de cacao (Theobroma cacao L.) variedad CCN-51*. Cuaderno activa, 9, 65-75. <https://doi.org/10.53995/20278101.421>

Japa, L. (2022). *Efectos de los métodos de deshidratación de frutas sobre sus propiedades nutricionales y sensoriales*. Universidad Técnica De Ambato.
<https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/77dc0151-3a70-4854-ad95-6a1625d8989b/content>

Jaramillo, K., & Licuy, M. (2024). “*CINÉTICA DEL SECADO POR CONVECCIÓN DE LAS HOJAS DE GUAYUSA (Ilex guayusa)*” [UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI]. <https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/970641a3-4fa4-49b0-aa4b-c39e0f1580b5/content>

Jaramillo, J., & Suntaxi, D. (2024). *Planificación de un proyecto basado en el estándar de la guía PMBOK® v6 del Project Management Institute (PMI®) de producción y*. <https://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/16267/1/UDLA-EC-TMGP-2024-05.pdf>

Jaramillo, K., & Licuy, M. (2024). *Cinética Del Secado Por Convección De Las Hojas De Guayusa (Ilex Guayusa)*. Universidad Técnica De Cotopaxi.

<https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/970641a3-4fa4-49b0-aa4b-c39e0f1580b5/content>

Jurado, M. (2012). *Elaboración De Un Paquete Estadístico De Diseño Experimental En La Facultad De Ingenieria En Ciencias Agropecuarias Y Ambientales*. Universidad Técnica Del Norte.
<https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/2160/1/ART%C3%8DCULO%20CIENT%C3%8DFICO%20tesis.pdf>

Jurado, S. (2018). *Aprovechamiento Del Bagazo De Malta De Cebada Como Insumo En La Elaboración De Una Barra De Cereales Alta En Fibra*.
<https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7888/1/03%20EIA%20450%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>

Katherine, R. (2024). *Desarrollo de una bebida vegetal alternativa al consumo de la leche a partir de semillas obtenidas como un subproducto del procesamiento de ayote (cucurbita sp.)* [UNIVERSIDAD DE COSTA RICA].
<https://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr/server/api/core/bitstreams/e6872852-f4a0-4f29-8f70-75da20c1ac6c/content>

Kai, M., Maija, G., Jiaka, L., & Alissa, A. (2022). Rendimiento funcional de las proteínas vegetales. *ALIMENTOS*, 11(4). <https://doi.org/10.3390/foods11040594>

Lienqueo, M., & Reyes, F. (2016). *Desarrollo De Colorantes Naturales A Partir De La Fermentación De Extractos De Malta Especiales*.

<https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/142766/Desarrollo-de-colorantes-naturales-a-partir-de-la-fermentación-de-extractos-de-malta-especiales.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Limones, D. M. (2023). *Caracterización De Residuos De Maltas: Pilsen, Pale Ale, Caramel Y Chocolate Para Su Posterior Utilización En Industrias Alimentarias*. Universidad Agraria Del Ecuador. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/LIMONES%20DOM%C3%8DNGUEZ%20MELANNIE%20LUISA.pdf>

López, J., & Corrales Freire, J. (2023). *Diseño del proceso de producción de cerveza con cannabidiol a escala piloto*. revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS, 5(6), 168-183. <https://doi.org/10.59169/pentaciencias.v5i6.850>

Lukinac, J., & Jukić, M. (2022). La cebada en la producción de productos a base de cereales. *PLANTAS*, 11(24).

Martinez, J. (2020). *Producción de Harina de Bagazo a partir de un residuo de la industria cervecera*. <https://rdu.unc.edu.ar/server/api/core/bitstreams/5cc0bb4b-601a-4b5f-9221-8d5f87f6287d/content>

Martínez, P. E., Fabián, R. E., & Sarabia, A. B. (2023). *Elaboración de cerveza*. Universidad de Matanzas. https://rein.umcc.cu/bitstream/handle/123456789/3234/Mon23_Eddy.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Mattioni, B., Tilley, M., Matos, P., & Paulino, N. (2024). Los tratamientos de la harina afectan la extractabilidad de la proteína del gluten, la estructura secundaria y la reactividad de los anticuerpos. *ALIMENTOS*, 13(19).
- Márquez, K. (2007). *Elaboración y evaluación de un producto de panificación con harina de cebada* [Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo].
<http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/jspui/bitstream/231104/604/1/Elaboracion%20y%20evaluacion%20producto%20cebada.pdf>
- Medina, M., Rojas, R., Bustamante, W., Loaiza, R., Martel, C., & Castillo, R. (2023). *Metodología de la investigación: Técnicas e instrumentos de investigación (1.a ed.)*. Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú.
<https://doi.org/10.35622/inudi.b.080>
- Medrano, B. (2023). *Efecto de la aceptabilidad sensorial de la bebida carbonatada de calidad elaborada a diferentes concentraciones de jugo de tumbo serrano (Passiflora tripartita)* [Universidad Nacional Mayor de San Marcos].
<https://cybertesis.unmsm.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/1f079da4-63f9-42a4-afc0-897f1b8e93b8/content>
- Morales-Tapia, A. A., Ortiz-Sánchez, C. A., Ojeda-Juárez, D., Del Ángel-Zumaya, J. A., Vivar-Vera, G., Peredo-Lovillo, A., Reyes-Reyes, M., González-Jiménez, F. E., & Universidad Veracruzana. (2023). Application of sugarcane bagasse as potentially functional ingredient in cookies formulation: A study on physicochemical, sensory, and texture profile properties. *Revista Mexic*

- Medrano, S. A. (2020). *Obtención de deshidratados de borojó (Borojoa patinoi) y Copoazú (Theobroma Grandiflorum) mediante Procesos.* ESPOCH. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2291/1/CD-3031.pdf>
- Merchán, E., & Mocha, C. (2018). *Evaluación de la calidad microbiológica de ceviches y encebollados de pescado vendidos de forma ambulante en la ciudad de Cuenca-Ecuador* [universidad de cuenca]. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/items/fed1b614-9a98-499d-b9a5-26b59464f727>
- Morejón, A., & Viznay, A. (2018). *Control microbiológico y determinación de pH, acidez y grados brix de jugos expendidos en los espacios públicos de la ciudad de Cuenca-Ecuador* [universidad de cuenca]. https://dspace.ucuenca.edu.ec/items/a2797111-d3b9-43cc-bb2d-ef2f4e2276ba?utm_source=chatgpt.com
- Muñoz, Y., Castillo, I., & Zuno, J. (2024). Método de Investigación Cuantitativo. *Ingenio y Conciencia Boletín Científico de la Escuela Superior Ciudad Sahagún, 11(22)*, Article 22. <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/sahagun/article/view/12573>
- Murgueytio, E. (2014). *Utilización de ácido láctico y harina de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) extrudida en la elaboración de pan sin gluten* [UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO]. <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/2979>
- Mesías , M., & Morales, F. (2017). Efecto de diferentes harinas en la formación de compuestos de hidroximetilfurfural, furfural y dicarbonilo en sistemas de glucosa/harina calentados. *ALIMENTOS, 6(2)*.

- Ministerio de Salud Pública del Ecuador. (2020). *Lineamientos para la implementación del sistema de monitoreo interno del programa de fortificación de harina de trigo*. MSP. <https://aplicaciones.msp.gob.ec/salud/archivosdigitales/documentosDirecciones/dnn/archivos/MANUAL%20DE%20FORTIFICACION%20DE%20HARINA%20DE%20TRIGO.pdf>
- Moein, B., Gefu, W., Quan, S., & Xiao, H. (2024). La capacidad emulsionante y la estabilidad de las proteínas y péptidos de la patata: una revisión exhaustiva. *Revisiones completas en ciencia y seguridad alimentaria*, 23(5). <https://doi.org/10.1111/1541-4337.70007>
- Muñoz, K., & Gonzales, J. (2014). *Comparación Del Crecimiento Microbiano En Conservación De Distintos Vegetales En Refrigeradores De Tipo A Y Tipo B*. <https://rest-dspace.ucuenca.edu.ec/server/api/core/bitstreams/c94b6df9-0dda-44cb-a5c4-05b2ad695eea/content>
- Negin, Y., & Soleiman, A. (2022). Proteínas alimentarias: técnicas de mejora de la solubilidad y la estabilidad térmica. *Avances en la química alimentaria*, 1(1).
- Ochoa, C., & Sanchez, M. (2024). *Diseño de cápsulas duras de Coffea arabica (café) variedad Bourbon sidra con actividad antioxidante y laxante* [universidad tecnica de machala]. <https://repositorio.utmachala.edu.ec/server/api/core/bitstreams/c929bb7a-97c7-4e96-833f-2648fcd5c422/content>
- Páez, L., & Romero, L. (2025). Fermentación a medida de harinas de trigo y cebada germinadas y su aplicación en la elaboración de pan: una comparación exhaustiva con los enfoques

convencionales en la industria de la panificación. *Investigación actual en ciencia de los alimentos*, 10(1).

Pantoja, R. (2020). *Determinación del mejor tratamiento de la mezcla de harina de bagazo de cebada de malta con harina de trigo para la aplicación en productos panificados*. <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/10119>

Pecoretti, C. G. (2024). *Secado de bagazo de cebada cervecera en lechos fluidizados tipo remolino y burbujeante. estudio comparativo*. Universidad Nacional del Comahue. <https://rdi.uncoma.edu.ar/bitstream/handle/uncomaid/18324/PIP%20GAST%c3%93N%20CEJAS%20FINAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Pérez, R. (2021). *Industria cervecera artesanal en Quito y la transformación de bagazo de la cerveza en harina*. CONECTIVIDAD, 2(1),. <https://doi.org/https://doi.org/10.37431/conectividad.v2i1.21>

Perri, G., Difonzo, G., Ciraldo, L., Rametta, F., Gadaleta, G., & Ameer, H. (2025). Fermentación a medida de harinas de trigo y cebada germinadas y su aplicación en la elaboración de pan: una comparación exhaustiva con los enfoques convencionales en la industria de la panificación. *Ciencia de aliemntos*, 10(1).

Pico, J. (2024). *Caracterización física, química y funcional del bagazo residual de la producción de cerveza BLONDE ALE [UNVERIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABI]*. <https://repositorio.ulead.edu.ec/handle/123456789/6928>

Pila, R., & Sigcha, J. (2024). *Estudio De Las Propiedades Funcionales De Harinas Precocidas De Dos Variedades De Cebada (Hordeum Vulgare L.) Rita E Iniap-Cañicapa 2003*.

<https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/5d0aa303-4fe6-476a-ae1b-197e941b59c3/content>

Pinedo, R. R., & Bautista, M. (2020). *Manual de Cultivo de Cebada (Universidad Nacional Agraria La Molina)*.
https://proyeccion.lamolina.edu.pe/manuales/Manual_Cultivo_Cebada.pdf

Piotti, M. A. (2024). *Análisis de tratamiento y/o aprovechamiento del bagazo de cebada en cervecerías de San Carlos de Bariloche*. Universidad Nacional Rio Negro.
http://rid.unrn.edu.ar:8080/bitstream/20.500.12049/13384/1/Analisis%20de%20tratamiento%20y-%20aprovechamiento%20del%20bagazo%20de%20cebada%20en%20cevecer%C3%ADas%20de%20San%20Carlos%20de%20Bariloche_Piotti%2C%20Matias%20Ariel.pdf#:~:text=El%20bagazo%20de

Ponce, L., Noroña, P., Campaña, D., Garófalo, J., Coronel, J., Jiménez, C., & Cruz, E. (2020). *LA CEBADA (Hordeum vulgare L.): Generalidades y variedades mejoradas para la Sierra ecuatoriana*.
<https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5587/2/Manual%20116%20La%20cebada.pdf>

RAE. (2026). *Diccionario de la lengua española*. Real Académia de la Lengua Española.
<https://dle.rae.es/>

Ramayo, C. P., Lagüénz, P. S., Arcia, P., Curutchet, A., Cozzano, S., & Rodríguez, S. (2020). *Bagazo de cerveza: un subproducto con múltiples aplicaciones*. Ministerio de

Agricultura - Argentina.

[https://alimentosargentinos.magyp.gob.ar/HomeAlimentos/Nutricion/documentos/TendenciaBagazo.pdf#:~:text=El%20bagazo%20de%20cerveza%20puede%20estar%20com%2D,a%2035%25\)%20y%20lignina%20\(aproximadamente%20el%2028%25\).](https://alimentosargentinos.magyp.gob.ar/HomeAlimentos/Nutricion/documentos/TendenciaBagazo.pdf#:~:text=El%20bagazo%20de%20cerveza%20puede%20estar%20com%2D,a%2035%25)%20y%20lignina%20(aproximadamente%20el%2028%25).)

Ramírez, M. L. (2023). *Estrategias de innovación en la creación de nuevos productos a partir de los residuos y subproductos de las industrias alimentarias*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/54794/mlramirezh.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ramos, C. (2021). Diseños de investigación experimental. <https://cienciamerica.edu.ec/index.php/uti/article/view/356>

Rebolledo, M., Ronzón, Y., Hernández, E., Morales, E., & Acosta, L. (2023). Propiedades fisicoquímicas, funcionales y de flujo de una harina de cascarilla. *CIENCIA*, 30(3).

Rengifo, R. I. (2021). *Optimización de la extracción simultanea de proteínas y compuestos bioactivos presentes en la semilla de camu-camu (Myrciaria dubia (HBK) Mc. Vaugh)*. Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia. <https://api-repositorio.unia.edu.pe/server/api/core/bitstreams/10c8f6ec-d3b9-4348-bf49-ba231cda02af/content>

Reyes, L., & Carmona, F. (2020). *La investigación documental para la comprensión ontológica del objeto de estudio*.

<https://bonga.unisimon.edu.co/server/api/core/bitstreams/2af35a4b-2abf-4f78-a550-0a4e4764e674/content>

Sauna Aguilar, B. J., Osorio Paredes, L., Moreno Ramos, J. A., & Estrada Gonzales, H. L. S. (2025). Evaluación sensorial de néctar de maracuyá y arándano: Análisis de la percepción del consumidor sobre atributos organolépticos. *Nut*

Sánchez, D. (2022). Técnicas e instrumentos de recolección de datos en investigación. *TEPEXI Boletín Científico de la Escuela Superior Tepeji del Río*, 9(17), 38-39. <https://doi.org/10.29057/estr.v9i17.7928>

Sandoval, G., Álvarez, M., Paredes, M., & Lascan, M. (2022). Estudio reológico de las mezclas de harinas: trigo (*Triticum vulgare*), cebada (*Hordeum vulgare*) y papas (*Solanum tuberosum*) para la utilización en la elaboración de pan. *Scientia Agropecuaria*, 3(2), 123-131.

Singh, N., Katyal, M., Singh, A., & Singh, J. (2023). Información sobre el tamaño de partícula, la forma de la proteína, la formación de pasta y las propiedades reológicas de la masa de la harina obtenida de trigo cultivado a gran y baja altitud. *Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos*, 58(7), 3850-3864. <https://doi.org/10.1111/ijfs.16487>

Suhag, R., Kellil, A., & Razem, M. (2023). Factores que influyen en la fluidez de los alimentos en polvo. *POLVOS*, 3(1).

Tipantuña, K. (2024). *Caracterización Nutricional Y Funcional De La Harina Precocida De Amaranto (Amaranthus Zelenaya Sosulka)*.

<https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/4e27c16e-b56b-4e84-9a97-c1c36816ec9f/content>

Tirira, P. C. (2014). *Secado Al Vacío Mediante Espumación Del Sistema De Pulpa De Mora Con Albúmina De Huevo*.
<https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/40cddbed-e713-4e0c-b739-e5c9fba480ef/content>

Tucumbi, C. (2022). *Diseño de un proceso de elaboración de cerveza artesanal tipo Lambic sabor a capulí (Prunus serotina var. Capuli (Cav.) McVaugh)*. Universidad Técnica De Ambato. <https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/9105a40e-18e6-4ea4-8a8e-85cedbe4f119/content>

Vailati, P. A., Fuentes Cuiñas, A. A., & Gomis, J. (2022). Bebidas vegetales: Percepción de consumidores y no consumidores de lácteos. *Redmarka. Revista de Marketing Aplicado*, 26(1), 62-75. <https://doi.org/10.17979/redma.2022.26.1.8857>

Velastegui, E. (s.f.). *Estudio de factibilidad para la creación de una microempresa, dedicada a la elaboración de cerveza artesanal de fermentación alta, saborizada con café orgánico (Coffea arabica) y envasado con Carbonatación forzada, en el cantón Quito, provincia de pichinc*.
<https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/558540c5-0e64-4ec9-9fe8-fd86fdd77edc/content>

Zárate, P., Sepúlveda-V, J. U., & Ciro-V., H. J. (2023). Evaluation of physicochemical, antioxidant and sensory properties of a beverage made with hydrolyzed sweet whey

permeate enriched with agraz (*Vaccinium meridionale* Swartz) and cape gooseberry (*Physalis peruviana* L) pulp. *INGENIERÍA Y COMPETITIVIDAD*, 25(1).
<https://doi.org/10.25100/iyc.v25i1.12055>

Zafar , U., Liebre, C., Hassanpour, A., & Ghadiri, S. (2021). Evaluación de la fluidez del polvo a bajas tensiones mediante el método de indentación de bola: evaluación del factor de restricción. *Tecnología de polvo*, 387(1).

