



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Medicina Veterinaria

Caracterización físico-química del bagazo de malta de cebada con fines de nutrición animal, producido en el cantón Loja

Trabajo de Integración Curricular
previo a la obtención del título de
Médico Veterinario

AUTOR:

José Luis Pardo Sánchez

DIRECTORA:

Mgtr. Martha Esther Reyes Coronel.

Loja – Ecuador

2024

Certificación de Trabajo de Integración Curricular



unl

Universidad
Nacional
de Loja

Sistema de Información Académico
Administrativo y Financiero - SIAAF

CERTIFICADO DE CULMINACIÓN Y APROBACIÓN DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Yo, **Reyes Coronel Martha Esther**, director del Trabajo de Integración Curricular denominado **Caracterización físico-química del bagazo de malta de cebada con fines de nutrición animal, producido en el cantón Loja**, perteneciente al estudiante **Jose Luis Pardo Sanchez**, con cédula de identidad N° **1104148836**.

Certifico:

Que luego de haber dirigido el **Trabajo de Integración Curricular**, habiendo realizado una revisión exhaustiva para prevenir y eliminar cualquier forma de plagio, garantizando la debida honestidad académica, se encuentra concluido, aprobado y está en condiciones para ser presentado ante las instancias correspondientes.

Es lo que puedo certificar en honor a la verdad, a fin de que, de así considerarlo pertinente, el/la señor/a docente de la asignatura de **Integración Curricular**, proceda al registro del mismo en el Sistema de Gestión Académico como parte de los requisitos de acreditación de la Unidad de Integración Curricular del mencionado estudiante.

Loja, 27 de Febrero de 2024



Firma electrónica por:
MARTHA ESTHER REYES
CORONEL

F)
DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN
CURRICULAR



Certificado TIC/TT.: UNL-2024-000271

1/1
Educamos para Transformar

Autoría

Yo, **José Luis Pardo Sánchez**, declaro ser autor del presente Trabajo de Integración Curricular y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Integración Curricular, en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma:

Cédula de identidad: 1104148836

Fecha: 15/ Abril / 2024.

Correo electrónico: jose.l.pardo@unl.edu.ec

Teléfono: 0986805862

Carta de autorización

Carta de autorización por parte del autor, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo del Trabajo de Integración Curricular.

Yo, **José Luis Pardo Sánchez**, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Caracterización físico-química del bagazo de malta de cebada con fines de nutrición animal, producido en el cantón Loja**, como requisito para optar por el título de **Médico Veterinario**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Integración Curricular que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, quince días del mes de abril de dos mil veinticuatro.

Firma:

Autor: José Luis Pardo Sánchez

Cédula: 1104148836

Dirección: 8 de diciembre y Lugo

Correo electrónico: jose.l.pardo@unl.edu.ec

Teléfono: 0986805862

Dedicatoria

Dedico este trabajo de titulación de manera muy especial a mis padres, Janeth y Vicente; a mi hermano Alexis, a mis abuelos Zoraida y Héctor quienes con su esfuerzo, sacrificio y enseñanzas inculcando valores y principios que formaron un carácter impecable en el futuro Médico Veterinario. Así mismo, brindaron su apoyo incondicionalmente para alcanzar una de las metas propuestas en mi vida.

Del mismo modo, este trabajo lo dedico a mi familia en general, a los docentes que fueron parte de mi formación, mis amigos y compañeros de aula con quienes compartí muchos momentos de felicidad que quedarán como recuerdo de nuestra vida universitaria.

José Luis Pardo Sánchez

Agradecimiento

Primeramente, agradezco a Dios por haberme dado la vida, ser mi guía y permitirme terminar mi carrera.

Expreso mi más sincero agradecimiento a la Universidad Nacional de Loja, a la Carrera de Medicina Veterinaria que me recibió en sus aulas para desarrollarme como profesional y a sus emblemáticos docentes, por haberme permitido avanzar en mi formación académica y profesional e impartirme sus conocimientos sin egoísmo alguno.

Agradezco de manera muy especial a mi directora del Trabajo de Integración Curricular, Dra. Martha Esther Reyes Coronel, Mg. Sc., quien con su experiencia, conocimiento y motivación me guio en el desarrollo de esta investigación; a la Ing. Beatriz Guerrero; y, al Dr. Rodrigo Abad, quienes supieron brindarme sus conocimientos y apoyo en este trayecto de titulación.

A mis padres, a mi hermano porque sin ellos no habría logrado todo esto. Agradezco a mis compañeros y compañeras que me acompañaron a lo largo de la vida estudiantil universitaria, compartiendo momentos únicos de alegría, diversión y de tristeza. Gracias a todos por su apoyo.

José Luis Pardo Sánchez

Índice de Contenidos

Portada	I
Certificación de Trabajo de Integración Curricular	II
Autoría	III
Carta de autorización	IV
Dedicatoria	V
Agradecimiento	VI
Índice de Contenidos	VII
Índice de tablas	IX
Índice de figuras	X
Índice de Anexos.....	XI
1. Título	1
2. Resumen.....	2
2.1 Abstract	3
3. Introducción	4
4. Marco Teórico.....	6
4.1. Cerveza Artesanal.....	6
4.1.1. <i>Elaboración de la Cerveza Artesanal.....</i>	6
4.1.2. <i>Varietades de Estilos de Cerveza</i>	9
4.1.3. <i>Producción de Cerveza Artesanal a Nivel Nacional y Local</i>	10
4.2. Bagazo de Malta de Cebada	10
4.2.1. <i>Proceso de Obtención del Bagazo de Malta de Cebada</i>	10
4.2.2. <i>Producción del Bagazo de Malta de Cebada a Nivel Nacional y Local</i>	11
4.3. Composición Físico-Química del Bagazo de Malta de Cebada.....	11
4.3.1. <i>Propiedades Físicas del Bagazo de Malta de Cebada</i>	11
4.3.2. <i>Propiedades Químicas del Bagazo de Malta de Cebada</i>	12
4.3.3. <i>Composición Química del Bagazo de Malta de Cebada</i>	13
4.4. Estrategias de Procesamiento y Uso en Nutrición Animal	17
4.4.1. <i>Método de Procesamiento para Mejorar la Utilización del Bagazo de Malta de Cebada .</i>	17
4.4.2. <i>Consideraciones Sobre el Nivel de Inclusión del Bagazo de Cerveza en diferentes especies</i>	18
4.4.3. <i>Factores Anti-Nutricionales y Posibles Efectos Negativos del Bagazo de Cerveza.....</i>	18
4.5. Estudios Similares a Nivel Internacional y Nacional	19
5. Metodología	20
5.1. Área de Estudio.....	20
5.2. Procedimiento	21
5.2.1. <i>Enfoque Metodológico</i>	21
5.2.2. <i>Diseño Experimental</i>	22
5.2.3. <i>Unidades muestrales</i>	22
5.2.4. <i>Toma de muestras.....</i>	22

5.2.5. Variables de Estudio	22
5.2.6. Análisis de Laboratorio	23
5.2.7. Procesamiento y Análisis de la Información	26
5.2.8. Consideraciones Éticas	26
6. Resultados	27
6.1. Caracterización del Bagazo de Malta de Cebada	27
6.2 Parámetros Físicos y Bromatológicos del Bagazo de Malta de Cebada	28
6.3 Caracterización Física del Bagazo de Malta de Cebada	28
6.3.1 Capacidad de Retención de Agua.....	28
6.3.2 Densidad aparente	28
6.3.3 Humedad	29
6.4 Caracterización Química del Bagazo de Malta de Cebada.....	30
6.4.1 pH.....	30
6.4.2 Acidez	30
6.4.3 Materia Seca.....	31
6.4.4 Cenizas	31
6.4.5 Proteína Cruda.....	32
6.4.4 Fibra Cruda.....	33
6.4.5 Fibra Detergente Neutra (FDN)	33
6.4.6 Fibra Ácida Detergente (FDA)	34
6.4.7 Lignina Ácida Detergente (LDA)	35
6.4.8 Extracto Etéreo.....	35
7. Discusión	37
8. Conclusiones.....	43
9. Recomendaciones.....	44
10. Bibliografía.....	45
11. Anexos	51

Índice de tablas

Tabla 1 Humedad del bagazo de cebada	12
Tabla 2 pH del bagazo de cebada.....	12
Tabla 3 Materia Seca.....	13
Tabla 4 Ceniza.....	13
Tabla 5 Proteína Cruda.....	14
Tabla 6 Fibra Cruda.....	15
Tabla 7 Fibra Detergente Neutra (FDN)	15
Tabla 8 Fibra Detergente Ácida (FDA).....	16
Tabla 9 Lignina Ácida Detergente (LAD).....	16
Tabla 10 Extracto Etéreo (EE)	17
Tabla 12 Caracterización física del bagazo de malta de cebada de tres variedades de cervezas artesanal en base seca.....	27
Tabla 13 Caracterización química del bagazo de malta de cebada de tres variedades de cervezas artesanal en base seca.....	27
Tabla 14 Análisis de Varianza para los análisis físicos del bagazo de malta de cebada	56
Tabla 15 Análisis de Varianza para los análisis químicos del bagazo de malta de cebada.....	56

Índice de figuras

Figura 1. Fábrica Hopshead cervecería artesanal en la ciudad de Loja.....	20
Figura 2. Fábrica Wilco cervecería artesanal de la ciudad de Loja.....	21
Figura 3. Fábrica Ákatus beer garden de la ciudad de Malacatos.....	21
Figura 4. Capacidad de retención de agua de tres variedades de bagazo de malta de cebada.....	28
Figura 5. Densidad aparente de tres variedades de bagazo de malta de cebada.....	29
Figura 6. Contenido de humedad de las variedades de bagazo de malta de cebada.....	29
Figura 7. pH de las variedades de bagazo de malta de cebada.....	30
Figura 8. Acidez de tres variedades de bagazo de malta de cebada.....	30
Figura 9. Contenido de materia seca de las variedades de bagazo de malta de cebada.....	31
Figura 10. Contenido de cenizas de las variedades de bagazo de malta de cebada.....	32
Figura 11. Contenido de proteína cruda de las variedades de bagazo de malta de cebada.....	32
Figura 12. Contenido de fibra cruda de las variedades de bagazo de malta de cebada.....	33
Figura 13. Contenido de fibra detergente neutra de las variedades de bagazo de malta de cebada.....	34
Figura 14. Contenido de fibra detergente ácida de las variedades de bagazo de malta de cebada.....	34
Figura 15. Contenido de lignina ácida detergente de las variedades de bagazo de malta de cebada.....	35
Figura 16. Contenido de extracto etéreo de las variedades de bagazo de malta de cebada.....	36

Índice de Anexos

Anexo 1. Certificado de la traducción ingles	51
Anexo 2. Bagazo de malta de cebada	52
Anexo 3. Proceso de medición del pH y de la acidez, utilizando el dispositivo peachímetro	52
Anexo 4. Muestras del bagazo de malta de cebada en la estufa, para la determinación de la materia seca	53
Anexo 5. Bagazo de malta de cebada en base seca	53
Anexo 6. Procedimiento de determinación de proteína cruda mediante el destilador Kjeldahl	54
Anexo 7. Procedimiento de evaluación de extracto etéreo mediante el equipo Soxhlet	54
Anexo 8. Procedimiento de análisis de capacidad de retención de agua mediante el equipo de centrifugado	55
Anexo 9. Determinación de fibra cruda, fibra neutra detergente, fibra ácida detergente utilizando el equipo ANKOM 200 Fiber Analyzer	55
Anexo 10. Determinación de lignina ácida detergente utilizando el equipo ANKOM Daisy ^{II} Incubator	56

1. Título

Caracterización físico-química del bagazo de malta de cebada con fines de nutrición animal,
producido en el cantón Loja.

2. Resumen

La producción de cerveza artesanal genera gran cantidad de residuos, que por su composición química, tendrían un potencial uso en alimentación animal. El objetivo del presente trabajo fue realizar la caracterización físico-química del bagazo de malta de cebada, producido en el cantón Loja. Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) donde se tomaron muestras (1 kg), por triplicado, de residuos de tres variedades de cerveza artesanal: Stout, IPA, Red Ale. Se determinaron los siguientes indicadores: capacidad de retención de agua, densidad aparente, humedad, pH, acidez, materia seca, ceniza, proteína cruda, fibra cruda, fibra detergente neutra, fibra ácida detergente, lignina ácida detergente y extracto etéreo. Los datos de los parámetros analizados se procesaron en el paquete estadístico InfoStat. Los resultados no mostraron diferencia estadística significativas ($p > 0,05$) en la mayoría de indicadores; sin embargo, la variedad IPA presentó mayor capacidad de retención de agua; mientras que la Stout presentó una densidad aparente superior. En términos de composición química, la variedad IPA destacó por su pH, acidez, materia seca, fibra detergente neutra y contenido de extracto etéreo, mientras que la Stout mostró valores superiores en proteína, fibra cruda, fibra ácida detergente y lignina ácida detergente. Por su parte, la Red Ale sobresalió en cenizas. Se concluye que el bagazo de malta de cebada de la variedad Stout presenta mejor composición química lo que podría favorecer su uso en alimentación animal.

Palabras clave: *Nutrición animal, bagazo de cerveza, caracterización físico-química.*

2.1 Abstract

The production of craft beer generates a large amount of waste, which by its chemical composition, would have a potential use in animal feeding. The objective of the present work was to perform the physico-chemical characterization of the barley malt bagasse, produced in the canton of Loja. A completely random design (DCA) was used where samples (1 kg) were taken, by tripling, of residues from three varieties of craft beer: Stout, IPA, Red Ale. The following indicators were determined: water retention capacity, apparent density, humidity, pH, acidity, dry matter, ashes, raw protein, raw fiber, neutral detergent fibre, detergents acid fibre and detergens acid lignin and etheric extract. The data from the analyzed parameters were processed in the statistical package InfoStat. The results showed no statistically significant difference ($p > 0,05$) on most indicators; however, the IPA variety showed higher water retention capacity; while the Stout showed a higher apparent density. In terms of chemical composition, the IPA variety stood out for its pH, acidity, dry matter, neutral detergent fiber and etheric extract content, while the Stout showed higher values in protein, raw fiber, deterrent acid fibre and deterrence acid lignin. For its part, the Ale Network stood out in ashes. It is concluded that the barley malt bagasse of the Stout variety has a better chemical composition which could favour its use in animal feeding.

Keywords: *Animal nutrition, beer bagasse, physico-chemical characterization.*

3. Introducción

La alimentación representa alrededor del 70 % de los costos de producción en un sistema de producción pecuaria (Núñez, 2017); por lo tanto, es necesario buscar alternativas que contribuyan a reducir los costos en la fabricación de balanceados. El uso de subproductos agroindustriales puede constituir una buena alternativa para lograr este propósito (Aguilar et al., 2021).

La industria de cervecería artesanal genera varios subproductos como: bagazo de malta, bagazo de lúpulo y levadura. *“El bagazo de cerveza representa el 85 % de los residuos en la elaboración de la cerveza”* (Mussatto et al., 2006; Nigam, 2017). Se destaca la producción de la cerveza artesanal, puesto que genera 20 kg de residuos por cada 100 litros de cerveza producida (Balli et al., 2020). En Ecuador, la industria cervecera ha estado en constante crecimiento, generando aproximadamente 120.000 toneladas anuales de bagazo de malta (Pérez, 2021).

En el 2022, la Asociación de Cerveceros Artesanales de Ecuador, ASOCERV, (2022), reportó una producción de 63.780,89 hectolitros de producto, lo cual significó la generación de aproximadamente 1.275.617,80 kg de bagazo de cebada. La contribución de cantón Loja, representó alrededor del 10,20 % de la producción cervecera nacional, es decir, un equivalente de alrededor de 6.505,65 hectolitros y cerca de 130.113 kg de bagazo de cebada, como residuo.

Los residuos de la industria cervecera artesanal, en particular el bagazo de malta de cebada, presentan buenas características nutricionales; sin embargo, su uso en la elaboración de dietas para la alimentación animal es muy limitado, debido a la escasa o inexistente información (Villanueva & David, 2021). Por lo tanto, es necesario desarrollar proyectos de investigación orientados a evaluar las características físico-químicas y nutricionales del bagazo de malta de cebada, así como su potencial valor como fuente de nutrientes de bajo costo para la alimentación animal.

En este contexto, el presente trabajo de investigación pretende generar información relevante sobre el valor nutritivo del bagazo de malta de cebada y aportar a una gestión eficiente de este recurso. Además, contribuir a la diversificación de las fuentes de alimentación, promoviendo una producción pecuaria más eficiente, sostenible y económica,

apoyando así a los pequeños y medianos productores pecuarios de la región. Los objetivos planteados fueron los siguientes:

- Determinar las propiedades físicas del bagazo de malta de cebada obtenidos de tres tipos de variedades de cerveza artesanal (negra - Stout, rubia - IPA, roja – Red Ale) producido en el cantón Loja.
- Determinar la composición química del bagazo de malta de cebada obtenidos de tres tipos de variedades de cerveza artesanal (negra - Stout, rubia - IPA, roja – Red Ale) producido en el cantón Loja.

4. Marco Teórico

4.1. Cerveza Artesanal

La fabricación de la cerveza artesanal comenzó aproximadamente en el año 1970 en Estados Unidos. En 1980, se sumó a la tendencia Europa Occidental, mientras que, países de Europa del Este, incluida Eslovaquia, comenzaron su producción en la revolución de la cerveza artesanal, en el año 2000 empresa pequeña, independiente y tradicional. Pequeña debido a que, su producción anual es aproximadamente de 6 millones de barriles; independiente porque menos del 25 % de la cervecería artesanal es propiedad o es controlada por un miembro de la industria del alcohol; y tradicional por tener un “*volumen total de alcohol cuyo sabor deriva de ingredientes tradicionales o innovadores y fermentación*” (Brewers Association, 2020).

4.1.1. Elaboración de la Cerveza Artesanal.

La elaboración de la cerveza artesanal inicia con la utilización de la cebada (*Hordeum vulgare L*). La cebada es un cereal de la familia Poaceae. En la industria cervecera se utilizan dos tipos de calidades de cebada, la cebada de dos y la de seis hileras. La cebada de dos hileras corresponde a cultivares que producen granos, mientras que, la cebada de seis hileras, seis granos “*dispuestos alrededor del raquis juntos con cuatro floretes estériles*” (Hertrich, 2013). La cebada de dos hileras tiene un aspecto más voluminoso pero menor proporción de proteína a almidón lo que significa que se obtendrá un “*mayor rendimiento de extractos fermentables pero una menor concentración de enzimas*” (Kok et al., 2019). A continuación, se describe el proceso de producción de la cerveza artesanal:

4.1.1.1. Malteado.

El proceso de malteado consiste en la germinación natural incompleta del grano de cebada, el proceso de malteado implica la activación y aumento de enzimas hidrolíticas presentes en el grano. Estas enzimas degradan las paredes celulares del endospermo, causando el desprendimiento de los gránulos de almidón de la matriz del endospermo y el aumento de las proteínas solubles (Gupta et al., 2010; Kok et al., 2019).

El proceso del malteado contribuye en el cambio estructural del grano de cebada a nivel físico y bioquímico. Para que estos cambios se realicen, se debe cumplir tres etapas fundamentales que se señalan a continuación:

La primera etapa es el remojo, que consiste en garantizar la absorción de agua (humedad del 12 % al 40 %) y provocar la germinación del grano de cebada (Gupta et al., 2010; Kok et al., 2019).

La segunda etapa es la germinación y se basa en el crecimiento embrionario, síntesis y degradación enzimática del endospermo, *“en la que se despolimerizan las paredes celulares y se catabolizan las proteínas de almacenamiento”* (Kok et al., 2019).

Finalmente, el tercer paso es el secado. En este paso se detiene la germinación, preserva las enzimas y garantiza la estabilidad de la cebada malteada o malta (Gupta et al., 2010; Kok et al., 2019).

4.1.1.2. Molienda.

El rendimiento de la molienda va a depender de la composición del grano de cebada (Holopainen et al., 2014). Según Kok et al., (2019), la dureza del grano es el resultado de la interacción de la proteína, almidón y β -glucano. Por lo tanto, es importante señalar que un mayor contenido de almidón en el grano produce un endospermo más blando, lo que da como resultado una harina fina. Por otro lado, un alto contenido de proteína y β -glucano tiende a producir una harina gruesa (Baik & Ullrich, 2008).

El proceso tradicional de elaboración de cerveza con cebada malteada o malta, inicia al momento de la trituración del grano. La trituración puede hacerse de dos maneras: con molino de rodillos y con molino de martillo. El molino de rodillos realiza una molienda más gruesa logrando mantener intacta la cascarilla, mientras que, el molino de martillo realiza una molienda más fina y rompe la cáscara (Kok et al., 2019). El resultado obtenido de las moliendas no debe ser granos excesivamente finos, debido a que, *“existe menor porosidad del lecho filtrante complicando en el proceso de maceración y liberación de taninos en exceso”* (González, 2018; Martín, 2018). Por lo tanto, se debe seguir un proceso de filtración para eliminar las harinas y así lograr una filtración óptima y homogénea (Kok et al., 2019).

4.1.1.3. Maceración.

La maceración consiste en la “*activación de las α - y β -amilasas y proteasas de la malta para descomponer el almidón y las proteínas de los cereales malteados y no malteados en azúcares, péptidos y aminoácidos*” (Baiano, 2020). De igual importancia es la manipulación de perfiles de temperatura intercalados con periodos de descanso, durante el proceso de maceración, con la finalidad de proporcionar condiciones adecuadas para el proceso de catálisis enzimática (Kok et al., 2019). La maceración consta de tres fases indispensables, que se explican a continuación:

La gelatinización de las partículas de almidón, es el proceso en el cual la alteración de la estructura multiescalar de los granos de malta (Wang et al., 2016). En esta fase, los granos de malta se mezclan con agua a una temperatura de 140-150 °F o 60-65 °C, con el objetivo de que el grano absorba agua y aumente su volumen. Como resultado, el almidón del endospermo del grano se libera en la mezcla (Barth, 2013; Mosher & Trantham, 2017).

La segunda fase es la licuefacción. En esta fase ocurre la descomposición del almidón, mismo que se encuentra constituido de cadenas de azúcares, como la amilosa, con cadenas rectas y la amilopectina, con cadenas ramificadas. Por lo tanto, estas largas cadenas de azúcares son transformadas en cadenas más cortas denominadas dextrinas, las cuales, serán más solubles en agua, permitiendo una fermentación adecuada (Barth, 2013; Mosher & Trantham, 2017).

La tercera fase es la sacarificación, es la conversión final del almidón y las dextrinas en azúcares, mediante el rompimiento de moléculas individuales o pequeños grupos de azúcar de los extremos de las cadenas de almidón (Barth, 2013).

4.1.1.4. Filtración.

La filtración consiste en la separación del mosto líquido del resto de compuestos insolubles sólidos de la malta el cual, es decir, del bagazo. Para la separación del bagazo, se puede utilizar cuba de filtro o de un filtro de mosto. La utilización de cuba de filtro disminuye la cantidad de extracto, por tal motivo, se recomienda la utilización del filtro de mosto, con el cual se ha comprobado que no existe una disminución en el volumen de extracto obtenido (van Donkelaar et al., 2016).

4.1.1.5. Cocción.

La cocción tiene como objetivo principal ayudar a la coagulación de proteínas y taninos para su posterior eliminación. Así mismo, este procedimiento ayuda a la esterilización del mosto y crea un ambiente propicio para la adición de lúpulo para aportar aroma y amargor a la cerveza (González, 2018).

4.1.1.6. Fermentación y Maduración.

La fermentación tiene como objetivo la degradación de los azúcares fermentables en alcohol y CO₂. Este procedimiento tiene una duración entre 4 a 5 días para la cerveza tipo ale y de 7 a 8 días para la cerveza tipo lager. En el proceso de maduración, la cerveza artesanal se somete a bajas temperaturas con el objetivo de estabilizar y obtener un justo balance entre los diferentes matices en cuanto al sabor y aromas logrados durante todo el proceso (González, 2018).

4.1.2. Variedades de Estilos de Cerveza

4.1.2.1. Red Ale.

El origen de la Red Ale es aproximadamente en los años 90, siendo originaria de Estados Unidos. Para su producción se utiliza cebada tostada o malta negra y malta base pale con el objetivo de proporcionar el color rojizo (Strong & England, 2021).

4.1.2.2. India Pale Ale.

La India Pale Ale (IPA) es originaria del Reino Unido en 1780, su elaboración tuvo como objetivo ser enviada en un largo viaje hasta la colonia en la India (Calagione, 2006; Mosher, 2009). Para su producción se utiliza malta base pálida y en poca cantidad malta cristal (Strong & England, 2021).

4.1.2.3. Stout.

La Stout se remonta alrededor de 1630, siendo originaria de Inglaterra, Irlanda, Estados Unidos y África. Para su producción se utiliza una malta tostada, cebada tostada sin maltear, malta chocolate y maltas oscuras (Strong & England, 2021).

4.1.3. Producción de Cerveza Artesanal a Nivel Nacional y Local

La producción en volumen de cerveza en Ecuador en el año 2022 se encuentra distribuida de la siguiente manera: Las cervecerías industriales poseen el 98 %, seguido de las cervezas importadas con 1 % y por último las cervecerías artesanales con un 1 %; se menciona que, la producción total es de 6.378.089 hl aproximadamente, de la cual, la cervecería artesanal tiene una producción de 63.780,89 hl (ASOCERV, 2022).

En la provincia de Loja se estima que la población de cervecerías es de un 10,20 % (ASOCERV, 2022). Por lo cual, se podría deducir que la producción a nivel de la provincia de Loja es de 6.505,65 hl.

4.2. Bagazo de Malta de Cebada

4.2.1. Proceso de Obtención del Bagazo de Malta de Cebada

La industria de cervecería artesanal genera varios subproductos como: bagazo, bagazo de lúpulo y levadura. “*El bagazo de cerveza representa el 85 % de los residuos en la elaboración de la cerveza*” (Mussatto et al., 2006; Nigam, 2017). El proceso de obtención del bagazo de malta de cebada, también conocido como bagazo cervecero o “*Brewer’s spent grain*” (BSG), comienza con la molienda de la cebada malteada o malta. Este procedimiento consiste en romper el grano para liberar los azúcares fermentables (Kok et al., 2019). Luego, pasa al proceso de maceración, en el cual se mezcla agua caliente con la molienda obtenida, con el objetivo que el grano absorba agua y aumente su volumen y posteriormente liberar los azúcares del almidón a la mezcla, conocida como mosto (Barth, 2013; Mosher & Trantham, 2017).

A continuación, el mosto se filtra para separar la parte líquida del resto de compuestos insolubles sólidos de la malta, es decir, el bagazo de malta (van Donkelaar et al., 2016). Este bagazo consiste en las cáscaras y otros materiales fibrosos del grano de cebada que no se disolvieron en el agua (Fix, 1999). Finalmente, el bagazo de malta se recolecta para su utilización como alimento para los animales, fertilizantes o biocombustibles, o para su uso en industrias alimenticias y farmacéuticas (Mussatto et al., 2006).

4.2.2. Producción del Bagazo de Malta de Cebada a Nivel Nacional y Local

La producción de la cerveza artesanal genera 20 kg de residuos por cada 100 litros de cerveza producida (Balli et al., 2020). A nivel nacional se calcula que la producción de cerveza artesanal, en el año 2022 fue de 63.780,89 hl, por lo tanto, la generación de residuo se estima en 1.275.617,8 toneladas. En La provincia de Loja, en el mismo año, fue de 130.113 toneladas, considerando la producción del año 2022 que estuvo estimada en 6.505,65 hl (ASOCERV, 2022).

4.3. Composición Físico-Química del Bagazo de Malta de Cebada

La composición físico-química del bagazo de cebada es de importancia determinar para conocer las propiedades de este subproducto. A continuación, se mencionan algunas de las principales propiedades físico-químicas.

4.3.1. Propiedades Físicas del Bagazo de Malta de Cebada

4.3.1.1. Capacidad de Retención de Agua (CRA).

Según Zhao et al., (2017), la capacidad de retención de agua se define como la cantidad de agua que permanece ligada a la fibra hidratada tras la aplicación de una fuerza externa (presión o centrifugación). La capacidad de retención de agua del grano gastado de cerveza según el estudio (Ktenioudaki et al., 2013), obtuvo un valor de $5,07 \pm 0,24$ g/g, en cambio, en el estudio (Naibaho & Korzeniowska, 2021), determinó valores entre 3,055 a 4,346 g/g.

4.3.1.2. Densidad Aparente.

La densidad aparente hace referencia al cociente entre masa y el volumen que ocupa el cereal (Atáres, 2015). Según Ferrari et al., (2016), mencionan que, la densidad aparente del bagazo de malta de cebada en estado seco fue 190 kg/m^3 .

4.3.1.3. Humedad.

La humedad es la cantidad de agua que contiene el grano (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, 2013). Los datos proporcionados por varios autores se encuentran detallados en la Tabla 1.

Tabla 1*Humedad del bagazo de cebada*

Autor	%		
Ferrari et al., (2016)	22		
Medina et al., (2018)	13,87 ^b	16,83 ^c	15,95 ^d

^a Resultado después del proceso de maceración^b Clara; ^c Ámbar; ^d Oscura**4.3.2. Propiedades Químicas del Bagazo de Malta de Cebada****4.3.2.1. pH.**

El pH es la medida cuantitativa que “*expresa el grado de acidez o alcalinidad de una disolución*” (Real Academia Española [RAE], 2022). Los datos proporcionados por varios autores se encuentran detallados en la Tabla 2.

Tabla 2*pH del bagazo de cebada*

Autor	%
Ceccato, (2019)	5,70±0,0458
de Blas et al., (2019)	4,02
Melo et al., (2016)	5,86±0,04
Silva Rêgo & Giovanni Leite de Brito, (2021)	5,11±0,03
Tombini et al., (2023)	4,36±0,06

4.3.2.2. Acidez.

La acidez se define como “*exceso de iones de hidrógeno en una disolución acuosa*” (RAE, 2022). La acidez que tiene el bagazo de malta en base seca es de 2,43±0,38 (Ceccato, 2019). En cambio, en el estudio de Tombini et al., (2023), determinó una acidez de 5,08±0,34.

4.3.3. Composición Química del Bagazo de Malta de Cebada

4.3.3.1. Materia Seca.

La materia seca es la porción o fracción resultante de la remoción de la humedad por medio del calor (Canseco et al., 2007). Los datos proporcionados por varios autores se encuentran detallados en la Tabla 3.

Tabla 3

Materia Seca

Autor	%		
Amang et al., (2007) ^a	91,7		
Jurado, (2018) ^a	90,44		
Medina et al., (2018) ^a	86,13 ^b	83,17 ^c	84,45 ^d
Parpinelli et al., (2020) ^a	91,58		
Torres & Gorozabel, (2022) ^a	35,26 ^e	31,84 ^f	36,99 ^g

^a Resultado de harina de bagazo de cebada

^b Clara; ^c Ámbar; ^d Oscura

^e Stout-negra; ^f Imperial-rubia; ^g Guayacán-roja

4.3.3.2. Cenizas.

La ceniza es el residuo inorgánico resultante de la incineración a altas temperaturas (American Association of Cereal Chemists [AACC], 2009). Se detallan en la Tabla 4 los datos recopilados de diferentes autores.

Tabla 4

Ceniza

Autor	%
Calcaterra, (2021) ^a	7
de Blas et al., (2019) ^a	3,6
Jurado, (2018) ^a	2,78
Melo et al., (2016) ^a	3,37±0,14
Pantoja, (2020) ^a	2,2
Silva Rêgo & Giovanni Leite de Brito, (2021) ^a	3,04±0,04

Teixeira et al., (2018) ^a		3,4±0,02	
(Torres & Gorozabel, 2022) ^a	0,98 ^b	0,94 ^c	1,13 ^d
Medina et al., (2018) ^a	2,37 ^e	2,69 ^f	2,24 ^g

^a Resultado de harina de bagazo de cebada

^b Stout-negra; ^c Imperial-rubia; ^d Guayacán-roja

^e Claro, ^f Ámbar, ^g Oscuro

4.3.3.3. Proteína Cruda (PC).

La proteína cruda hace referencia al contenido de nitrógeno total que tiene el grano (Elizondo-Salazar, 2020). En la Tabla 5 se especifica la información recabada por diversos autores.

Tabla 5

Proteína Cruda

Autor	%		
Castillo et al., (2012) ^a		13,16	
Ceccato, (2019) ^a		7,76±0,49	
de Blas et al., (2019) ^a		24,3	
Fărcaș et al., (2014) ^a		18	
Jurado, (2018) ^a		14,66	
Melo et al., (2016) ^a		10,49±0,29	
Nigam, (2017) ^a		15-26	
Parpinelli et al., (2020) ^a		29,53	
Pérez, (2021) ^a		10-30	
Silva Rêgo & Giovanni Leite de Brito, (2021) ^a		11,77	
Teixeira et al., (2018) ^a		12,5±0,28	
Torres & Gorozabel, (2022) ^a	5,23 ^b	4,63 ^c	4,51 ^d
Medina et al., (2018) ^a	10,91 ^e	10,90 ^f	10,93 ^g

^a Resultado de harina de bagazo de cebada

^b Stout-negra; ^c Imperial-rubia; ^d Guayacán-roja

^e Claro, ^f Ámbar, ^g Oscuro

4.3.3.4. Fibra Cruda (FC).

La fibra cruda se define como aquellas “sustancias orgánicas no nitrogenadas, que no se disuelven tras hidrólisis sucesivas en un medio ácido y otra en medio alcalino” (García et al., 2008). Se presenta en la Tabla 6 la información de varios autores.

Tabla 6

Fibra Cruda

Autor		%	
Castillo et al., (2012) ^a		13,88±0,33	
Ceccato, (2019) ^a		14,70±0,16	
de Blas et al., (2019) ^a		14	
Fărcaș et al., (2014) ^a		41,28	
Pantoja, (2020) ^a		7,8	
Silva Rêgo & Giovanni Leite de Brito, (2021) ^a		14,50	
Teixeira et al., (2018) ^a		27,6±2,5	
Torres & Gorozabel, (2022) ^a	3,27 ^c	3,65 ^d	4,45 ^e
Medina et al., (2018) ^a	4,93 ^f	4,91 ^g	4,89 ^h

^a Resultado de harina de bagazo de cebada

^c Stout-negra; ^d Imperial-rubia; ^e Guayacán-roja

^f Clara, ^g Ámbar, ^h Oscura

4.3.3.5. Fibra Detergente Neutra (FDN).

La fibra detergente neutra es la porción del alimento insoluble en detergente neutro y se encuentra compuesta principalmente por la celulosa, hemicelulosa y lignina (Casallas, 2014). La información recopilada por varios autores se encuentra en la Tabla 7 de manera detallada.

Tabla 7

Fibra Detergente Neutra (FDN)

Autor	%
Calcaterra, (2021)	56
de Blas et al., (2019)	48,9

4.3.3.6. Fibra Detergente Ácida (FDA).

La fibra detergente ácida hace referencia a la fracción menos digerible de la pared celular que se encuentra constituida principalmente por celulosa y lignina, además, esta fibra es insoluble en detergente ácido (Casallas, 2014). La Tabla 8 detalla la información aportada por varios autores.

Tabla 8

Fibra Detergente Ácida (FDA)

Autor	%
Calcaterra, (2021)	43
de Blas et al., (2019)	20,5

4.3.3.7. Lignina Ácida Detergente (LAD).

La lignina ácida detergente se define al contenido de lignina medido después de un tratamiento con solución detergente ácido, mencionar que, la lignina es un componente fundamental en las paredes celulares de las plantas (Takahashi et al., 2004). Los datos recopilados por distintos autores están presentes en detalle en la Tabla 9.

Tabla 9

Lignina Ácida Detergente (LAD)

Autor	%
Calcaterra, (2021)	5
DePeters et al., (2000)	8,7
Niemi et al., (2012)	12-28
Ohra-Aho et al., (2016)	19,3
Pantoja, (2020)	8-28
Teixeira et al., (2018)	19-28

4.3.3.8. Extracto Etéreo (EE).

El extracto etéreo es la fracción del alimento insoluble en agua, pero soluble en éter de petróleo, así mismo, esta fracción comprende lípidos, ceras, pigmentos, alcoholes y ácidos

grasos orgánicos (Rodríguez, 2003). La Tabla 10 detalla la información aportada por varios autores.

Tabla 10

Extracto Etéreo (EE)

Autor	%		
Calcaterra, (2021)	6,25		
Ceccato, (2019)	1,67±0,00707		
de Blas et al., (2019)	7,2		
Jurado, (2018)	3,4		
Medina et al., (2018)	1,99		
Parpinelli et al., (2020)	4,96		
Pérez, (2021)	<11		
Silva Rêgo & Giovanni Leite de Brito, (2021)	7,27±0,15		
Medina et al., (2018)	1,82 ^b	1,94 ^a	2,22 ^c

^a Clara, ^b Ámbar, ^c Oscura

4.4. Estrategias de Procesamiento y Uso en Nutrición Animal

4.4.1. Método de Procesamiento para Mejorar la Utilización del Bagazo de Malta de Cebada

El bagazo de malta de cebada, de acuerdo a los autores de Blas et al., 2019; Medina et al., (2018), contiene una humedad entre 74,2 a 80 % al final del proceso de elaboración de la cerveza artesanal. El siguiente es el procedimiento utilizado para reducción de humedad:

1. Se realiza el prensado durante 15 minutos, con el objetivo de disminuir la humedad hasta un 60-65 %, aproximadamente. El material que no es prensado, se recomienda almacenarlo en una cámara de frío para evitar la proliferación de microorganismos.
2. Luego del prensado, se traslada al horno deshidratador por alrededor de 4,5 horas, a 65 grados centígrados, logrando obtener una humedad relativa entre 12-15 %.
3. Seguidamente, el bagazo de cebada con 12-15% de humedad, se lo somete a un proceso de molienda. Posteriormente, se tamiza el material para lograr una homogeneización adecuada del producto (harina de bagazo).

4. Finalmente, la harina de bagazo se puede almacenar en silo o en fundas para su comercialización (Martínez, 2020).

4.4.2. Consideraciones Sobre el Nivel de Inclusión del Bagazo de Cerveza en diferentes especies

Como recomienda el estudio de Blas et al., (2019), los niveles de inclusión máximo del bagazo de cerveza en las dietas de las diferentes especies son las siguientes:

4.4.2.1. Aves.

De acuerdo con la edad y etapa de desarrollo de las aves, se recomienda estos niveles de inclusión: para pollos de inicio 18 días, del del 1 %, para los pollos de cebo (18-45 días), del 3 %. En el caso de las pollitas de inicio (0-6 semanas), se recomienda una inclusión del 5 %, para la fase decrecimiento (6-20 semanas) del 6 % y para la etapa de puesta del 3 %. Por último, para las reproductoras pesadas, se sugiere una inclusión del 2 % (de Blas et al., 2019).

4.4.2.2. Porcinos.

En porcinos, en la etapa de inicio (28-70 días), se recomienda una inclusión del 2 %. En la fase de cebo (>70 días), se sugiere un nivel del 6 %. En el caso de las cerdas gestantes se recomienda una inclusión del 12 % y en las cerdas lactantes, de un 10 % (de Blas et al., 2019).

4.4.2.3. Rumiantes.

En bovinos, en la fase de recría, se recomienda una inclusión del 20 %. Para los bovinos de leche, del 15 %, mientras que, para los de carne del 22 %. Para los terneros en arranque (60-150 kg), se sugiere una inclusión del 3% y para los de cebo (>150 kg), del 8 %. En el caso de las ovejas, del 25 %. Por último, para los ovinos de cebo, se sugiere una inclusión del 15 % (de Blas et al., 2019).

4.4.3. Factores Anti-Nutricionales y Posibles Efectos Negativos del Bagazo de Cerveza

Los factores antinutricionales presentes en el bagazo de cerveza incluyen las micotoxinas, las cuales se generan debido al factor de la humedad. Este último favorece la fermentación y facilita el crecimiento de los hongos. La presencia de micotoxinas puede deberse a un mal manejo y un tiempo prolongado de almacenaje (Westendorf & Wohlt,

2002). Entre los principales hongos se encuentran el *Aspergillus* y *Penicillium* pertenecientes a las aflatoxinas (AFs) y ocratoxinas A (OTA). De igual importancia, se ha evidenciado presencia de tricotecenos como deoxinivalenol (DON), 15-acetil-DON, nivalenol, 3-acetil-DON, toxina HT-2, toxina T2, fumonisinas (FMs), zearalenona (ZEA) y sus derivados, los cuales pertenecen a los *Fusarium* (Anfossi et al., 2016; Duarte-Vogel & Villamil-Jiménez, 2006).

4.5. Estudios Similares a Nivel Internacional y Nacional

Silva Rêgo & Giovanni Leite de Brito, (2021), estudiaron el tema: Producción y caracterización de harina de bagazo de malta a partir de residuos cerveceros, reportando los siguientes resultados sobre la composición nutricional: humedad $2\pm 0,3$ %; pH $5,11\pm 0,03$; ceniza $3,04\pm 0,04$ %; fibra 14,50 %; lípidos $7,27\pm 0,15$ %, proteína 11,77 %, carbohidratos $61,42\pm 0,46$ %.

Medina et al., (2018), realizaron el análisis químico proximal en residuos sólidos de cerveza artesanal y su aceptación en cerdas, reportando los siguientes resultados: cenizas 2,43 %, extracto etéreo 1,99 %, fibra cruda 4,91 %, extracto libre de nitrógeno 64,20 %, proteína cruda 10,91 %, nutrientes digestibles totales 73,47 %.

Torres & Gorozabel, (2022), en su estudio sobre Caracterización química de los residuos sólidos procedentes de la elaboración de tres tipos de cerveza artesanal (Stout - negra, Imperial - rubia, Guayacán - roja), obtuvieron los siguientes resultados: proteína (5,23 % - negra; 4,63 % - rubia; 4,51 % - roja), fibra (3,27 % - negra; 3,65 % - rubia; 4,45 % - roja), ceniza (0,98 % - negra; 0,94 % - rubia; 1,13 % - roja); y materia seca (35,26 % - negra; 31,84 % - rubia; 36,99 % - roja).

5. Metodología

5.1. Área de Estudio

La presente investigación se llevó a cabo mediante la toma de muestras de bagazo de cebada en varios establecimientos dedicados a la fabricación de cerveza artesanal, ubicados en el cantón Loja y parroquia rural Malacatos. Los establecimientos que se seleccionaron para ser incluidos en el estudio fueron los siguientes:

- Hopshead Cervecería Artesanal, ubicado en la ciudad de Loja.
- Wilco Cervecería Artesanal, también ubicado en la ciudad de Loja.
- ÁKATUS, ubicado en la ciudad de Malacatos.

La ciudad de Loja se encuentra ubicada al sur del Ecuador, a una altitud de 2069 m.s.n.m, entre las latitudes 03°19'49" y 04°45' 00". Posee una superficie aproximada de 10 790 km² y presenta una temperatura entre los 13 y 24 °C (Gobierno Autónomo Municipal de Loja, 2023a).

La ciudad de Malacatos está localizada al sur del Ecuador, a una altitud de 1.470 m.s.n.m en la latitud 4° 13' 9" Sur. Tiene una superficie aproximada de 208.66 km² y presenta una temperatura promedio de 20.6 °C (Gobierno Autónomo Municipal de Loja, 2023b).

La fase de laboratorio de la investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Bromatología de la Universidad Nacional de Loja.



Figura 1. Fábrica Hopshead cervecería artesanal en la ciudad de Loja.

Fuente: (Google Earth, 2023).



Figura 2. Fábrica Wilco cervecería artesanal de la ciudad de Loja.

Fuente: (Google Earth, 2023).

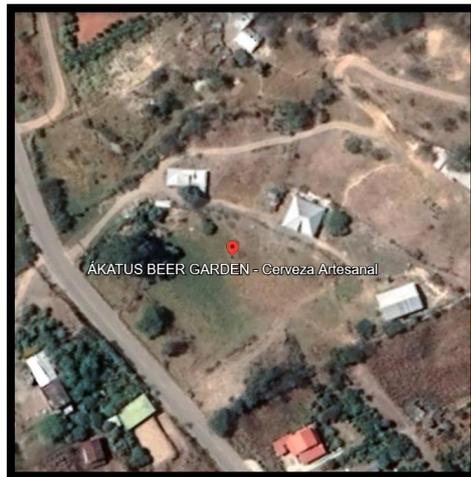


Figura 3. Fábrica Ákatus beer garden de la ciudad de Malacatos.

Fuente: (Google Earth, 2023).

5.2. Procedimiento

5.2.1. Enfoque Metodológico

Se llevó a cabo un estudio con un enfoque cuantitativo en el cual se evaluó los parámetros físicos-químicos de muestras de bagazo de malta de cebada obtenidas de tres variedades diferentes: negra – Stout, Rubia – IPA, roja – Red Ale.

5.2.2. Diseño Experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con un solo un factor: el bagazo de malta de cebada proveniente de tres variedades diferentes: negra – Stout, Rubia – IPA, roja – Red Ale.

5.2.3. Unidades muestrales

Las unidades muestrales consistieron en las tres variedades de bagazo de malta de cebada obtenidas después de la etapa de malteado, molienda, maceración y filtración. Se realizaron tres repeticiones, obteniendo como tamaño total muestral de 27 muestras. El tipo de muestreo utilizado fue no probabilístico por conveniencia.

5.2.4. Toma de muestras

El muestreo consistió en la recolección de 1000 g de bagazo de malta de cebada de cerveza artesanal de tres variedades: negra – Stout, Rubia – IPA, roja – Red Ale. Las muestras recolectadas fueron almacenadas en condiciones de refrigeración ($5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$) durante 2 horas. Para realizar el análisis físico-químico, se tomó una muestra por cada variedad y se realizaron tres réplicas de cada una.

5.2.5. Variables de Estudio

En la tabla 11, se consideran los diferentes análisis físicos-químicos del bagazo de malta de cebada que se realizaron en la presente investigación.

Tabla 11

Análisis físico-químico del bagazo de malta de cebada

Análisis físico-químico del bagazo de malta de cebada		
Propiedades físicas	Propiedades químicas	Composición química
Capacidad de retención de agua	pH	Materia seca
Densidad aparente	Acidez	Ceniza
Humedad		Proteína cruda
		Fibra cruda
		Fibra detergente neutra (FDN)
		Fibra ácida detergente (FDA)

5.2.6. Análisis de Laboratorio.

El análisis de laboratorio permitió determinar la composición y propiedades del bagazo de malta de cebada.

5.2.6.1. Análisis de las propiedades físicas del bagazo de malta de cebada.

El análisis de propiedades físicas hizo posible caracterizar en laboratorio los siguientes parámetros que describen el comportamiento físico del bagazo de malta de cebada:

5.2.6.1.1. Humedad

Para determinar la humedad se empleó el Método AOAC 930.15 (AOAC, 2016). El procedimiento inició con el mezclado y homogeneización de la muestra. A continuación, se pesó una funda de papel vacía; seguidamente se añadieron 200 gramos de muestra y se registró el peso (funda + muestra). A continuación, las muestras fueron colocadas en la estufa a una temperatura de 65 °C durante 48 horas. Finalmente, se retiraron las muestras de la estufa, se dejó enfriar por 15 minutos y se realizó el pesaje final (AOAC, 2016). La siguiente fórmula se utilizó para calcular el porcentaje de humedad de cada muestra.

$$\%H = \frac{\text{Peso de muestra de agua evaporada}}{\text{Peso de la muestra humedad}} \times 100$$

5.2.6.1.2. Capacidad de Retención de Agua

Para determinar la capacidad de retención de agua se empleó la metodología de Wang & Toews, 2011. El procedimiento inició con el pesaje de 1 gramo de muestra seca molida en un tubo cónico de 50 mL y su posterior hidratación con 30 mL de agua destilada, mientras se mezclaba. Después de lograr el equilibrio (18 h), las muestras se centrifugaron a 3000 x g durante 20 minutos y se decantó el sobrante. Los tubos se invirtieron cuidadosamente durante 10 minutos para permitir que el precipitado escurriera antes de registrar el peso final.

$$WRC \left(\frac{g}{g} \right) = \frac{\text{Peso fresco del residuo} - \text{Peso seco del residuo}}{\text{Peso seco del residuo}}$$

5.2.6.1.3. Densidad Aparente

Para determinar el análisis de densidad aparente se utilizó la metodología de Atáres, 2015. El procedimiento consistió en el uso de una probeta de vidrio de 100 mL. Inicialmente, se procedió a pesar la probeta, luego, se añadió 10 gramos de muestra. A continuación, se compactó la muestra y se midió el volumen que ocupaba en la probeta (V_{aparente}). La fórmula siguiente fue empleada para calcular la densidad aparente:

$$P_{\text{aparente}} = \frac{m_{(\text{probeta+muestra})} - m_{\text{probeta}}}{V_{\text{aparente}}}$$

5.2.6.2. Análisis de las propiedades químicas del bagazo de malta de cebada.

El análisis de las propiedades químicas permitió evaluar los cambios o reacciones químicas que presentó el bagazo de malta de cebada. Estas fueron:

5.2.6.2.1. pH

Para el análisis de pH se empleó el Método AOAC 981.12 (AOAC, 2016). Para determinar el pH se realizó el siguiente procedimiento: En primer lugar, se pesaron los matraces de Erlenmeyer vacíos. A continuación, se añadió 50 g de muestra, y 150 ml de agua destilada. Finalmente, se colocó papel aluminio en las boquillas de los matraces. Los matraces luego fueron colocados sobre la plancha de calor para que el contenido alcance el punto de ebullición manteniéndola constante durante 30 minutos. Al término de ese tiempo, se retiraron las muestras y se las dejó enfriar a temperatura ambiente. A continuación, se filtró la solución obtenida y se las transfirió a un balón volumétrico. Luego, se añadió agua destilada y se aforó a 250 mL. La solución obtenida después del aforo se colocó en vasos de precipitado a los que se la llevó a un agitador para obtener una solución homogénea. Finalmente, se procedió a medir el pH de la muestra.

5.2.6.2.2. Acidez

Para el análisis de acidez se empleó el Método AOAC 942.15 (AOAC, 2016). El proceso llevado a cabo se expone de la siguiente manera: en primer lugar, se colocó la solución obtenida del procedimiento de pH en el agitador. A continuación, con ayuda de la bureta que contenía 50 mL de NaOH, se procedió a realizar la titulación hasta alcanzar un pH aproximado de 8.1.

5.2.6.3. Análisis de la composición química del bagazo de malta de cebada.

El análisis de composición química permitió a la determinación de los compuestos y nutrientes presentes en el bagazo de malta de cebada y que se señala a continuación:

5.2.6.3.1. Materia Seca

El procedimiento inició con el pesaje de crisoles, luego se añadieron 2 gramos de muestra, se llevó a la estufa a 103 ± 2 °C durante 24 horas. Luego, se dejó enfriar a temperatura ambiente en un desecador y finalmente se procedió a pesar.

Para calcular el contenido en materia seca se utilizó la siguiente fórmula:

$$\%MS = 100 - \%H$$

$$\%MS = \frac{\text{Peso de la muestra seca}}{\text{Peso muestra antes del secado}} \times 100$$

H = humedad de la muestra.

5.2.6.3.2. Cenizas

Para determinar la ceniza se empleó el Método AOAC 923,03 (AOAC, 2016). El procedimiento utilizado fue el siguiente: Se pesó 2 gramos de muestra, luego se la llevó a la mufla a 600 °C durante 4 horas. Posteriormente, se dejó enfriar en el desecador y finalmente se procedió a pesar el residuo. Para calcular la composición en cenizas, se empleó la siguiente fórmula:

$$\%Cenizas = \frac{\text{Peso del crisol} - \text{peso crisol cenizas}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

5.2.6.3.3. *Proteína Cruda*

Para determinar proteína cruda se empleó el Método AOAC 2001.11 (AOAC, 2016). El procedimiento consistió en lo siguiente: en primer lugar, se pesó un papel libre nitrógeno, sobre el cual se colocó 0.70 g de muestra los que fueron colocados dentro de un tubo Kjeldahl de 300 mL. A continuación, se agregó una tableta catalizadora y 13 mL de H₂SO₄ concentrado. En un matraz de Erlenmeyer se preparó una solución con 60 mL de H₃BO₃ al 4 % pH 4,65 que incluyó una mezcla de los indicadores rojo de metilo y verde de bromocresol, seguidamente, se colocó a la salida del refrigerante cuidando el extremo del mismo quede sumergido en la solución ácida. El equipo irá agregando la cantidad necesaria de solución de NaOH 30 % para reaccionar con el sulfato de amonio (NH₄)₂SO₄. El indicador vira a azul cuando empieza a destilarse el NH₃ por arrastre en corriente de vapor. La destilación finaliza hasta alcanzar un volumen de aproximadamente 200 mL en el matraz de Erlenmeyer colector. Posteriormente, el destilado se tituló con solución valorada de H₂SO₄ al 0,2 N hasta lograr el viraje. Para todo el ensayo se debe realizar un blanco de reactivos.

Para determinar la composición de proteína cruda, se utilizó la fórmula siguiente:

$$\%Proteína\ total = (V_{muestra} - V_{blanco}) \times N_{ácido} \times 1.4 \frac{F}{G_{muestra}}$$

V_{muestra} = ml de ácido gastado en la valoración de la muestra.

V_{blanco} = ml de ácido gastado en la valoración del blanco.

N_{ácido} = Normalidad del ácido sulfúrico.

0.014 = peso del meq de nitrógeno, en g

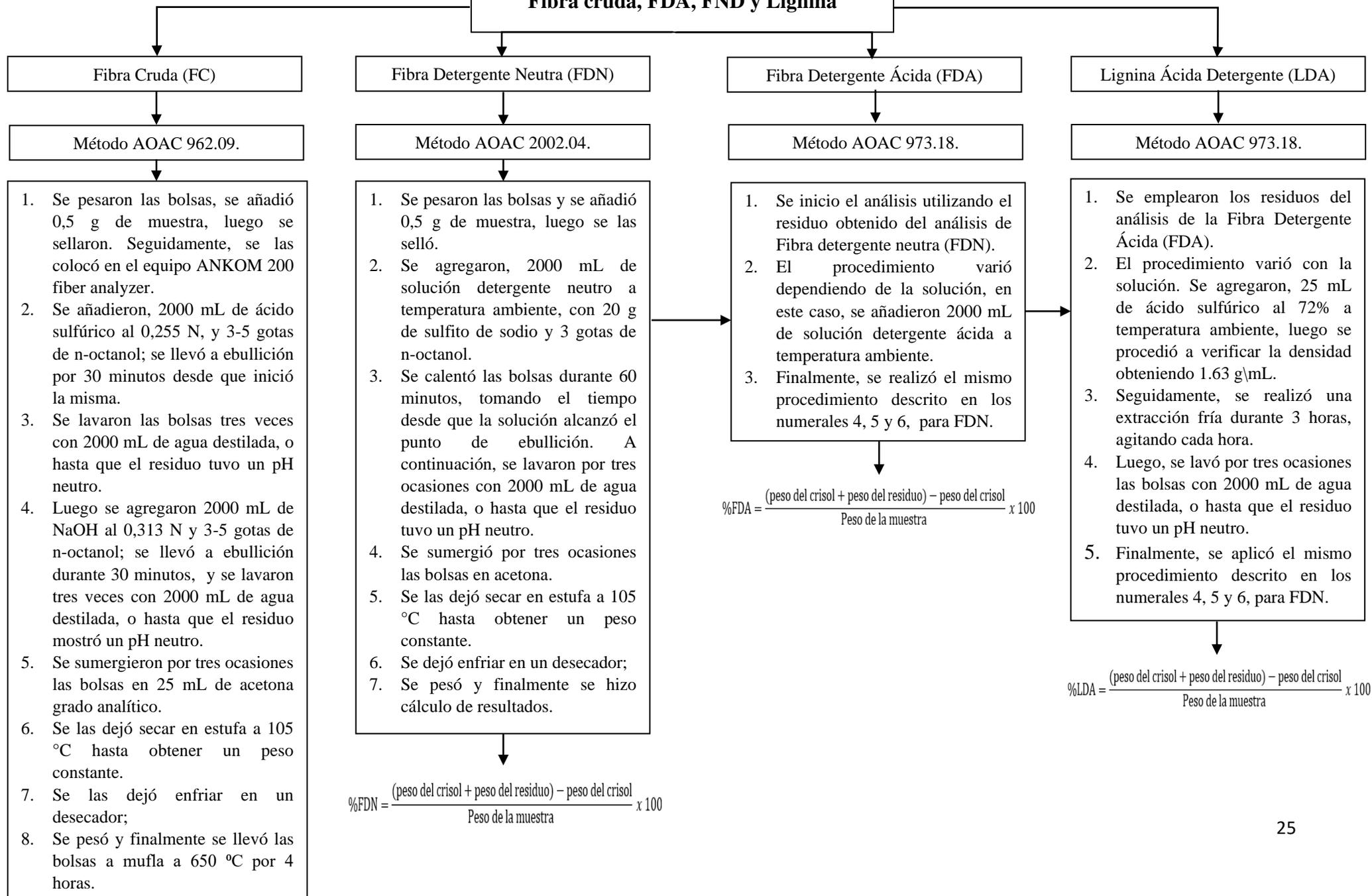
F = factor de conversión de nitrógeno a proteína (6.25).

G_{muestras} = peso en g de la muestra.

5.2.6.3.4. *Fibra cruda (FC), fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA) y lignina ácida detergente (LAD)*

Para el análisis de fibra cruda (FC), fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA) y lignina ácida detergente (LAD), se utilizó las siguientes metodologías:

Fibra cruda, FDA, FND y Lignina



5.2.6.3.5. Extracto etéreo (EE)

Para la determinación del extracto etéreo se empleó el Método AOAC 203.06 (AOAC, 2016). El procedimiento consistió, en primer lugar, en pesar el papel filtro. A este se le añadió 4 g de la muestra. Posteriormente, el papel filtro junto con la muestra fueron introducidos en los dedales de celulosa, a los cuales se los selló con algodón. Del mismo modo, se pesó un balón en el cual se colocó 200 mL de éter de petróleo. Con el equipo de extracción debidamente armado, se inició la extracción de grasa, abriendo el flujo de agua del condensador.

Al finalizar el proceso de la extracción de grasa, se retiraron los balones y los colocó en la Sorbona en donde se hizo la evaporación del solvente sobrante a baja temperatura hasta alcanzar la sequedad aparente. Luego se llevó los balones a la estufa a 130 °C durante 60 minutos para eliminar por completo los restos del solvente y la humedad residual existente. Finalmente, se llevó los balones con grasa al desecador, se dejó enfriar a temperatura ambiente y se pesó. Para el cálculo de la composición en grasa se utilizó la siguiente fórmula:

$$\%Grasa = \frac{\text{peso del matraz con grasa} - \text{peso del matraz vacío}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

5.2.7. Procesamiento y Análisis de la Información

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA), utilizando el paquete estadístico InfoStat versión 2020. En este análisis se consideró como principal factor el tipo de bagazo de malta de cebada obtenido de tres tipos de variedades: negra – Stout, Rubia – IPA y roja – Red Ale. Para realizar las comparaciones entre medidas, se aplicó el test de Tukey. Los p-valores <0,05 fueron considerados como significativos.

5.2.8. Consideraciones Éticas

El presente estudio es de tipo observacional realizado en un subproducto de cerveza, por lo tanto, no se realizó ningún tipo de intervención en animales.

6. Resultados

6.1. Caracterización del Bagazo de Malta de Cebada

El presente trabajo de investigación tuvo la finalidad de aportar información sobre la composición físico-química del bagazo de malta de cebada obtenido de tres variedades de cervezas artesanales: Stout, IPA y Red Ale. Las propiedades físicas del bagazo de malta de cebada determinadas fueron: capacidad de retención de agua (g de agua absorbida/g de fibra), la densidad aparente (kg/m^3) y la humedad (%). Las propiedades químicas que se identificaron fueron: el pH y la acidez. En cuanto a los parámetros químicos que se midieron están: materia seca, ceniza, proteína cruda, fibra cruda, fibra detergente neutra (FDN), fibra ácida detergente (FDA), lignina ácida detergente (LAD), todos ellos expresados en porcentaje. Los resultados obtenidos se detallan en las Tablas 12 y 13.

Tabla 12

Caracterización física del bagazo de malta de cebada de tres variedades de cervezas artesanal en base seca

Análisis	Stout	IPA	Red Ale	C.V.	p-valor
Capacidad de retención de agua (g/g)	1,85	2,67	1,96	16,68	0,0619
Densidad aparente (kg/m^3)	134,14	133,90	134,14	0,70	0,9255
Humedad (%)	32,59	31,27	33,39	15,12	0,8688

CV= Coeficiente de variación, P- valor = Tabla F

Tabla 13

Caracterización química del bagazo de malta de cebada de tres variedades de cervezas artesanal en base seca

Análisis	Stout	IPA	Red Ale	C.V.	p-valor
pH	6,01	5,23	6,07	12,09	0,3247
Acidez (%)	0,04	0,03	0,06	41,08	0,3559
Proteína cruda (%)	20,19	18,13	19,08	18,64	0,7849
Fibra cruda (%)	11,47	10,34	10,62	25,04	0,8701
Fibra detergente neutra (FDN), %	39,36	41,95	39,51	15,61	0,8549
Fibra ácida detergente (FDA), %	16,52	15,16	15,05	24,40	0,8727
Lignina ácida detergente (LDA), %	15,80	14,70	14,11	23,79	0,8426
Extracto etéreo (%)	6,84	9,10	6,21	36,93	0,4437

Ceniza (%)	2,36	2,42	2,92	26,85	0,5858
Materia seca (%)	67,41	68,73	66,61	7,25	0,8688

CV= Coeficiente de variación, P- valor = Tabla F

6.2 Parámetros Físicos y Bromatológicos del Bagazo de Malta de Cebada

El análisis de varianza, ADEVA no mostró significancia estadística ($p \leq 0,05$) en los parámetros físicos de las muestras analizadas (Tabla 12). Así mismo, no se observó significancia estadística ($p \leq 0,05$) en las características químicas estudiadas (Tabla 13).

6.3 Caracterización Física del Bagazo de Malta de Cebada

6.3.1 Capacidad de Retención de Agua

En la Figura 4, se observa que, a pesar de no haber diferencias estadísticas significativas entre las tres variedades de bagazo de malta de cebada, la variedad IPA, exhibió una mayor capacidad de retención de agua con 2,67 g/g, mientras que, la variedad Stout obtuvo el menor valor con 1,85 g/g.

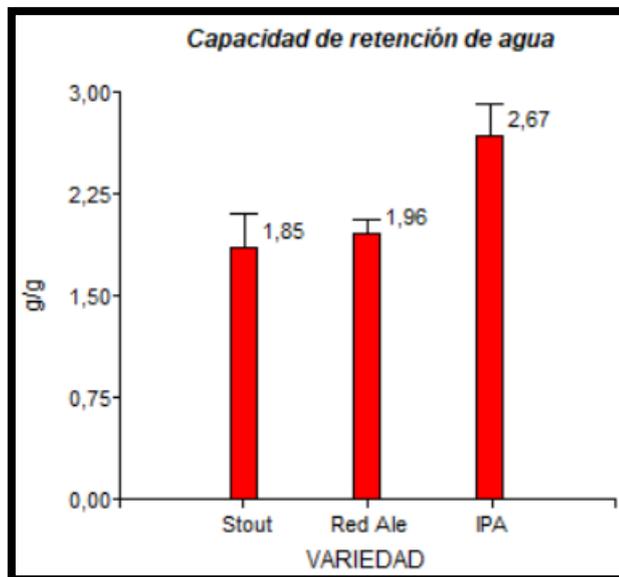


Figura 4. Capacidad de retención de agua de tres variedades de bagazo de malta de cebada

6.3.2 Densidad aparente

La Figura 5 muestra que, a pesar de no existir diferencias estadísticas entre las tres variedades de bagazo de malta de cebada, la variedad Stout mostró una mayor densidad

aparente promedio (134,14 kg/m³), seguida de la variedad IPA (133,90 kg/m³) y finalmente, la variedad Red Ale con (133,86 kg/m³).

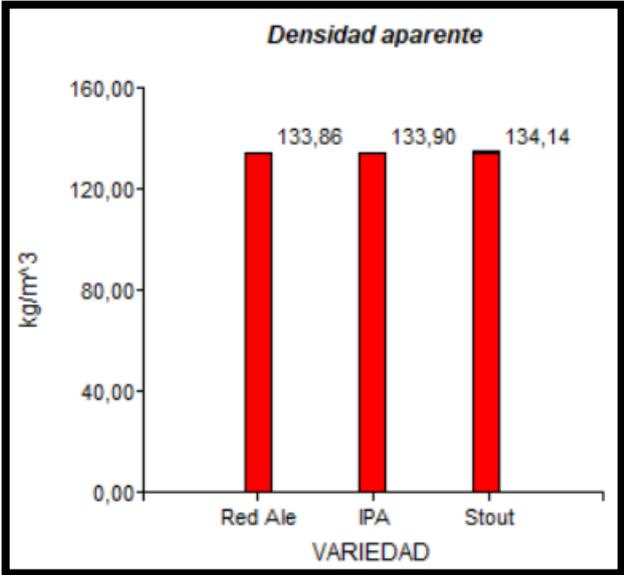


Figura 5. Densidad aparente de tres variedades de bagazo de malta de cebada

6.3.3 Humedad

En cuanto a la humedad (Figura 6), la variedad IPA registró un contenido del 31,27 %, mientras que, la variedad Stout presentó un 32,59 %, y la variedad Red Ale obtuvo el máximo contenido, con 33,39 %.

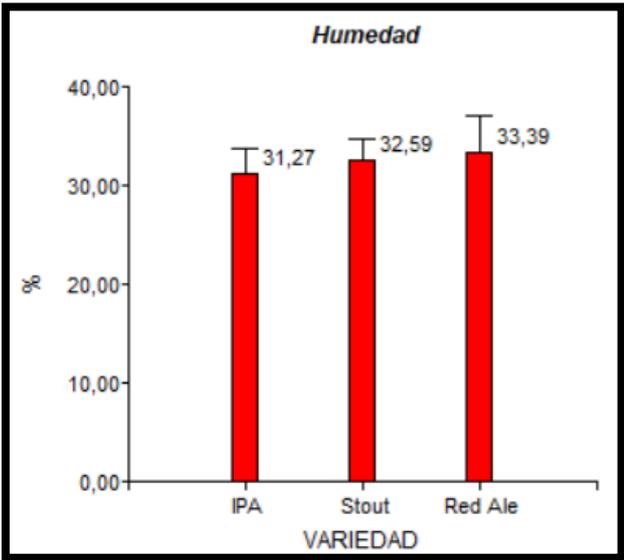


Figura 6. Contenido de humedad de las variedades de bagazo de malta de cebada

6.4 Caracterización Química del Bagazo de Malta de Cebada

6.4.1 pH

En la Figura 7, se evidencia que, a pesar de no haberse detectado diferencia estadística significativa, el pH de la variedad Stout y la variedad Red Ale son similares. Sin embargo, ambas difieren de la variedad IPA, la cual tuvo un menor pH, de 5,23.

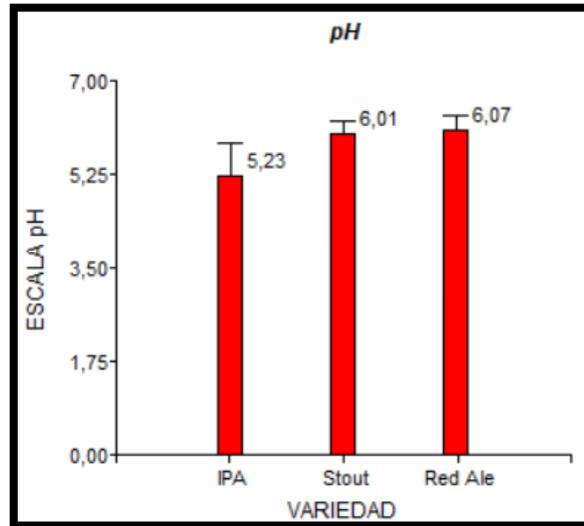


Figura 7. pH de las variedades de bagazo de malta de cebada

6.4.2 Acidez

Como se ilustra en la Figura 8, las variedades IPA y Stout, mostraron valores similares. En cambio, la variedad Red Ale tuvo el mayor promedio de acidez, con un 0,06 %.

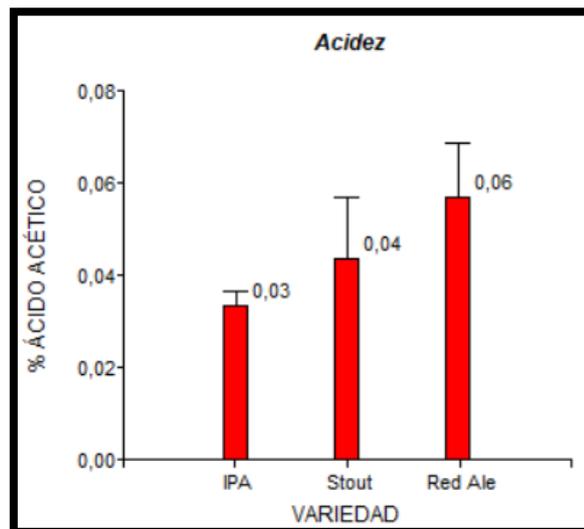


Figura 8. Acidez de tres variedades de bagazo de malta de cebada

6.4.3 Materia Seca

En la Figura 9, se evidencia que las tres variedades difieren numéricamente entre sí; sin embargo, no se detectó diferencia estadística en este parámetro evaluado. La variedad Red Ale, tuvo el menor porcentaje de materia seca promedio, 66,61 %, seguida de la variedad Stout, con un 67,41 %, y la IPA, obtuvo el promedio más elevado, 68,73 %.

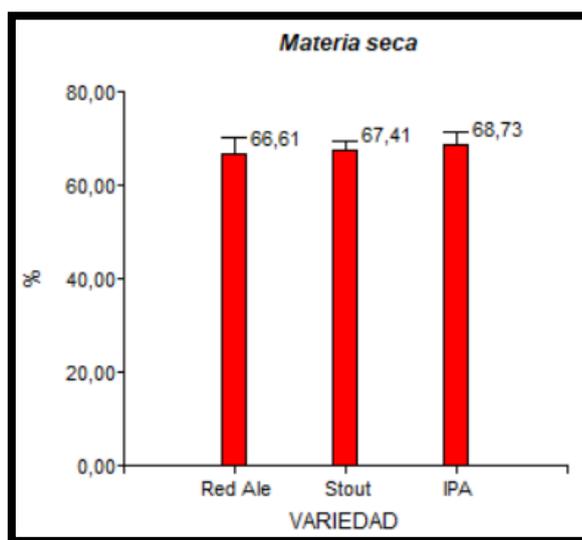


Figura 9. Contenido de materia seca de las variedades de bagazo de malta de cebada

6.4.4 Cenizas

En lo que respecta a la composición de cenizas, no existió diferencia estadística; sin embargo, las variedades Stout e IPA presentaron valores equivalentes: 2,36 % y 2,42 %, respectivamente. Por otro lado, la variedad Red Ale, mostró un contenido promedio de cenizas superior: 2,92 %.

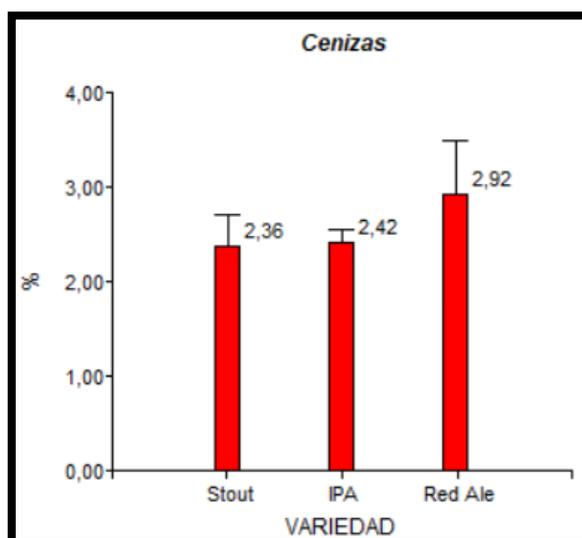


Figura 10. Contenido de cenizas de las variedades de bagazo de malta de cebada

6.4.5 Proteína Cruda

La Figura 11, muestra que el contenido promedio de proteína cruda de las tres variedades de bagazo de malta de cebada difiere entre sí, a pesar de no haber registrado diferencia estadística significativa. La variedad IPA, mostró el menor contenido de proteína cruda promedio, con un 18,13 %, seguida de la variedad Red Ale, con un 19,08 %, mientras que la variedad Stout presentó el promedio más alto, con un 20,19 %.

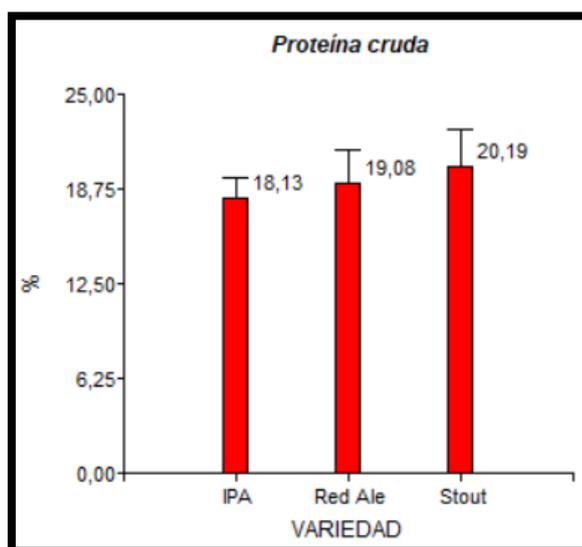


Figura 11. Contenido de proteína cruda de las variedades de bagazo de malta de cebada

6.4.4 Fibra Cruda

En relación con el parámetro fibra cruda, se observa que la variedad IPA tuvo el menor promedio, con un 10,34 %, seguida de la variedad Red Ale, con un 10,62 %; en tanto que, la variedad Stout mostró el contenido promedio más alto, con un 11,47 %. Cabe destacar que no se detectaron diferencias estadísticas significativas entre el contenido de fibra cruda entre las tres variedades.

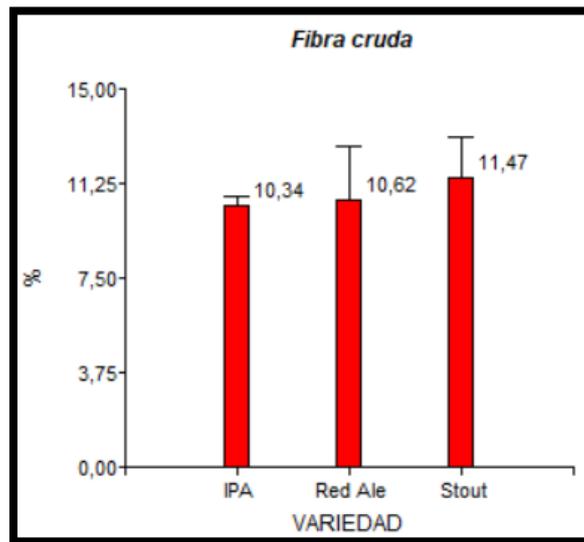


Figura 12. Contenido de fibra cruda de las variedades de bagazo de malta de cebada

6.4.5 Fibra Detergente Neutra (FDN)

Con respecto al parámetro FDN, en la Figura 13, se evidencia que las variedades Stout y Red Ale tuvieron valores cercanos en cuanto a esta, 39,36 % y 39,51 %, respectivamente. En tanto que la variedad IPA, registró el valor promedio más alto: 41,95 %. No existió diferencia estadística significativa entre variedades.

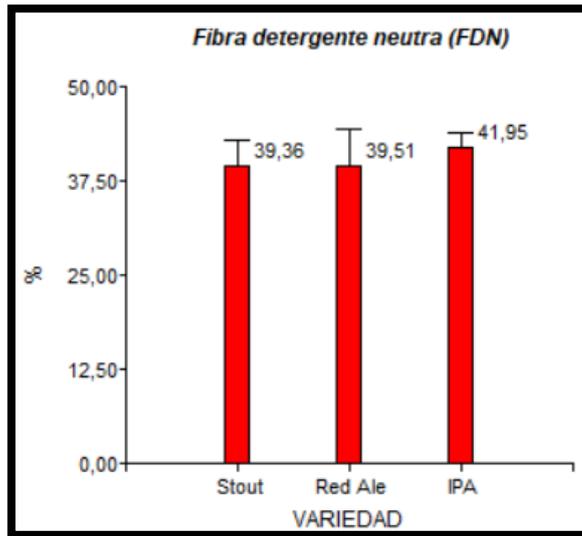


Figura 13. Contenido de fibra detergente neutra de las variedades de bagazo de malta de cebada

6.4.6 Fibra Ácida Detergente (FDA)

Con relación al parámetro FDA, la variedad Red Ale, presentó el menor contenido promedio, con un 15,05 %, seguida de la variedad IPA con 15,16 %, mientras que la variedad Stout presentó el mayor porcentaje, con un 16,52 %.

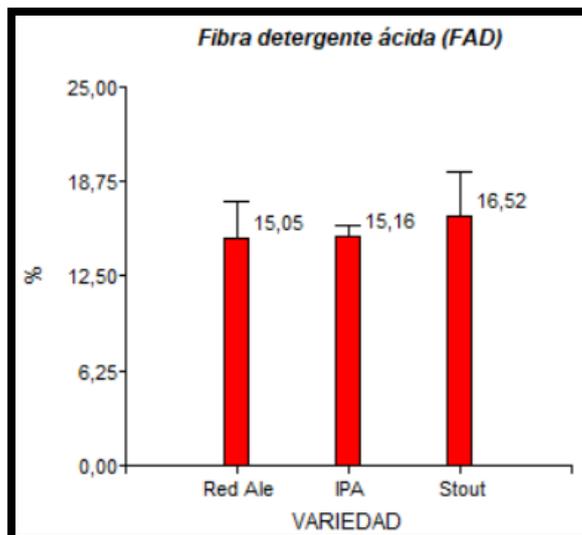


Figura 14. Contenido de fibra detergente ácida de las variedades de bagazo de malta de cebada

6.4.7 Lignina Ácida Detergente (LDA)

Referente al parámetro LDA, en la Figura 15, se visualiza que el contenido promedio de las variedades Red Ale e IPA muestra similitudes, con 14,11 % y 14,70 %, respectivamente. El contenido más alto lo tuvo la variedad Stout con, 15,80 %. No se identificaron diferencias estadísticamente significativas entre la composición de este parámetro de las tres variedades de bagazo de malta de cebada.

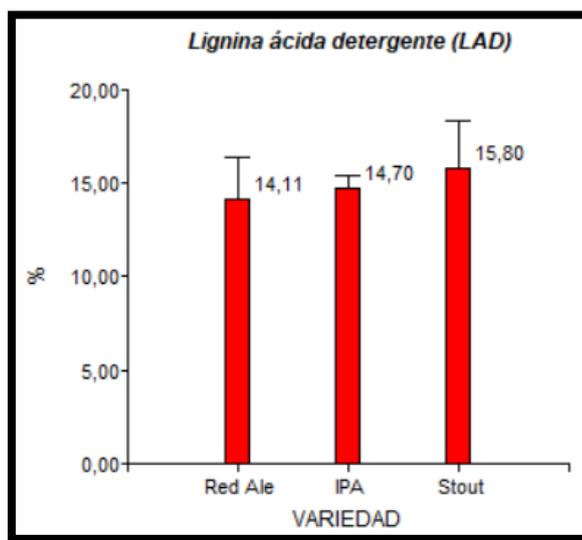


Figura 15. Contenido de lignina ácida detergente de las variedades de bagazo de malta de cebada

6.4.8 Extracto Etéreo

Sobre este parámetro, en la Figura 16, se destaca que las variedades Red Ale y Stout guardan semejanzas, con valores promedio de 6,21 % y 6,84 %, respectivamente. Por su parte, la variedad IPA, tuvo un mayor contenido promedio de extracto etéreo con 9,10 %. No se detectaron diferencias significativas entre las variedades.

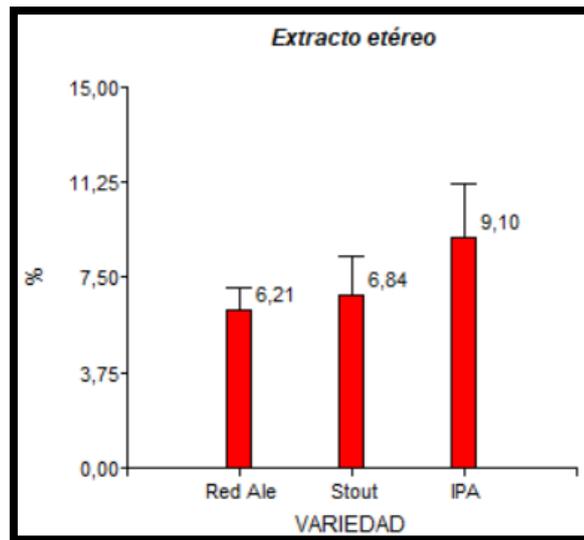


Figura 16. Contenido de extracto etéreo de las variedades de bagazo de malta de cebada

7. Discusión

En el presente estudio se analizaron las propiedades físico-químicas del bagazo de malta de cebada, obtenido de tres variedades de cervezas diferentes, las cuales fueron elaboradas bajo distintos métodos de formulación, propios de cada empresa.

Se debe destacar que la materia prima para la elaboración de la cerveza artesanal, en este caso, la malta de cebada es idéntica para las tres empresas; es decir, posee las mismas propiedades físicas y químicas dentro de su composición. Las empresas locales productoras de la cerveza adquieren la malta proveniente de Alemania al mismo distribuidor, teniendo, por tanto, un punto de referencia homogéneo para el análisis comparativo.

No obstante, a pesar de este hecho los hallazgos del presente estudio revelan coeficientes de variación significativos para la mayoría de los parámetros analizados. La gran variabilidad en el contenido nutricional del bagazo de malta de cerveza es atribuida a varios factores como: la variedad de cebada, el tiempo de cosecha, el tipo de cereal utilizado en el malteado, así como los procesos empleados en la industria cervecera y la calidad y tipo de aditivos utilizados durante el proceso (Trevizan et al., 2021).

En el marco de la presente investigación, es preciso destacar que las muestras de bagazo de malta se obtuvieron sin poder tener acceso detallado del proceso de fabricación ni de las fórmulas específicas de cada cervecería artesanal, debido que es una información confidencial. Por lo que, se puede atribuir a esta situación, tal variación que se ve reflejada en los resultados de los parámetros estudiados y que se analizan a continuación:

Los resultados obtenidos en cuanto a la capacidad de retención de agua en el bagazo de malta de cebada de las tres variedades de cerveza artesanal IPA 2,67 g/g, Red Ale 1,96 g/g y Stout 1,85 g/g, son inferiores, a los reportados por Ktenioudaki et al., (2013), quienes reportaron un valor de 5,07 g/g. Así mismo, el estudio realizado por Naibaho & Korzeniowska, (2021), determinó valores entre 3,055 a 4,346 g/g. Cabe mencionar que, la capacidad de retención de agua varía por los siguientes factores: granulometría, presencia de fibras solubles e insolubles (Córdoba, 2005; Matos-Chamorro & Chambilla-Mamani, 2010; Molina & Martín, 2007). De igual importancia, una mayor capacidad de retención de agua es beneficioso para la inhibición de la sinéresis y para evitar la modificación de la viscosidad y la textura; así mismo, este parámetro está directamente relacionado al contenido de grasa del bagazo (Kieserling et al., 2019).

Los resultados de densidad aparente obtenidos en base seca son inferiores en aproximadamente un 30% a los reportados por Ferrari et al., (2016) quienes encontraron un valor de 190 kg/m^3 . En contraste, los valores de esa variable en la presente investigación son los siguientes: Red Ale $133,86 \text{ kg/m}^3$, IPA $133,90 \text{ kg/m}^3$ y Stout $134,14 \text{ kg/m}^3$. Cabe mencionar que, el valor obtenido por los autores antes citados difiere del estudio realizado, debido a que su investigación se basó con un bagazo de malta de cebada genérico sin hacer una clasificación por variedades; en cambio, con el estudio realizado se consideró el bagazo de malta de cebada de tres variedades de cervezas artesanales Red Ale, IPA y Stout. La densidad aparente se ve afectada por la porosidad del grano (Atáres, 2015). Así mismo, según Ordóñez et al., (2012), la densidad aparente indica la capacidad de almacenamiento y de transporte.

En cuanto al parámetro humedad, los valores obtenidos fueron superiores a los publicados por Medina et al., (2018) los autores evaluaron tres variedades de cerveza artesanal (clara, ámbar y oscura) reportando 13,87 %, 16,83 % y 15,95 %, respectivamente. Mientras que, los resultados obtenidos de las variedades IPA, Red Ale y Stout fueron de 31,27 %, 32,59 % y 33,39 %. La presencia de humedad se encuentra influenciada a factores como la granulometría y la composición química de la cebada (Trevizan et al., 2021). Según Martínez, (2020), se recomienda que la humedad final no supere los 12-15 %. Así mismo, la humedad elevada es un factor que favorece la proliferación de microorganismos reduciendo la vida útil de la materia prima (Da Silva et al., 2019).

En el análisis de pH, los resultados de esta investigación (IPA 5,23 %; Red Ale 6,07 % y Stout 6,01 %), muestran similitud con el estudio de Melo et al., (2016), quienes reportan un valor $5,86 \pm 0,04$. De igual manera, los resultados muestran rangos equiparables con el estudio de Ceccato, (2019), que obtuvo un valor de $5,70 \pm 0,0458$. En contraste, el estudio de Silva Rêgo & Giovanni Leite de Brito, (2021), determinó un valor de $5,11 \pm 0,03$ y el de Tombini et al., (2023) de $4,36 \pm 0,06$. Conviene resaltar el tratamiento del agua y aditivos utilizados en el proceso de elaboración de la cerveza pueden incidir en las variaciones del pH (Tombini et al., 2023). Palmer & Kaminski, (1963), mencionan que el pH de las maltas bases en la etapa del macerado tiene un rango de 5,6 a 6. El pH determina la actividad enzimática y deterioro de la materia prima debido al crecimiento de los microorganismos (Cecchi, 2003).

La acidez del bagazo de malta de cebada de las tres variedades fue de: IPA 0,03 %, Red Ale 0,06 % y Stout 0,04 %, siendo inferiores a los encontrados en el estudio de Tombini

et al., (2023), quienes determinaron un valor de $5,08 \pm 0,34$ %. En el estudio de Ceccato, (2019), se obtuvo un valor de $2,43 \pm 0,38$ % en las muestras provenientes de un solo tipo de bagazo de malta de cebada. La variabilidad de los resultados de la acidez se encuentra influenciada por el pH del agua durante la etapa del macerado y la presencia de ácidos fenólicos (Kunze et al., 2019). De igual importancia, la acidez incide sobre la estabilidad y deterioro del alimento, presumiendo que el alimento con mayor presencia de ácido es más estable en términos de deterioros (Cecchi, 2003).

Los valores de materia seca encontrados (IPA 68,73 %, Red Ale 66,61 % y Stout 67,41 %) son inferiores a los que reportan Medina et al., (2018), quienes evaluaron tres variedades de cerveza: clara, ámbar y oscura con 86,13 %, 83,17 % y 84,45 %, respectivamente. En contraste, son superiores a los obtenidos en el estudio de Torres & Gorozabel, (2022), donde determinaron los siguientes 35,26 %, 31,84 % y 36,99 % para las variedades Stout – negra, Imperial – rubia y Guayacán – roja, en su orden. La presencia de materia seca dependerá del contenido de humedad del cereal y los factores que afectan a la misma. El estudio de esta variable es importante debido que, el bagazo de malta de cebada al tener un contenido de humedad que varía del 77 al 80 %, requiere ser sometido a un proceso de secado para reducir el contenido de agua y mejorar sus propiedades como fuente energética (de Blas et al., 2019; Medina et al., 2018). Así mismo, un valor elevado de materia seca garantiza la concentración de nutrientes, facilita el almacenamiento, estabilidad y vida útil de la materia prima y por ende, su uso potencial en la alimentación animal, producción de biocombustibles y como sustratos para procesos de fermentación (Lock et al., 2023).

En el presente estudio, los valores de cenizas del bagazo de malta obtenidos de las tres variedades de cerveza (2,42 %, 2,92 % y 2,36 %, IPA, Red Ale y Stout, respectivamente), muestran semejanza con el estudio de Medina et al., (2018), quienes reportaron porcentajes de 2,37, 2,69 y 2,24 para las variedades clara, ámbar y negra, en ese orden. En contraste, la composición en cenizas de las muestras analizadas en el presente estudio es superior a las registrada por Torres & Gorozabel, (2022), 0,98 %, 0,94 % y 1,13 % para las variedades Stout – negra, Imperial – rubia y Guayacán – roja, respectivamente. Es de importancia mencionar que, los estudios citados utilizaron el bagazo de malta de cebada recolectado en la etapa de maceración, mientras que, las muestras utilizadas en la presente investigación fueron obtenidas en la etapa de filtración. Así mismo, la variación en la composición de cenizas va a depender de la fertilización de la planta (John L. Havlin., 2016) La presencia de alto

contenido de cenizas indican mayor concentración de sales minerales entre ellas, los macroelementos como magnesio y calcio, junto con oligoelementos como zinc y hierro (Adewusi & Ilori, 1994). Los minerales contribuyen con elementos para el funcionamiento del organismo, indispensables para el mantenimiento de la salud y desarrollo del este (Alvarenga Rocha et al., 2012).

El contenido de proteína presente en las muestras de bagazo de malta (IPA 18,13 %, Red Ale 19,08 % y Stout 20,19 %), fue superior a los valores encontrados por Medina et al., (2018), para las variedades: clara 10,91 %, ámbar, 10,90 % y oscura 10,93 %. Mientras que, Torres & Gorozabel, (2022), determinaron los siguientes resultados para el bagazo obtenido de las variedades de cerveza: Stout - negra 5,23%, Imperial - rubia 4,63% y Guayacán – roja 4,51%. La diferencia de los resultados se puede atribuir a la calidad del grano y, a los componentes y aditivos empleados en el procedimiento de elaboración de la cerveza (Trevizan et al., 2021). La determinación del contenido proteico es de fundamental importancia debido a que aporta aminoácidos esenciales, ayuda al mantenimiento de tejidos, células y características del cuerpo (Saha & Pathak, 2021). Desde el punto de vista económico, la proteína se considera el nutriente con un costo más elevado tanto en la alimentación humana como animal, es por ello, que se buscan fuentes proteicas alternativas como los subproductos agroindustriales (Torres & Gorozabel, 2022). En consecuencia, el bagazo de malta de cebada, al presentar valores superiores al 18 %, puede ser considerado como un ingrediente en las dietas de animales.

La composición en fibra (IPA 10,34 %, Red Ale 10,62 % y Stout 11,47 %) es superior a la que reportan Medina et al., (2018), quienes evaluaron tres variedades de cerveza, y determinaron valores de: 4,93 %, 4,91 % y 4,89 % para las cervezas clara, ámbar y oscura, respectivamente. En contraste, Torres & Gorozabel, (2022), encontraron una composición de: 3,27 %, 3,65 % y 4,45 % para las variedades Stout – negra, Imperial – rubia y Guayacán – roja, respectivamente. Es de importancia mencionar que, los estudios citados utilizaron el bagazo de malta de cebada recolectado en la etapa de maceración, mientras que, las muestras utilizadas en la presente investigación fueron obtenidas en la etapa de filtración. Desde el punto de vista nutricional, la fibra posee atributos físicos-químicos que se relacionan con los procesos mecánicos de la digestión y con la degradación enzimática asociada a la fermentación (Banakar et al., 2018). Es por ello, que la presencia de fibra cruda para animales rumiantes estimula la rumia, motilidad y salud del rumen (Hernández, 2010). Desde la

perspectiva económica, la utilización de subproductos y residuos agrícolas que aportan fibra y otros nutrientes ayudan a disminuir los costos de producción (Vera et al., 2021).

La composición en fibra detergente neutra del bagazo de malta de cebada de las tres variedades se determinó en: IPA 41,95 %, Red Ale 39,51 % y Stout 39,36 %, siendo inferiores al hallado por Calcaterra, (2021), quien informa un valor de fibra detergente neutra de 56 %. En contraste, de Blas et al., (2019), determinaron una mayor composición promedio, de 48,9 %. Es importante destacar que, los dos estudios fueron sobre bagazo de malta de cebada sin considerar las diferentes variedades de cerveza producida. La FDN, es la fracción menos digestible de la fibra y se encuentra relacionada con el pH ruminal por su fermentación lenta. Los niveles de inclusión recomendados para bovinos varían entre 25 a 33 % de FDN para estimular la masticación y producción de saliva (Keim, 2013).

Los análisis de fibra detergente ácida en esta investigación arrojaron los siguientes valores: IPA 15,16 %, Red Ale 15,05 % y Stout 16,52 % y son inferiores a los que reporta Calcaterra, (2021), quien obtuvo un 43 %. En contraste, en el estudio desarrollado por de Blas et al., (2019), encontraron un valor de 20,5 %. Es pertinente resaltar que, los estudios se basaron en un bagazo de malta de cebada genérico, sin hacer una clasificación por variedades de cerveza. La fibra detergente ácida se encuentra asociada con la degradabilidad y digestibilidad del alimento (Obregón-Cano et al., 2019). Por lo cual, un mayor contenido de FAD causa un efecto negativo al disminuir la digestibilidad de los nutrientes de la dieta; así mismo, los forrajes con bajas concentraciones de FDA presentan generalmente altos contenidos de energía (Kurepin, 2022). Los niveles de inclusión recomendados para bovinos varían entre 25 a 35 % de FDA y en ovinos entre 18 a 21 % FDA (Calsamiglia et al., 2009)

Los niveles de LAD obtenidos: Red Ale 14,11 %, IPA 14,70 % y Stout 15,80 % son superiores a los que reporta Calcaterra, (2021), quien encontró un valor de 5 %; y, se encuentran, con valores medios, dentro del rango determinado por Pantoja, (2020), 8 a 28 %; e inferiores a los comunicados por Teixeira et al., (2018), de 19 a 28 %. Esos autores realizaron los análisis en bagazo de malta de cebada genérico, sin discriminar la variedad de cerveza producida. La lignina interfiere en la digestibilidad produciendo un efecto negativo directo sobre la digestión total y a su vez, tiene un efecto negativo indirecto limitando el acceso de las bacterias a las zonas degradables de la fibra, lo cual como consecuencia, reducirá la disponibilidad de nutrientes para el organismo del animal (Bach & Calsamiglia, 2006; Saha & Pathak, 2021).

El análisis de extracto etéreo en este estudio reveló los siguientes niveles: 9,10 %, 6,21 % y 6,84 %, en las variedades de cerveza artesanal IPA, Red Ale y Stout, respectivamente, mismos que son más altos a los obtenidos por Medina et al., (2018), quienes reportaron valores de 1,94 %, 1,82 % y 2,22 % para las variedades clara, ámbar y negra, en ese orden. Cabe mencionar que el contenido en, extracto etéreo puede diferir debido a la variedad de cebada, el tiempo de cosecha y el proceso empleado por la industria cervecera (Trevizan et al., 2021). Los niveles altos de extracto etéreo aumentan el valor calórico del alimento, y también la probabilidad de causar oxidación de los alimentos, pudiendo incluso, alterar los atributos sensoriales (Rigo et al., 2017).

8. Conclusiones

Al término del presente trabajo de investigación, se arribó a las siguientes conclusiones:

- La capacidad de retención de agua de las muestras de bagazo de malta de cebada obtenidas de tres tipos de cerveza artesanal, varió entre 1,85 a 2,67 g/g, siendo la más alta en la variedad IPA.
- La densidad aparente del bagazo de malta de cebada de los tres tipos de cerveza artesanal estudiados se ubicó entre 133,86 y 134,14 kg/m³ no existiendo diferencia estadística entre ellos.
- En cuanto a la composición química de los subproductos de la industria cervecera analizados, el del tipo de cerveza Stout, sobresale por tener el contenido más alto en proteína bruta, fibra cruda, FAD; sin embargo, supera a los otros subproductos analizados en su composición en LAD. Los residuos del procesamiento del tipo de cerveza IPA, se destacan por su mayor contenido en materia seca, FDN, FAD; no obstante, su desventaja radica en que exhibe el mayor contenido de extracto etéreo. El residuo del tipo de cerveza Red Ale, contiene los menores niveles de FAD , LAD y extracto etéreo.
- El análisis físico-químico del bagazo obtenido de distintas variedades de cervezas artesanales producidas en el cantón Loja, permite identificar las variaciones en su composición nutricional, lo que posibilitaría seleccionar la variedad más adecuada según los requerimientos nutricionales específicos de los animales, contribuir a maximizar el aprovechamiento de este subproducto agroindustrial como fuente de nutrientes nutricional y económicamente viable para la formulación de alimentos balanceados.

9. Recomendaciones

Teniendo como base los resultados y las conclusiones, se proponen las siguientes recomendaciones:

- Estudiar el efecto la inclusión del bagazo de malta de cebada de la variedad Stout, en diferentes niveles en las dietas para animales, sobre los parámetros productivos.
- Analizar la factibilidad técnica y económica del uso del bagazo de malta de cebada variedad Stout como reemplazo parcial de otros ingredientes tradicionales en alimentos balanceados para animales, particularmente por su alto contenido proteico.
- Realizar estudios para evaluar la digestibilidad y palatabilidad del bagazo de malta de cebada provenientes de la variedad Stout, en diferentes especies de animales.

10. Bibliografía

- Adewusi, S., & Ilori, M. (1994). Nutritional evaluation of spent grains from sorghum malts and maize grit. In *Plant Foods for Human Nutrition* (Vol. 46). <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/BF01088460>
- Aguiar, S., Arboleda, L., & Uvidia, H. (2021). Aprovechamiento de residuos agroindustriales como alternativa en el mejoramiento de la calidad del ambiente. *Revista de Investigación En Ciencia Agronómica y Veterinarias*, 5, 649–660. <https://doi.org/https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v5i15.145>
- Alvarenga Rocha, D., Maria Patto Abreu, C. DE, Vicente Sousa, R. DE, & Duarte Corrêa, A. (2012). Método de obtenção e análise da composição centesimal do polvilho da fruta-de-lobo (*Solanum lycocarpum* ST. HIL) 1 obtaining method and analysis of the centesimal composition of fruit-of-wolf (*Solanum lycocarpum* ST. HIL) flour. In *Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal-SP*.
- Amang, J., Mbang, A., Owino, J., Kones, J., Meffeja, F., & Dibog, & L. (2007). Evaluation of Ensiled Brewer's Grain in the Diet of Piglets by One Way Multiple Analysis of Variance, MANOVA. <http://www.tropicultura.org/text/v25n1/21.pdf>
- American Association of Cereal Chemists. (2009). *Approved methods of the American Association of Cereal Chemists* (11 th ed). AACC.
- Anfossi, L., Giovannoli, C., & Baggiani, C. (2016). Mycotoxin detection. In *Current Opinion in Biotechnology* (Vol. 37, pp. 120–126). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2015.11.005>
- AOAC. (2016). *Official Methods of Analysis of AOAC International*. 18th Edition, Volume II. Editors: William Horwitz and George W. Latimer, Jr. Maryland, U.S.A.
- Asociación de cervecías del Ecuador, ASOCERV. (2022). *Volumen de cerveza en Ecuador 2022*. Asocerv. <https://asocerv.beer/asocerv>
- Atáres, L. (2015). Determinación de la porosidad. <https://riunet.upv.es/handle/10251/52102>
- Bach, À., & Calsamiglia, S. (2006). La fibra en los rumiantes ¿Química o física? https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/100-fibra_en_rumiantes.pdf
- Baiano, A. (2020). Craft beer: An overview. In *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* (Vol. 20, Issue 2, pp. 1829–1856). Blackwell Publishing Inc. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12693>
- Baik, B. K., & Ullrich, S. E. (2008). Barley for food: Characteristics, improvement, and renewed interest. In *Journal of Cereal Science* (Vol. 48, Issue 2, pp. 233–242). <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2008.02.002>
- Balli, D., Bellumori, M., Orlandini, S., Cecchi, L., Mani, E., Pieraccini, G., Mulinacci, N., & Innocenti, M. (2020). Optimized hydrolytic methods by response surface methodology to accurately estimate the phenols in cereal by HPLC-DAD: The case of millet. *Food Chemistry*, 303. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125393>
- Banakar, P., Anand, N., Shashank, C., & Lakhani, N. (2018). Physically effective fibre in ruminant nutrition: A review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(4), 303–308.
- Barth, R. (2013). *The chemistry of beer*. The Science in the in the Suds (1st ed.).

- Brewer Association. (2020). Craft Brewer definition. Brewers Association. <https://www.brewersassociation.org/statistics-and-data/craft-brewer-definition/>
- Calagione, S. (2006). *Extreme Brewing: An Enthusiast's Guide to Brewing Craft Beer at Home*.
- Calcaterra, F. (2021). Utilización del bagazo de la industria artesanal de cerveza en alimentación caprina. Evaluación de parámetros ruminales y digestibilidad del tracto total. http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/127730/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Canseco, C., Demanet, R., Balocchi, O., Parga, J., Anwandter, V., Abarzúa, A., Teuber, N., & Lopetegui, J. (2007). Determinación de la disponibilidad de materia seca de praderas en pastoreo. *Imprenta América*, 23–23. <https://www.researchgate.net/publication/281041644>
- Casallas, O. (2014). Identificación y evaluación de especies forrajeras provisorias integradas a sistemas de producción animal. <https://ciencia.lasalle.edu.co/zootecnia>
- Castillo, F., Rodríguez, R., Prieto, F., & Román, A. (2012). Características física y química proximal de paja, grano y almidón de cebada de la variedad esmeralda. *BioTecnología*, 3, 16–16. https://smbb.mx/wp-content/uploads/2017/10/Revista_2012_V16_N3.pdf
- Ceccato, B. (2019). Modelagem da cinética de secagem e caracterização físico-química do bagaço de malte da produção de cerveja artesanal [Universidade Tecnológica Federal do Paraná]. https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/11554/1/FB_COENQ_2019_1_06.pdf
- Cecchi, H. M. (2003). *Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos*. Editora da UNICAMP.
- Córdoba, A. (2005). Caracterización de propiedades relacionadas con la textura de suspensiones de fibras alimentarias. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/1900/tesisUPV2296.pdf?isAllowed=y&sequence=1>
- Da Silva, I. G., De Andrade, A. P. C., Da Silva, L. M. R., & Gomes, D. S. (2019). Elaboration and sensory analysis of cookies made from avocado lump flour. *Brazilian Journal of Food Technology*, 22. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.20918>
- de Blas, C., García-Rebollar, P., Gorrachategui, M., & Mateor, G. (2019). *Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos (4th ed.)*. 2019. <https://www.fundacionfedna.org/tablas-fedna-composicion-alimentos-valor-nutritivo>
- DePeters, E. J., Fadel, J. G., Arana, M. J., Ohanesian, N., Etchebarne, M. A., Hamilton, C. A., Hinders, R. G., Maloney, M. D., Old, C. A., Riordan, T. J., Perez-Monti, H., & Pareas, J. W. (2000). Variability in the Chemical Composition of Seventeen Selected By-Product Feedstuffs Used by the California Dairy Industry. *Professional Animal Scientist*, 16(2), 69–99. [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)31670-3](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)31670-3)
- Duarte-Vogel, S., & Villamil-Jiménez, L. C. (2006). Micotoxinas en la Salud Pública Ensayo/Essay. *In Rev. salud pública. Sup (Vol. 8, Issue 1)*.
- Elizondo-Salazar, J. A. (2020). Estimación del suministro de proteína metabolizable en una ración para ganado de leche. *Nutrición Animal Tropical*, 14(2), 85–100. <https://doi.org/10.15517/nat.v14i2.44256>
- Fărcaș, A., Tofană, M., Socaci, S., Mudura, E., Scrob, S., Salanță, L., & Mureșan, V. (2014). Brewers' spent grain-A new potential ingredient for functional foods (Vol. 20, Issue 2). https://www.researchgate.net/publication/279199267_Brewers'_spent_grain-A_new_potential_ingredient_for_functional_foods

- Ferrari, J., Villagra, S., Claps, L., & Tittone, P. (2016). Reutilización de bagazo de cebada cervecera por secado y pelletización como suplemento forrajero. <https://www.researchgate.net/publication/332332753>
- Fix, G. (1989). Principles of brewing science: A study of serious brewing issues. Brewers Publications.
- García Ochoa, Omar Eduardo, Infante, Ramón Benito, & Rivera, Carlos Julio. (2008). Hacia una definición de fibra alimentaria. *Anales Venezolanos de Nutrición*, 21(1), 25-30. Recuperado en 19 de febrero de 2024, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-07522008000100005&lng=es&tlng=es.
- Gobierno Autónomo Municipal de Loja. (2023a). Ubicación geográfica cantón Loja. Ubicación geográfica. <https://www.loja.gob.ec/contenido/ubicacion-geografica>
- Gobierno Autónomo Municipal de Loja. (2023b). Ubicación geográfica de la parroquia de Malacatos. Ubicación geográfica. <https://www.loja.gob.ec/contenido/malacatos>
- González, B. (2018). Plan de negocio de una fábrica de cerveza artesanal [Universidad Politécnica de Madrid]. https://oa.upm.es/49755/1/TFG_BORJA_GONZALEZ_SANZ.pdf
- Gupta, M., Abu-Ghannam, N., & Gallagher, E. (2010). Barley for Brewing: Characteristic Changes during Malting, Brewing and Applications of its By-Products. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2010.00112.x>
- Hernández, S. (2010). Importancia de la fibra en la alimentación de los bovinos. http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/bitstream/handle/DGB_UMICH/12892/FMVZ-L-2010-0438.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Hertrich J (2013) Topics in brewing: malting barley. *MBAA TQ* 50(1): 29–41. <https://doi.org/10.1094/TQ-50-1-0331-01>
- Holopainen, U. R. M., Pihlava, J. M., Serenius, M., Hietaniemi, V., Wilhelmson, A., Poutanen, K., & Lehtinen, P. (2014). Milling, water uptake, and modification properties of different barley (*Hordeum vulgare* L.) lots in relation to grain composition and structure. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(35), 8875–8882. <https://doi.org/10.1021/jf500857e>
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. (2013). Manual de buenas prácticas en poscosecha de granos (B. Abadía & R. Bartosik, Eds.; 1ra ed.). 2013.
- John L. Havlin. (2016). Soil Fertility and Fertilizers. Pearson India.
- Jurado, S. (2018). Aprovechamiento del bagazo de malta de cebada como insumo en la elaboración de una barra de cereales alta en fibra. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7888/1/03%20EIA%20450%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- Keim, J. (2013). fibra en la dieta de vacas lecheras a pastoreo. <https://ganaderiasos.com/wp-content/uploads/2016/08/fibra-en-la-dieta-de-vacas-lecheras-a-pastoreo.pdf>
- Kieserling, K., Vu, T. M., Drusch, S., & Schalow, S. (2019). Impact of pectin-rich orange fibre on gel characteristics and sensory properties in lactic acid fermented yoghurt. *Food Hydrocolloids*, 94, 152–163. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.02.051>
- Kok, Y. J., Ye, L., Muller, J., Ow, D. S. W., & Bi, X. (2019). Brewing with malted barley or raw barley: what makes the difference in the processes? In *Applied Microbiology and Biotechnology* (Vol. 103, Issue 3, pp. 1059–1067). Springer Verlag. <https://doi.org/10.1007/s00253-018-9537-9>

- Ktenioudaki, A., O'Shea, N., & Gallagher, E. (2013). Rheological properties of wheat dough supplemented with functional by-products of food processing: Brewer's spent grain and apple pomace. *Journal of Food Engineering*, 116(2), 362–368. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.12.005>
- Kunze W, Hendel O, Versuchs U. Lehranstalt Für Brauerei Abt. Verlag (2019) Technology brewing and malting. Editorial: Berlin Vlb Berlin
- Kurepin, A. (2022). Effect of different contents of neutral detergent and acid detergent fiber in the diet of animals during the first phase of lactation on ruminal digestion. *Zootechnical Science of Belarus*, 57(1), 258–266. <https://doi.org/10.47612/0134-9732-2022-57-1-258-266>
- Martín, P. (2018). Análisis de la molienda de la malta de cebada y efectos en el rendimiento del macerado [Universidad de Sevilla]. <https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/20537/fichero/PFC-537-MARTIN.pdf>
- Martinez, J. (2020). Producción de Harina de Bagazo a partir de un residuo de la industria cervecera. <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/17114/Producci%20de%20Harina%20de%20bagazo%20a%20partir%20de%20un%20residuo%20de%20la%20industria%20cervecera.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Matos-chamorro, alfredo, & Chambilla-Mamani, E. (2010). Importancia de la fibra dietética, sus propiedades funcionales en la alimentación humana y en la industria alimentaria. *Revista de Investigación En Ciencias y Tecnología de Alimentos.*, 1.
- Medina, T., Arroyo, G., Herrera, C., Mexicano, L., & Mexicano, A. (2018). Análisis químico proximal en residuos sólidos de cerveza artesanal y su aceptación en cerdas. *Abanico Veterinario*, 8(3), 86–93. <https://doi.org/10.21929/abavet2018.83.6>
- Melo, A., Manfio, M., & Severo da Rosa, C. (2016). Composição e propriedades tecnológicas da farinha do resíduo da fermentação da cerveja. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, 18(1), 91–95.
- Molina, M., & Martín, Á. (2007). La fibra dietética procesada como alimento funcional. <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-articulo-la-fibra-dietetica-procesada-como-13097333>
- Mosher, M., & Trantham, K. (2017). *Brewing Science: A Multidisciplinary Approach* (2nd ed.). 2016. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-030-73419-0>
- Mosher, R. (2009). *Tasting Beer: An Insider's Guide to the World's Greatest Drink*.
- Mussatto, S. I., Dragone, G., & Roberto, I. C. (2006). Brewers' spent grain: Generation, characteristics and potential applications. In *Journal of Cereal Science* (Vol. 43, Issue 1, pp. 1–14). <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2005.06.001>
- Naibaho, J., & Korzeniowska, M. (2021). The variability of physico-chemical properties of brewery spent grain from 8 different breweries. *Heliyon*, 7(3). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06583>
- Niemi, P., Tamminen, T., Smeds, A., Viljanen, K., Ohra-Aho, T., Holopainen-Mantila, U., Faulds, C. B., Poutanen, K., & Buchert, J. (2012). Characterization of lipids and lignans in brewer's spent grain and its enzymatically extracted fraction. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(39), 9910–9917. <https://doi.org/10.1021/jf302684x>
- Nigam, P. S. (2017). An overview: Recycling of solid barley waste generated as a by-product in distillery and brewery. In *Waste Management* (Vol. 62, pp. 255–261). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.02.018>

- Núñez, O. (2017). Los costos de la alimentación en la producción pecuaria. *Journal of the Selva Andina Animal Science*, 4(2), 93–94. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2311-25812017000200001
- Obregón-Cano, S., Moreno-Rojas, R., Jurado-Millán, A. M., Cartea-González, M. E., & De Haro-Bailón, A. (2019). Analysis of the acid detergent fibre content in turnip greens and turnip tops (*Brassica rapa* L. SubSp. *Rapa*) by means of near-infrared reflectance. *Foods*, 8(9). <https://doi.org/10.3390/foods8090364>
- Ohra-Aho, T., Niemi, P., Aura, A. M., Orlandi, M., Poutanen, K., Buchert, J., & Tamminen, T. (2016). Structure of Brewer's Spent Grain Lignin and Its Interactions with Gut Microbiota in Vitro. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64(4), 812–820. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b05535>
- Ordóñez, M. R., Gely, M. C., & Pagano, A. M. (2012). Estudio de las propiedades físicas y de la cinética de secado de granos de maíz colorado duro study on physical properties and the kinetics drying of hard-red corn grains. In *Av. cien. ing* (Vol. 3, Issue 3). Julio/Septiembre. http://www.exeedu.com/publishing.cl/av_cienc_ing/153
- Palmer, J., & Kaminski, C. (1963). *A Comprehensive Guide for Brewers*.
- Pantoja, G. (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. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10119/2/03%20EIA%20497%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- Parpinelli, W., Cella, P. S., Eyng, C., Broch, J., Savaris, V. D. L., Santos, E. C., Avila, A. S., & Nunes, R. V. (2020). Impact of dried brewers' grains supplementation on performance, metabolism and meat quality of broiler chickens. *South African Journal of Animal Science*, 50(2), 186–195. <https://doi.org/10.4314/SAJAS.V50I2.2>
- Pérez, R. (2021). Industria cervecera artesanal en Quito y la transformación de bagazo de la cerveza en harina. *Conectividad*, 2 (1), 57–70. <https://revista.ister.edu.ec/ojs/index.php/ISTER/article/view/21/37>
- Real Academia Española. (2022). pH. En *Diccionario de la lengua española*. Recuperado en 26 de noviembre de 2023, de <https://dle.rae.es/pH?m=form>
- Real Academia Española. (2022). acidez. En *Diccionario de la lengua española*. Recuperado en 26 de noviembre de 2023, de <https://dle.rae.es/acidez>
- Rigo, M., Bezerra, J. R. M. V., Rodrigues, D. D., & Teixeira, Â. M. (2017). Physical-chemical and sensory characterization of cookies added with brewer's spent grain flour as fiber supply. *Ambiência*, 13(1). <https://doi.org/10.5935/ambiencia.2017.01.03>
- Saha, S. K., & Pathak, N. N. (2021). *Fundamentals of Animal Nutrition*. In *Fundamentals of Animal Nutrition*. Springer Singapore. <https://doi.org/10.1007/978-981-15-9125-9>
- Silva Rêgo, P., & Giovanni Leite de Brito, J. (2021). Produção E Caracterização De Farinha De Bagaço De Malte A Partir De Resíduo Cervejeiro. *Revista Brasileira de Agrotecnologia*, 11(2), 958–963. <https://doi.org/10.18378/rebagro.v12i2.8964>
- Strong, G., & England, K. (2021). *Beer Judge Certification Program*. www.bjcp.org
- Takahashi, T., Fujii, T., & Yasuoka, Y. (2004). Estimation and comparison of acid detergent lignin and acetyl bromide lignin in fallen leaves using near-infrared spectroscopy. *International Journal of Remote Sensing*, 25(24), 5585–5600. <https://doi.org/10.1080/01431160410001735102>

- Teixeira, Â. M., Sékula, N., Muller, B., Bezerra, J. R. M. V., & Rigo, M. (2018). Avaliação físico-química e sensorial de pães com diferentes proporções de farinha de bagaço de malte de cevada como fonte de fibra. *Ambiência*, 14(3). <https://doi.org/10.5935/ambiencia.2018.03.01>
- Tombini, C., De Vargas, P. F., Feltes, M. M. C., Lajús, C. R., De Mello, J. M. M., & Dalcanton, F. (2023). Centesimal, Physico-Chemical, Bioactive and Microbiological Characterization of Pilsen-Type Malt Bagasse. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, 18(1), e04391. <https://doi.org/10.24857/rgsa.v18n1-022>
- Torres, O. L., & Gorozabel, W. A. (2022). Caracterización química de los residuos sólidos procedentes de la elaboración de tres tipos de cerveza artesanal (stout - negra, imperial - rubia, guayacán - roja). *La Técnica: Revista de Las Agrociencias*. ISSN 2477-8982, 27(1), 13–25. https://doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i27.3624
- Trevizan, J. A. C., Bido, G. de S., Ferrari, A., & Felipe, D. F. (2021). Nutritional Composition of Malted Barley Residue from Brewery. *Journal of Management and Sustainability*, 11(1), 27. <https://doi.org/10.5539/jms.v11n1p27>
- van Donkelaar, L. H. G., Hageman, J. A., Oguz, S., Noordman, T. R., Boom, R. M., & van der Goot, A. J. (2016). Combining unmalted barley and pearling gives good quality brewing. *Journal of the Institute of Brewing*, 122(2), 228–236. <https://doi.org/10.1002/jib.319>
- Vera, J., Lazo, R., Barzallo, D., & Gavin, C. (2021). Caracterización química y degradabilidad in situ de residuos orgánicos como alternativa alimenticia para bovinos. *Ecuadorian Science Journal*, 5(4), 1–14. <https://doi.org/10.46480/esj.5.4.166>
- Villanueva, C., & David, C. (2021). Bagazo de malta (bsg): biorresiduo con potencial aplicación a nivel funcional, material y energético. *Prospectiva*, 19(1). <https://doi.org/10.15665/rp.v19i1.2472>
- Wang, N., & Toews, R. (2011). Certain physicochemical and functional properties of fibre fractions from pulses. *Food Research International*, 44(8), 2515–2523. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.03.012>
- Wang, S., Zhang, X., Wang, S., & Copeland, L. (2016). Changes of multi-scale structure during mimicked DSC heating reveal the nature of starch gelatinization. *Scientific Reports*, 6. <https://doi.org/10.1038/srep28271>
- Westendorf, M. L., & Wohlt, J. E. (2002). Brewing by-products: their use as animal feeds. In *Vet Clin Food Anim* (Vol. 18). [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/s0749-0720\(02\)00016-6](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/s0749-0720(02)00016-6)
- Zhao, H. M., Guo, X. N., & Zhu, K. X. (2017). Impact of solid state fermentation on nutritional, physical and flavor properties of wheat bran. *Food Chemistry*, 217, 28–36. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.08.062>

11. Anexos



Universidad Nacional de Loja

Loja, 15 de abril del 2024

Dra. Mg. Sc. María Lorena Muñoz Vallejo

DOCENTE DE INGLÉS DE LA EDUCACIÓN SUPERIOR

A petición verbal de la parte interesada:

CERTIFICA:

Que la traducción del documento adjunto solicitado por el Sr. **José Luis Pardo Sánchez** con cédula de ciudadanía No. **1104148836**, cuyo tema de investigación se titula: ***Caracterización físico-química del bagazo de malta de cebada con fines de nutrición animal, producido en el cantón Loja***, ha sido realizada por la Dra. Mg. Sc. María Lorena. Muñoz Vallejo, docente de inglés de la educación Superior

Esta es una traducción textual del documento adjunto. Lo certifico en honor a la verdad, facultando al portador del presente documento, hacer el uso legal pertinente.

Atentamente.-



Dra. Mg. Sc. María Lorena Muñoz Vallejo
DOCENTE DE INGLÉS
TOEFL TEACHER

Anexo 1. Certificado de la traducción ingles



Anexo 2. Bagazo de malta de cebada



Anexo 3. Proceso de medición del pH y de la acidez, utilizando el dispositivo peachímetro



Anexo 4. Muestras del bagazo de malta de cebada en la estufa, para la determinación de la materia seca



Anexo 5. Bagazo de malta de cebada en base seca



Anexo 6. Procedimiento de determinación de proteína cruda mediante el destilador Kjeldahl



Anexo 7. Procedimiento de evaluación de extracto etéreo mediante el equipo Soxhlet



Anexo 8. Procedimiento de análisis de capacidad de retención de agua mediante el equipo de centrifugado



Anexo 9. Determinación de fibra cruda, fibra neutra detergente, fibra ácida detergente utilizando el equipo ANKOM 200 Fiber Analyzer



Anexo 10. Determinación de lignina ácida detergente utilizando el equipo ANKOM Daisy^{II} Incubator

Tabla 14

Análisis de Varianza para los análisis físicos del bagazo de malta de cebada

Análisis de Varianza para los análisis físicos							
Parámetros evaluados	SC	gl	CM	F	Error	C.V.	p-valor
% Capacidad de retención de agua	1,19	2	0,60	4,59	0,78	16,68	0,0619
Densidad aparente kg/m ³	0,14	2	0,07	0,08	5,30	0,70	0,9255
% Humedad	6,92	2	3,46	0,14	144,11	15,12	0,8688

SC = Suma de cuadrado, gl = grados de libertad, CM = Cuadrados medios, F calc = F de Fisher, P- valor = Tabla F, CV= Coeficiente de variación

Tabla 15

Análisis de Varianza para los análisis químicos del bagazo de malta de cebada

Análisis de Varianza para los análisis químicos							
Parámetros evaluados	SC	gl	CM	F	Error	C.V.	p-valor
pH	1,33	2	0,66	1,36	2,92	12,09	0,3247
% Acidez	8,2E-04	2	4,1E-04	1,23	2,0E-03	41,08	0,3559

% Proteína cruda	6,42	2	3,21	0,25	76,36	18,64	0,7849
% Fibra cruda	2,09	2	1,04	0,14	43,98	25,04	0,8701
% Fibra detergente neutra (FDN)	12,72	2	6,36	0,16	237,03	15,61	0,8549
% Fibra ácida detergente (FDA)	4,02	2	2,01	0,14	86,67	24,40	0,8727
% Lignina ácida detergente (LDA)	4,41	2	2,21	0,18	75,08	23,79	0,8426
% Extracto etéreo	13,88	2	6,94	0,93	44,62	36,93	0,4437
% Ceniza	0,56	2	0,28	0,59	2,85	26,85	0,5858
% Materia seca	6,92	2	3,46	0,14	144,11	7,25	0,8688

SC = Suma de cuadrado, gl = grados de libertad, CM = Cuadrados medios, F calc = F de Fisher, P- valor = Tabla F, CV= Coeficiente de variación.