

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
AGROINDUSTRIAL**



**UNS**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL SANTA

---

---

**Efectos del proceso de extrusión en las propiedades  
físico-químicas y antioxidantes en pellets generados  
a partir de residuos de lúpulo de Dry-Hop**

---

---

**Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agroindustrial**

**Autoras:**

**Bach. Aguayo Flores, Maylee Mirella  
Bach. Acosta Baca, Alanis Viviane**

**Asesora:**

**Dra. Aguirre Vargas, Elza Berta  
DNI. N° 19096335  
Código ORCID: 0000-0003-1659-9874**

**Coasesor**

**M.Sc. Villanueva López, Eudes  
Código ORCID: 0000-0001-9737-5156**

**Nuevo Chimbote - Perú  
2024**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL**

**CARTA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR**

**Yo, Dra. Aguirre Vargas, Elza Berta, Mediante la presente certifico mi asesoramiento de la Tesis titulada, Efectos del proceso de extrusión en las propiedades físico-químicas y antioxidantes en pellets generados a partir de residuos de lúpulo de Dry-Hop, elaborada por las Bachilleres: Aguayo Flores, Maylee Mirella – Acosta Baca, Alanis Viviane, para obtener el título profesional de Ingeniero Agroindustrial, se ha efectuado conforme al reglamento general, en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Santa.**

Nuevo Chimbote, setiembre del 2024

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'E. Aguirre', is written over a horizontal line.

**Dra. Aguirre Vargas, Elza Berta**  
Asesora

DNI: 19096335

Código ORCID: 0000-0003-1659-9874



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL**

**ACTA DE CONFORMIDAD DE JURADO**

Tesis titulada, **Efectos del proceso de extrusión en las propiedades físico-químicas y antioxidantes en pellets generados a partir de residuos de lúpulo de Dry-Hop**, elaborada por las **Bachilleres: Aguayo Flores, Maylee Mirella – Acosta Baca, Alanis Viviane**,

**Revisado y Aprobado por el Jurado Evaluador:**

  
\_\_\_\_\_  
**M.Sc. Eusebio Lara, Saul Marco**  
**Presidente**  
DNI: 32854604  
Código ORCID: 0000-0001-6875-240X

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. Sánchez Vaca, Daniel Ángel**  
**Secretario**  
DNI: 18146173  
Código ORCID: 0000- 0003-4326-1852

  
\_\_\_\_\_  
**Dra. Aguirre Vargas, Elza Berta**  
**Integrante**  
DNI: 19096335  
Código ORCID: 0000-0003-1659-9874

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 11:00 horas del día veintiséis de septiembre del dos mil veinticuatro, se instalaron en el aula multimedia de la EPIA – 2do piso, el Jurado Evaluador, designado mediante T/Resolución N° 519-2024-UNS-CFI integrado por los docentes:

- M.Sc. Saúl Marco Eusebio Lara (Presidente)
- Dr. Daniel Ángel Sánchez Vaca (Secretario)
- Dra. Elza Berta Aguirre Vargas (Integrante)

Para dar inicio a la Sustentación del Informe Final de Tesis:

“EFECTOS DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS Y ANTIOXIDANTES EN PELLETS GENERADOS A PARTIR DE RESIDUOS DE LÚPULO DE DRY-HOP” elaborado por los bachilleres en Ingeniería Agroindustrial.

- BACH. AGUAYO FLORES MAYLEE MIRELLA
- BACH. ACOSTA BACA ALANIS VIVIANE

Asimismo, tiene como Asesor a la docente: **Dra. Elza Berta Aguirre Vargas** y como Coasesor al **M.Sc. Eudes Villanueva López**

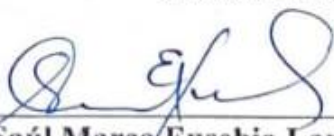
Finalizada la sustentación, el Tesista respondió las preguntas formuladas por los miembros del Jurado Evaluador.

El Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación de este, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Artículo 103° del Reglamento de Grados y títulos de la Universidad Nacional del Santa, declaran:

NOMBRES Y APELLIDOS	NOTA VIGESIMAL	CONDICIÓN
AGUAYO FLORES MAYLEE MIRELLA	19	Excelente

Siendo las 12:30 horas del mismo día, se dio por terminada dicha sustentación, firmando en señal de conformidad el Jurado Evaluador.

Nuevo Chimbote, 26 de setiembre del 2024.

  
M.Sc. Saúl Marco Eusebio Lara  
Presidente

  
Dr. Daniel Ángel Sánchez Vaca  
Secretario

  
Dra. Elza Berta Aguirre Vargas  
Integrante

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

Siendo las 11:00 horas del día veintiséis de septiembre del dos mil veinticuatro, se instalaron en el aula multimedia de la EPIA – 2do piso, el Jurado Evaluador, designado mediante T/Resolución N° 519-2024-UNS-CFI integrado por los docentes:

- **M.Sc. Saúl Marco Eusebio Lara** (Presidente)
- **Dr. Daniel Ángel Sánchez Vaca** (Secretario)
- **Dra. Elza Berta Aguirre Vargas** (Integrante)

Para dar inicio a la Sustentación del Informe Final de Tesis:

**“EFECTOS DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS Y ANTIOXIDANTES EN PELLETS GENERADOS A PARTIR DE RESIDUOS DE LÚPULO DE DRY-HOP”** elaborado por los bachilleres en Ingeniería Agroindustrial.

- **BACH. AGUAYO FLORES MAYLEE MIRELLA**
- **BACH. ACOSTA BACA ALANIS VIVIANE**

Asimismo, tiene como Asesor a la docente: **Dra. Elza Berta Aguirre Vargas** y como Coasesor al **M.Sc. Eudes Villanueva López**

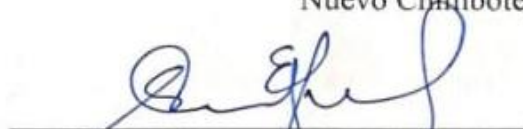
Finalizada la sustentación, el Tesista respondió las preguntas formuladas por los miembros del Jurado Evaluador.

El Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación de este, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Artículo 103° del Reglamento de Grados y títulos de la Universidad Nacional del Santa, declaran:

NOMBRES Y APELLIDOS	NOTA VIGESIMAL	CONDICIÓN
ACOSTA BACA ALANIS VIVIANE	19	Excelente

Siendo las 12:30 horas del mismo día, se dio por terminada dicha sustentación, firmando en señal de conformidad el Jurado Evaluador.

Nuevo Chimbote, 26 de setiembre del 2024.

  
M.Sc. Saúl Marco Eusebio Lara  
Presidente

  
Dr. Daniel Ángel Sánchez Vaca  
Secretario

  
Dra. Elza Berta Aguirre Vargas  
Integrante



## Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Elza Aguirre  
Título del ejercicio: EFECTOS DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN EN LAS PROPIEDADE...  
Título de la entrega: AVANCE DE TESIS ULTIMO .docx  
Nombre del archivo: AVANCE\_DE\_TESIS\_ULTIMO\_.docx  
Tamaño del archivo: 17M  
Total páginas: 72  
Total de palabras: 11,925  
Total de caracteres: 67,098  
Fecha de entrega: 08-ago.-2024 09:47a. m. (UTC-0500)  
Identificador de la entrega... 2429055932

"Año del bicentenario, de la consolidación de nuestra independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



EFECTOS DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN EN LAS PROPIEDADES  
FÍSICO-QUÍMICAS Y ANTIOXIDANTES EN PELLETS GENERADOS A  
PARTIR DE RESIDUOS DE LÚPULO DE DRY-HOP

Tesis para optar el Título Profesional en Ingeniería Agroindustrial

**AUTORES:** Bach. Acosta Baca Alanis  
Bach. Aguayo Flores Maylee

**ASESORA:** Aguirre Vargas Elza  
Código ORCID: 0000-0003-1659-9874

**COASESOR:** Villanueva López Eudes  
Código ORCID: 0000-0001-9737-5156

CHIMBOTE – PERÚ  
2024

# AVANCE DE TESIS ULTIMO .docx

## INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

19%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://repositorio.uns.edu.pe">repositorio.uns.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
2	<a href="http://www.dspace.uce.edu.ec">www.dspace.uce.edu.ec</a> Fuente de Internet	2%
3	<a href="http://dspace.esPOCH.edu.ec">dspace.esPOCH.edu.ec</a> Fuente de Internet	1%
4	<a href="http://sedici.unlp.edu.ar">sedici.unlp.edu.ar</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="http://revistas.pucp.edu.pe">revistas.pucp.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="http://repositorio.utc.edu.ec">repositorio.utc.edu.ec</a> Fuente de Internet	1%
7	<a href="http://docplayer.es">docplayer.es</a> Fuente de Internet	1%
8	<a href="http://es.slideshare.net">es.slideshare.net</a> Fuente de Internet	1%
9	<a href="http://repositorio.unicauca.edu.co:8080">repositorio.unicauca.edu.co:8080</a> Fuente de Internet	1%

## **DEDICATORIA**

Esta investigación va dedicada en primer lugar a Dios Todopoderoso, por concedernos la vida y la fortaleza para alcanzar nuestras metas; y por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados de nuestra vida universitaria.

Se lo dedicamos a nuestros padres por ser nuestro motor y motivo para mejorar cada día como persona y por su apoyo incondicional en todo momento, por enseñarnos a luchar hasta el último minuto y enseñarnos a sobrellevar cualquier dificultad en el camino con positivismo y valentía.

Por último, se lo dedicamos a todas aquellas personas que nos apoyaron en algún momento de debilidad, siendo tíos, primos, hermanos y pareja, porque el apoyo de todos hizo que nos motivemos para sacar adelante este trabajo y no rendirnos.



## AGRADECIMIENTO

Agradecemos profundamente a CONCYTEC por interesarse en nuestra investigación y de la misma forma haber subvencionado nuestro trabajo a través del programa PROCIENCIA en el marco del concurso Proyectos de Investigación Básica 2022-01, según contrato N.º PE501079099-2022-PROCIENCIA, proyecto “Estudio del residuo de lúpulo de Dry-hop e impacto del re-peletizado en las propiedades físico-químicas y antioxidantes para la elaboración de lúpulo de amargor”

**Figura 1.** *Logotipo de CONCYTEC*



Agradecemos a Dios Todopoderoso, por ser la fuente espiritual y guía en el camino del conocimiento de nosotros y por conducirnos en una vida correcta y por mantener a nuestros seres queridos.

Expresamos nuestro agradecimiento a nuestras familias, ya que nos brindaron comprensión y apoyo incondicional durante nuestra etapa universitaria, ofreciendo toda la ayuda posible para que pudiéramos culminar nuestros estudios. Agradecemos sus consejos y palabras de aliento para perseverar y no rendirnos en ningún momento.

Queremos agradecer también a todas aquellas personas que nos apoyaron en algún momento de debilidad, ya sea tíos, primos, hermanos y pareja, porque creyeron en nosotras y en lo que podíamos lograr.

Agradecemos a nuestra asesora la Dra. Elza Berta Aguirre Vargas por su paciencia y abierta disponibilidad para poder culminar con éxito la presente investigación, también por sus consejos y correcciones y deseamos que Dios la cuide e ilumine y permita que cumpla todas sus metas y objetivos.

Agradecemos a nuestros docentes por su apoyo en la realización de nuestra tesis y por su apoyo en nuestra etapa universitaria, ya que gracias a sus enseñanzas y consejos hemos crecido profesionalmente.

## INDICE

<b>CERTIFICACIÓN DEL ASESOR.....</b>	<b>ii</b>
<b>AVAL DE CONFORMIDAD DEL JURADO.....</b>	<b>iii</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>iv</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>v</b>
<b>INDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>viii</b>
<b>NDICE DE TABLAS .....</b>	<b>x</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>xi</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xiii</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN: .....</b>	<b>15</b>
<b>1.1. Descripción del problema de investigación.....</b>	<b>15</b>
<b>1.2. Formulación del problema.....</b>	<b>15</b>
<b>1.3. Objetivos.....</b>	<b>16</b>
<b>1.3.1. General.....</b>	<b>16</b>
<b>1.3.2. Específicos .....</b>	<b>16</b>
<b>1.4. Formulación de la hipótesis .....</b>	<b>16</b>
<b>1.5. Justificación.....</b>	<b>16</b>
<b>1.6. Importancia de la investigación.....</b>	<b>17</b>
<b>2. REVISION BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>18</b>
<b>2.1. Antecedentes de la investigación .....</b>	<b>18</b>
<b>2.2. Marco conceptual.....</b>	<b>22</b>
<b>2.2.1. Cebada.....</b>	<b>22</b>
<b>2.2.2. Lúpulo.....</b>	<b>24</b>
<b>2.2.3. Cerveza.....</b>	<b>26</b>
<b>2.2.4. Fermentación .....</b>	<b>31</b>
<b>2.2.5. Extrusión .....</b>	<b>32</b>
<b>2.2.6. Peletizado .....</b>	<b>33</b>

2.2.7. Ácidos .....	34
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>35</b>
3.1. Materiales y equipos .....	35
3.1.1. Materia prima.....	35
3.1.2. Insumos.....	35
3.1.3. Equipos.....	35
3.1.4. Instrumentos .....	36
3.1.5. Reactivos.....	36
3.2. Metodología .....	37
3.2.1. Diagrama de flujo .....	37
3.2.2. Descripción del proceso.....	39
3.2.3. Análisis fisicoquímicos .....	41
3.2.3.1. Análisis fisicoquímicos de la malta de cebada .....	41
3.2.3.2. Análisis fisicoquímicos del residuo de lúpulo .....	42
3.3. Diseño estadístico .....	43
3.3.1. Variable independiente .....	43
3.3.2. Variable dependiente.....	43
3.3.3. Modelo estadístico .....	44
3.3.4. Recolección de información .....	44
3.3.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	45
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....</b>	<b>46</b>
4.1. Caracterización fisicoquímica de la malta.....	46
4.2. Caracterización fisicoquímica del lúpulo.....	46
4.2.1. Determinación química de los residuos de lúpulo .....	46
4.2.2. Determinación de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante.....	47
4.2.3. Análisis sensorial de las cervezas .....	48
4.3. Elaboración de protocolo para repeletizado de lúpulo de amargor .....	55
<b>5. CONCLUSIONES.....</b>	<b>63</b>

<b>6. RECOMENDACIONES</b> .....	65
<b>7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	66
<b>ANEXOS</b> .....	73

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Logotipo de CONCYTEC.....	9
<b>Figura 2.</b> Malta de cebada .....	22
<b>Figura 3.</b> Lúpulo .....	24
<b>Figura 4.</b> Diagrama de flujo del proceso de elaboración de cerveza.....	38
<b>Figura 5.</b> Gráfico de barras L. I Mandarina Bavaria vs L. R Mandarina Bavaria.....	48
<b>Figura 6.</b> Gráfico de barras L. I Citra vs L. R Citra .....	49
<b>Figura 7.</b> Gráfico de barras L. I Mosaic vs L. R Mosaic .....	50
<b>Figura 8.</b> Gráfico de barras L. I Hallertau Blanc vs L. R Hallertau Blanc .....	51
<b>Figura 9.</b> Gráfico de barras de Evaluación Sensorial Cervezas NO Repeletizadas.....	52
<b>Figura 10.</b> Gráfico de barras de Evaluación Sensorial Cervezas Repeletizadas .....	53
<b>Figura 11.</b> Diagrama de flujo del protocolo para repeletizado de lúpulo de amargor...	55
<b>Figura 12.</b> Residuo de lúpulo recolectado en matraz Erlenmeyer.....	56
<b>Figura 13.</b> Malla de tul para separar residuo de lúpulo del mosto. ....	56
<b>Figura 14.</b> Exprimido de forma manual. ....	57
<b>Figura 15.</b> Residuo de lúpulo (pasta residual) obtenido después de exprimir.....	57
<b>Figura 16.</b> Pasta residual secando a temperatura ambiente .....	58
<b>Figura 17.</b> Armado de las piezas del equipo peletizador.....	58
<b>Figura 18.</b> Adición de pasta residual con el mosto.....	59
<b>Figura 19.</b> Homogenizado de la pasta para ir al peletizador .....	59
<b>Figura 20.</b> Colocado de masa en el equipo.....	60

<b>Figura 21.</b> Empuje de la masa para la expulsión de pellets.....	60
<b>Figura 22.</b> Obtención de pellets repeletizados.....	60
<b>Figura 23.</b> Secado de pellets repeletizados a temperatura ambiente. ....	61
<b>Figura 24.</b> Envasado de pellets en bolsas ziploc. ....	61
<b>Figura 25.</b> Almacenado en el congelador. ....	61
<b>Figura 26.</b> Adicionado de los pellets de lúpulo repeletizado en la cerveza.....	62
<b>Figura 27.</b> Diagrama de balance de materia. ....	62

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición nutricional de la cebada ( <i>Hordeum Vulgare</i> L.) por cada 100 gramos .....	23
Tabla 2. Composición química del lúpulo seco.....	25
Tabla 3. Composición nutricional de la cerveza común.....	27
Tabla 5. Tratamiento para cada lúpulo .....	44
Tabla 6. Caracterización fisicoquímica de la malta Pale Ale .....	46
Tabla 7. Caracterización de los 4 tipos de lúpulo iniciales y repeletizados. ....	46
Tabla 8. Caracterización de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en residuos de lúpulo.....	47
Tabla 9. Evaluación sensorial de cerveza con lúpulo Mandarina Bavaria vs lúpulo repeletizado Mandarina Bavaria.....	48
Tabla 10. Evaluación sensorial de cerveza con lúpulo Citra vs lúpulo repeletizado Citra .....	49
Tabla 11. Evaluación sensorial de cerveza con lúpulo Mosaic vs lúpulo repeletizado Mosaic .....	50
Tabla 12. Evaluación sensorial de cerveza con lúpulo Hallertau Blanc vs lúpulo repeletizado Hallertau Blanc .....	51
Tabla 13. Comparación de evaluación sensorial de las cervezas iniciales .....	52
Tabla 14. Comparación de evaluación sensorial de cervezas con lúpulo repeletizado ..	53
Tabla 15. Análisis ANOVA de las cervezas artesanales iniciales y repeletizados.....	54



## RESUMEN

Los desechos de lúpulo suelen descartarse directamente en rellenos sanitarios porque su fuerte sabor amargo dificulta su reutilizado como alimento para animales. Además, la alta demanda de producción de cerveza incluye también altos desperdicios. Por ello el objetivo de este estudio fue caracterizar el residuo de lúpulo y los efectos de su re-peletizado como estrategia para su revalorización como lúpulo de amargor, también caracterizar, re-peletizar y reutilizar residuos de lúpulo; la generación de protocolo para re-peletizado y obtención de lúpulo de amargor y analizar la aceptabilidad general por consumidores de la cerveza obtenida con lúpulo repeletizado.

El estudio se realizó en el laboratorio de Microbiología y Nutrición de la facultad de Ingeniería Agroindustrial y en los laboratorios del Instituto de Investigación Tecnológico Agroindustrial (IITA). Para este proyecto se utilizó 4 tipos de lúpulo de la variedad Citra, Mosaic, Hallertau Blanc y Mandarina Bavaria. Se empleó la metodología de Diseño Completamente al Azar (DCA) con 4 tratamientos y 3 repeticiones para cada uno.

Se obtuvo como resultado los compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante de los residuos de lúpulo re-peletizado y del lúpulo no re-peletizado, obteniendo para el lúpulo Mandarina; compuestos fenólicos ( $216.023 \pm 4.240$ ) y capacidad antioxidante ( $286.269 \pm 24.125$ ); para el lúpulo Mosaic; compuestos fenólicos ( $221.288 \pm 2.603$ ) y capacidad antioxidante ( $148.509 \pm 10.090$ ); para el lúpulo H. Blanc; compuestos fenólicos ( $214.792 \pm 4.215$ ) y capacidad antioxidante ( $328.171 \pm 10.754$ ); para el lúpulo Citra; compuestos fenólicos ( $227.135 \pm 1.373$ ) y capacidad antioxidante ( $463.669 \pm 7.699$ ); mientras que para los lúpulos re-peletizados se obtuvo; compuestos fenólicos ( $121.583 \pm 1.178$ ) y capacidad antioxidante ( $504.963 \pm 17.589$ ) para lúpulo Mandarina RP; compuestos fenólicos ( $121.940 \pm 5.517$ ) y capacidad antioxidante ( $326.449 \pm 14.713$ ) para

lúpulo Mosaic RP; compuestos fenólicos ( $118.138 \pm 1.319$ ) y capacidad antioxidante ( $348.835 \pm 9.588$ ) para lúpulo H. Blanc RP; y compuestos fenólicos ( $123.802 \pm 4.685$ ) y capacidad antioxidante ( $343.669 \pm 19.558$ ) para lúpulo Citra RP

Se pudo elaborar un protocolo para el re-peletizado de los desechos de lúpulo generado en la elaboración de cerveza, siendo posible su reutilización en la producción de nuevos lotes de cerveza.

**Palabras clave:** re-peletizado, lúpulo, amargor, cerveza.

## ABSTRACT

Hop waste is often disposed of directly in landfills because its strong bitter taste makes it difficult to reuse as animal feed. In addition, the high demand for beer production also includes high waste. Therefore, the objective of this study was to characterize the hop residue and the effects of its re-pelleting as a strategy for its revaluation as bitter hops, also to characterize, re-pelletize and reuse hop residues; the generation of a protocol for re-pelletizing and obtaining bitter hops and analyzing the general acceptability by consumers of beer obtained with repelled hops.

The study was carried out in the Microbiology and Nutrition laboratory of the Faculty of Agroindustrial Engineering and in the laboratories of the Agroindustrial Technological Research Institute (IITA). For this project, 4 types of hops of the Citra, Mosaic, Hallertau Blanc and Bavaria Mandarin varieties were used. The Completely Randomized Design (DCA) methodology was used with 4 treatments and 3 replicates for each.

The phenolic compounds and the antioxidant capacity of the residues of re-pelletized hops and non-re-pelleted hops were obtained, obtaining for Mandarin hops; phenolic compounds ( $216,023 \pm 4,240$ ) and antioxidant capacity ( $286,269 \pm 24,125$ ); for Mosaic hops; phenolic compounds ( $221,288 \pm 2,603$ ) and antioxidant capacity ( $148,509 \pm 10,090$ ); for H. Blanc hops; phenolic compounds ( $214,792 \pm 4,215$ ) and antioxidant capacity ( $328,171 \pm 10,754$ ); for Citra hops; phenolic compounds ( $227,135 \pm 1,373$ ) and antioxidant capacity ( $463,669 \pm 7,699$ ); while for the re-pelletized hops it was obtained; phenolic compounds ( $121,583 \pm 1,178$ ) and antioxidant capacity ( $504,963 \pm 17,589$ ) for RP mandarin hops; phenolic compounds ( $121,940 \pm 5,517$ ) and antioxidant capacity ( $326,449 \pm 14,713$ ) for Mosaic RP hops; phenolic compounds ( $118,138 \pm 1,319$ ) and

antioxidant capacity ( $348,835 \pm 9,588$ ) for H. Blanc RP hops; and phenolic compounds ( $123,802 \pm 4,685$ ) and antioxidant capacity ( $343,669 \pm 19,558$ ) for Citra RP hops.

It was possible to develop a protocol for the re-pelleting of hop waste generated in brewing, making it possible to reuse it in the production of new batches of beer.

**Keywords:** re-pelletized, hops, bitterness, beer.

## **1. INTRODUCCIÓN:**

### **1.1.Descripción del problema de investigación**

La cerveza es la bebida alcohólica más consumida en el mundo, es así que de acuerdo al último reporte publicado por Kirin Beer Company, para el año 2020, el consumo global fue de aproximadamente 177,50 billones de litros, 6,7% menos que el año anterior a causa de la propagación del COVID-19 (Dos Santos *et al.*, 2021; Kirin Holdings Company, 2022). Sin embargo, su proceso de producción provoca ciertos impactos ambientales, como un elevado consumo de energía, materias primas y agua. También se produce una notable cantidad de aguas residuales, desechos sólidos y emisiones de CO<sub>2</sub>. (Ortiz *et al.*, 2019).

El problema identificado en esta investigación es, específicamente; los desechos de lúpulo, ya que las resinas no pueden disolverse completamente en la cerveza. Estos residuos se descartan directamente en rellenos sanitarios porque su fuerte sabor amargo dificulta su reutilizado como alimento para animales. En este contexto, el modelo de economía circular surge como una alternativa al enfoque de "fabricar, usar y desechar", ya que tiene como objetivo combinar las actividades económicas con el bienestar del medio ambiente.

Este concepto sustituye el término "desechar" por "reparar", "reformular" por "reciclar"; dando criterios circulares a lo largo del ciclo de vida de los productos y, permitiendo así, que los materiales permanezcan en el mercado por el mayor tiempo posible, lo que minimiza el desperdicio de recursos (Taleb & Al Farooque, 2020).

### **1.2.Formulación del problema**

¿Cuál será el impacto del proceso de re-peletizado en las propiedades fisicoquímicas del residuo de lúpulo?

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. General**

- Caracterizar el residuo de lúpulo y los efectos de su re-peletizado como estrategia para su revalorización como lúpulo de amargor

#### **1.3.2. Específicos**

- Caracterizar el residuo de lúpulo de las cervezas
- Re-peletizar el residuo de lúpulo de las cervezas
- Reutilizar residuos de lúpulo para la elaboración de nuevas cervezas
- Generación de protocolo para re-peletizado
- Obtención de lúpulo de amargor
- Analizar la aceptabilidad general por consumidores de la cerveza obtenida con lúpulo repeletizado.

### **1.4. Formulación de la hipótesis**

El residuo de lúpulo presenta propiedades fisicoquímicas, antioxidantes y sensoriales que permitirán su reutilización como lúpulo de amargor.

### **1.5. Justificación**

El incremento que viene experimentando el mercado mundial de la cerveza ha generado a la par en mayor volumen de residuos que requieren una adecuada disposición. Típicamente, los subproductos de la producción de cerveza como el afrecho de malta son empleados como alimento para ganado. No obstante, el residuo del lúpulo no puede ser reutilizado de forma convencional debido a su fuerte sabor amargo, lo cual provoca que

los productores descarten directamente este subproducto en rellenos sanitarios perjudiciales al medio ambiente.

La baja solubilidad de los alfa-ácidos y bajo porcentaje de isomerización de los lúpulos empleados en el Dry-hop sugieren la existencia de una porción residual significativa de estos compuestos sin aprovechar. A la fecha los estudios realizados de lúpulo no terminan de caracterizar este subproducto, centrándose en su uso mediante formas rutinarias como pastas secas, las cuales no tienen valor comercial ni refleja las condiciones reales de operación. Generando un vacío de conocimiento sobre la composición del residuo, los efectos del re-peletizado y su potencial uso como lúpulo de amargor como estrategia para su reaprovechamiento

### **1.6.Importancia de la investigación**

La importancia de esta investigación radica en minimizar los residuos de lúpulo y poder repeletizarlo para un nuevo uso en la fabricación de cerveza debido a que se sugiere la existencia de una porción residual significativa de compuestos sin aprovechar. Por ello, se plantea reutilizar dichos residuos y así reducir el costo de producción en la materia prima para la elaboración de cerveza.

## 2. REVISION BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Antecedentes de la investigación

Sancho, D., *et al* (2020) en su reciente investigación titulada; Influencia de la fuerza alcohólica en el perfil sensorial de las cervezas de lager, mencionan lo siguiente; La cerveza no alcohólica es un producto cuya demanda de los consumidores está creciendo en todo el mundo, sin embargo, no es bien aceptado por los consumidores debido a sus características organolépticas. La evaluación sensorial refleja el perfil de sabor de un producto y, más específicamente, se considera que los métodos de perfil ofrecen la mejor solución actual al problema de describiendo el sabor a la cerveza. Esta investigación tuvo como objetivo evaluar varios atributos sensoriales de comerciales regulares y las marcas de cerveza no alcohólica (cervezas sin alcohol y alcohol). Estos atributos fueron carbonatación, cuerpo, dulzura, amargura, astringencia, persistencia de sabor, olor y sabor. Los resultados obtenidos por el clúster y los componentes principales. El análisis está en una buena consistencia. Se ha encontrado que las cervezas no alcohólicas tienen una dulzura más alta que la regular cerveza, que pueden deberse al proceso de elaboración de cerveza. Además, el estudio ha permitido determinar el organoléptico características de las cervezas bajas en alcohol y regulares. También ha ayudado a definir el perfil sensorial de la cerveza de bajo alcohol. El más valorado por los consumidores en un intento por mejorar las propiedades sensoriales de este tipo de cerveza.

Titus, B. M., *et al* (2020) en su trabajo de investigación titulado; Impacto del salto seco en la estabilidad del sabor a la cerveza, mencionan lo siguiente; Para investigar el impacto químico y sensorial del tiempo de salto en seco en la típica pale ale, una cerveza estandarizada se produjo y se separó en diez embarcaciones. Nueve buques se saltaron en seco y un recipiente permaneció sin saltar como control. Se investigó el impacto del tiempo de contacto en seco más de 96 h. Los polifenoles y la relación T/C iso- $\alpha$ -ácido se



analizaron en muestras de cerveza jóvenes y envejecidas. El contenido total de polifenol generalmente aumentó en los tratamientos jóvenes y envejecidos en comparación con los controles. El análisis de la relación T/C sugiere que las cervezas jóvenes y mayores se conservaron químicamente a algunos grados después de aproximadamente 12 ha a la tasa de salto seco dada independientemente de la edad. Dentro de los antiguos ensayos de cerveza, 96 h de contacto con lúpulo seco arrojaron un aumento significativo en la relación T/C en comparación con todos los demás ensayos envejecidos. Esto sugiere que un régimen de lúpulo seco de 4 días puede generar protección oxidativa adicional de iso- $\alpha$ -ácidos en cervezas almacenadas sin refrigeración durante 30 días. El análisis descriptivo también se realizó con un panel capacitado de 8 personas; Sin embargo, las cervezas se distinguieron sensorialmente por su tiempo de envejecimiento como opuesto a su tiempo en seco.

Wang, J., *et al* (2019) en su reciente trabajo titulado; Cambios fisiológicos de la levadura de cerveza de cerveza durante la fermentación de cerveza en serie, mencionan lo siguiente; La reputación en serie de la levadura Beer Brewer juega un papel importante en la industria de la cerveza como un factor económico ineludible. En este estudio, los cambios de viabilidad y vitalidad, así como las habilidades anti autolíticas de las cepas durante la fermentación en serie con cepas típicas de cerveza y levadura de lager investigado. Mientras que medir la tasa de supervivencia de las células de levadura no es suficiente para evaluar y predicción de la capacidad de fermentación de levadura, determinación del estado fisiológico de la levadura de cerveceros refleja la vitalidad y la calidad de la levadura en las fermentaciones de cerveza en serie. La acumulación de especies reactivas de oxígeno en la levadura causa daño celular, lo que lleva a una disminución en la vitalidad y la viabilidad celular. Envejeciendo las células de levadura, después de varias recapitulaciones, pueden provocar una fuga de compuestos

intracelulares en el licor fermentado. La levadura de lager (Pilsner) examinó, que alberga el genoma parcial de *S. Eubayanus*, mostró una mejor robustez y mayor actividad que la cepa de levadura de cerveza M79 examinada, durante la fermentación en serie. Un enfoque holístico, que incluye más indicadores, debe aplicarse en evaluación del rendimiento de fermentación de la levadura de cerveceros.

Según una nueva investigación, Diferencias estadísticas significativas entre los perfiles de aroma de cerveza elaborada por sorgo (Budner et al., 2021), se refiere que; Actualmente hay una mayor demanda de alimentos que se clasifican como sin gluten incluyendo cerveza. La cerveza producida con granos sin gluten tiene un perfil de sabor distinto que difiere mucho de la de la cerveza producida a partir de granos que contienen gluten. La diferencia química entre las cervezas hecho de estas dos fuentes de granos diferentes se ha explorado y algunas diferencias clave han sido identificado. Aquí las fuentes de malta que contenían gluten (cebada) y malta sin gluten (sorgo) esta se utiliza para determinar qué compuestos son estadísticamente diferentes en función de sus concentraciones. Se hicieron un total de 14 cervezas de lotes pequeños (7 cebada y 7 sorgo) de extracto de malta. El aroma, el perfil se muestreó utilizando SPME con separación química e identificación y cuantificación usando GC-MS. Como se esperaba, las diferencias no fueron el resultado de compuestos únicos sino compuestos presentes en diferentes cantidades. Diecisiete compuestos estaban presentes en la cerveza elaborada de ambos extractos, pero en cantidades muy diferentes.

En investigaciones de Gomes et al. (2022), Avances en el salto en seco para la elaboración de cerveza industrial: una revisión, menciona que la producción y el consumo de cerveza altamente saltada y seca ha aumentado constantemente durante los últimos veinte años, siguiendo el surgimiento de cervecerías artesanales en los Estados Unidos de América y la tendencia que establecieron sobre el mundo. Este uso excesivo de hops ofrece algunos

desafíos ambientales, tecnológicos y económicos para la industria cervecera. Los investigadores han estado estudiando varias formas de hacer que la cerveza sea más amigable con la ecografía promoviendo la reutilización del lúpulo gastado y el aumento de los rendimientos de extracción. El salto en seco es un proceso de tamaño, lo que lo hace factible para las cervecerías artesanales con su producción a pequeña escala, pero un gran desafío para tanques y cervecerías. Basado en la literatura y la experiencia industrial de los cerveceros, el objetivo de esta investigación era analizar y discutir diferentes metodologías de salto en seco para la industria de la elaboración de cerveza y cómo los parámetros afectan el producto final. En para arrojar luz sobre este tema de tendencia y para ayudar mejor a los cerveceros a elegir el proceso de salto seco más adecuado, eficiente y ambiental para su cervecería, este trabajo se acerca a las principales variables que promueven la transferencia de aroma de la cerveza y cómo optimizarla.

En investigaciones de Silva et al. (2021), Un método simple para evaluar el fenólico bioactiva presencia de compuestos en cervezas artesanales brasileñas, se menciona lo siguiente; Hay un número significativo de metodologías analíticas que emplean diferentes técnicas para determinar los compuestos fenólicos en las bebidas. Sin embargo, estos métodos emplean una muestra larga procesos de preparación y gran consumo de tiempo. El objetivo de este documento fue el desarrollo de un método simple para evaluar la presencia de los compuestos fenólicos en cervezas artesanales brasileñas sin un paso de extracción anterior. Catequina, ácido cafeico, epicatequina, ácido p-coumarico, rutina hidratada, se analizaron el ácido transferulico, la quercetina, el kaempferol y la formononetina en quince artesanías diferentes cervezas. El método mostró una buena linealidad ( $R^2 \geq 0.9966$ ). El límite de detección varió de 0.08 a 0.83 mg L<sup>-1</sup> y los límites de cuantificación fueron entre 0.27 y 2.78 mg L<sup>-1</sup>. El método mostró una precisión satisfactoria ( $RSD \leq 16.2\%$ ). Se obtuvo una buena precisión mediante el método

propuesto para todos los compuestos fenólicos en cerveza artesanal (68.6% <precisión <112%). La catequina mostró mayores concentraciones (hasta 124.8 mg L<sup>-1</sup>) En las muestras, seguido de epicatequina (hasta 51.1 mg L<sup>-1</sup>) y ácido cafeico (arriba a 8.13 mg L<sup>-1</sup>). Se observaron rutina y formononetina en todas las muestras analizadas (0,52 mg L<sup>-1</sup> a 2.40 mg L<sup>-1</sup>), y el kaempferol estuvo menos presente en las muestras. La presencia de productos de origen vegetal fue determinante para la aparición de las concentraciones más altas de compuestos fenólicos en brasileño, cabras de cervezas.

## 2.2. Marco conceptual

### 2.2.1. Cebada

La cebada (*Hordeum vulgare L.*) es uno de los cereales forrajeros que se utiliza en muchas partes del mundo para la alimentación en sistemas ganaderos de producción de carne y leche. Por su alto rendimiento, la cebada compensa las deficiencias de los forrajes perennes, cuyo rendimiento es muy bajo, por las condiciones climáticas de invierno e inicios de primavera. Tiene la ventaja sobre otros cereales de ser más vigorosa, resistente a la sequía, salinidad y puede cultivarse en suelos marginales. (Wilson et al., 2017)

**Figura 2.** Malta de cebada



### 2.2.1.1. Composición nutricional

*Tabla 1. Composición nutricional de la cebada (Hordeum Vulgare L.) por cada 100 gramos*

<b>Nutrientes</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Energía (kcal)</b>	1210
<b>Proteína (g)</b>	8.4
<b>Grasa total (g)</b>	2
<b>Colesterol (mg)</b>	-
<b>Glúcidos</b>	77.5
<b>Fibra (g)</b>	7.3
<b>Calcio (mg)</b>	61
<b>Hierro (mg)</b>	4.58
<b>Yodo (µg)</b>	-
<b>Vitamina A (mg)</b>	1

**Fuente:** (Carballido, 2022)

### 2.2.1.2. Usos e importancia

La malta se usa para elaborar bebidas como el whisky, la cerveza y el vinagre de malta. Los granos malteados desarrollan las enzimas que convierten el almidón del grano en azúcar. Por su elevado contenido de enzimas, la cebada es el cereal más usado para maltear. En Argentina, la producción de cebada se destina a la fabricación de malta para abastecer la industria cervecera local y la exportación. La industria maltera exige que la cebada cumpla con ciertas características: un porcentaje alto de granos grandes (calibre alto), un porcentaje de germinación por encima del 98% y un porcentaje óptimo de proteína entre 9.5 y 13%, aunque la preferencia suele ser de hasta el 12%. (Esquisabel, 2022)

### 2.2.2. Lúpulo

*Humulus Lupulus Linnaeus* es el nombre científico de la especie perteneciente al orden de los Rosales ya la familia *Cannabaceae*.<sup>1</sup> El género *Humulus* está compuesto por tres especies, *H. lupulus*, *H. japonicus* y *H. yunnanensis*. De estos, solo *H. lupulus* y *H. japonicus* se cultivan a gran escala con fines comerciales. *H. lupulus* se utiliza en la fabricación de cervezas y se describe como una enredadera perenne, que produce flores (también llamadas conos) ricas en resinas (que imparten amargor), polifenoles (con propiedades antioxidantes) y aceites esenciales (que imparten aroma). Es importante señalar que sólo las flores no fecundadas de las plantas hembra de lúpulo son de interés para la industria cervecera, ya que sólo en ellas se encuentran, en cantidades apreciables, las llamadas glándulas lupulínicas, que son las encargadas de la secreción de un polvo amarillo (llamado lupulina) que contiene los químicos de interés, es decir, resinas, polifenoles y aceites esenciales. (Durello *et al.*, 2019)

**Figura 3.** *Lúpulo*



### 2.2.2.1.Composición química

La composición química de las flores de lúpulo es compleja, y una de las formas de investigarla es agrupar los metabolitos secundarios producidos por la planta en diferentes fracciones, como resinas totales, polifenoles, aceites esenciales, proteínas, ceras, esteroides, entre otros. (Durello et al., 2019)

*Tabla 2. Composición química del lúpulo seco*

<b>Componentes químicos</b>	<b>Cantidad % (m/m)</b>
<b>Resinas totales</b>	15-30
<b>Aceites esenciales</b>	0.5-3
<b>Preteínas</b>	15
<b>Monosacáridos</b>	2
<b>Polifenoles</b>	4
<b>Pectinas</b>	2
<b>Aminoácidos</b>	0.1
<b>Cenizas</b>	8
<b>Agua</b>	10
<b>Celulosa</b>	43
<b>Ceras</b>	Rasgos-25

Fuente: Durello et al., 2019

### 2.2.2.2.Métodos de empleo de lúpulo

- **First Wort Hopping** (lupulado del primer mosto): El lúpulo es incorporado en la caldera para iniciar el trasiego del mosto. Mejora la calidad del amargor, más suave, y aporta sabor y aromas agradables.

- **Hop Back:** El lúpulo es incorporado al término de la cocción. El mosto es pasado por un filtro que contiene conos de lúpulo. Además de incorporar aromas frescos, los pétalos de las flores actúan como un nuevo filtro para el mosto.
- **Dry Hopping** (uso de lupulado en seco): El dry-hopping se ha definido como la extracción en frío de sustancias químicas no volátiles y volátiles del lúpulo en una solución alcohólica y ha sido una técnica utilizada por los cerveceros para aumentar tanto la estabilidad microbiana como la del sabor de la cerveza. A medida que los estilos de cerveza con lúpulo aumentaron en popularidad entre los consumidores durante el siglo XXI, los cerveceros artesanales recurrieron al dry-hopping como una forma de mejorar el aroma y el sabor de la cerveza. Para lograr aromas y sabores intensos a lúpulo, hay una serie de factores que los cerveceros pueden modificar durante el dry-hopping, como la extracción estática frente a la dinámica, la presencia/ausencia de levadura las diferentes temperaturas y cantidades variables de lupulado. (Lafontaine & Shellhammer, 2018)

### **2.2.2.3. Usos e importancia**

Entre todas las plantas herbáceas que se han utilizado a lo largo de la historia para dar sabor o para conservar la cerveza, únicamente el lúpulo (*Humulus lupulus L.*) está considerado, en la actualidad y a nivel mundial, como una materia prima esencial para la elaboración de cerveza. a. Estos se cultivan casi exclusivamente para industria cervecera. (García, 2021)

### **2.2.3. Cerveza**

#### **2.2.3.1. Definición**

La cerveza, es una bebida alcohólica elaborada a partir de agua, cereal, lúpulo y levadura, es tan antigua como nuestra civilización. Se cree que su origen está unido a los primeros



asentamientos humanos junto al desarrollo de la agricultura y al alejamiento del modo de vida nómada. (Bigeon et al., 2017)

### 2.2.3.2. Composición nutricional

La cerveza es uno de los productos más consumidos en la población, y el mundo y sigue abarcando más popularidad, a continuación, se presenta su composición nutricional de esta aclamada bebida.

Tabla 3. Composición nutricional de la cerveza común

<b>Nutrientes</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Energía (kcal)</b>	43
<b>Proteína (g)</b>	-
<b>Grasa total (g)</b>	-
<b>Glúcidos</b>	-
<b>Fibra (g)</b>	-
<b>Calcio (mg)</b>	4
<b>Hierro (mg)</b>	-
<b>Magnesio (µg)</b>	6
<b>Potasio (mg)</b>	27
<b>Fósforo (mg)</b>	14
<b>Sodio</b>	4

Fuente: Bigeon *et al.*, 2017

### 2.2.3.3. Tipos de cerveza artesanal

A continuación, se muestra la clasificación más aceptada por los fabricantes de los diferentes tipos de cerveza.

- **Cerveza ale:** La cerveza Ale se caracteriza por tener carácter fructoso y puede tener cuerpo alto. Muchas cervezas artesanales y la mayoría de las cervezas caseras caen en esta categoría. Esto es porque su elaboración es más fácil, rápida y tiene un gran rango de posibilidades para explorar con sus sabores. En muchos casos, es más característica de la cerveza artesanal y prefiere a los cerveceros independientes.
- **Cerveza larger:** Estas cervezas son más ligeras, secas y refrescantes que las Ales. La mayoría de las cervecerías industriales producen este tipo de cervezas. Esto se debe a tradiciones de gusto del mercado por cervezas refrescantes y ligeras. Estas cervecerías no tienen la limitación de dificultad en hacer este tipo de cervezas, ya que cuentan con más recursos económicos como para hacer este proceso. Hay quienes dicen que, por ser más ligeras, requieren menos ingredientes y pueden ser más eficientes en cuanto a costos. (Cerveza ale y cerveza lager: ¿Qué son y qué las diferencia?, 2020)

#### 2.2.3.4. Estilos de cerveza artesanal

##### 2.2.3.4.1. Estilos de la cerveza tipo Ale

- **De trigo;** como su nombre lo dice, son hechas a base de trigo, pero se combina con la malta de cebada para lograr una fermentación completa. Puede ser de color dorado pajizo o casi blanco. (González., 2017)
- **Pale Ale;** se elaboran con maltas pálidas en gran cantidad y poseen un color desde dorado profundo hasta el ámbar, dentro de esta tenemos más estilos:
  - **English pale ale;** posee una carbonatación superior y espuma de alta persistencia, además son las cervezas amargas de la nación inglesa.
  - **Indian pale ale (IPA);** de sabor amargo y con alto grado de alcohol, posee un color desde dorado claro a un ambar rojizo.

- **American pale ale (APA);** presentan un color más claro y su gusto de caramelo es mejor que de las inglesas. (González., 2017)
- **Lambic;** este estilo nace en Bélgica, con tiene una fabricación que dura muchos años, en este estilo de cerveza artesanal se usan frutas para aromatizarlo en lugar de lúpulo, dentro de esta tenemos los estilos:
  - **Gueuze;** para lograr este estilo se combina una lambic envejecida con uno joven, así se hace una segunda fermentación en botella y se obtiene CO<sub>2</sub>, su sabor es un poco ácido, pero con un grado de alcohol algo elevado.
  - **Faro;** es una cerveza dulce, con una gran cantidad de azúcar residual.
  - **Kriek;** para lograr este estilo se macera por seis semanas una lambic con frutas, mayormente cerezas o frambuesas, luego se embotella y se deja madurar por unos meses. (González., 2017)
- **Barley;** es de Inglaterra y por su alto grado de alcohol, que va de un 8 a 12%, es conocido como vino de cebada, además tiene mucho aroma, un sabor dulce, maltoso y con algunas notas afrutadas que vienen de las levaduras usadas. Su color varía desde dorado, ámbar o marrón oscuro. (González., 2017)
- **Porter;** la cerveza Porter se caracteriza por su color oscuro y una densidad media, es una cerveza que balancea sus fuentes maltosas con su amargor; utiliza malta de cebada muy tostada, y su origen fue durante la Revolución Industrial de Gran Bretaña, pues su elaboración fue principalmente para brindar a todos sus trabajadores una bebida nutritiva, consistente y con buen sabor, el primer país en fabricarla fue Londres. (Chanduví, 2021)
- **Stout;** cerveza fuerte de cuerpo y con fuerte aroma de malta. con un agradable sabor, con aromas a malta y cebada tostadas, con aroma similar al café, con ligero sabor

remarcado a chocolate, donde el chilcuague ayuda a remarcar los sabores. (Landin & Louvier, 2019)

#### 2.2.3.4.2. Estilos de la cerveza tipo Lager

- **Cerveza Pilsen o Pilsener;** esta es una cerveza pálida con un sabor amargo medio. Su contenido de alcohol es 3,0 a 3,8% (v/v). Clásicamente se almacenada durante dos o tres meses, pero cervecerías modernas han reducido el tiempo a cerca de dos semanas. El agua para cerveza Pilsener es suave, contiene baja cantidad de iones calcio y magnesio. (Okafor, N., 2017)
- **Cerveza Dortmund;** es una cerveza pálida, pero contiene menos lúpulo (es menos amargo) que Pilsener; sin embargo, tiene más cuerpo y aroma. El contenido de alcohol es de 3,0 a 3,8%, y es almacenada durante 3-4 meses. El agua de escaldado es dura, que contiene grandes cantidades de carbonatos, sulfatos y cloruros. (Okafor, N., 2017)
- **Munich;** es una cerveza oscura, aromática y con cuerpo, con un sabor ligeramente dulce. El contenido de alcohol varía de 2 a 5%. El agua de escaldado es alta en carbonatos, pero baja en otros iones. (Okafor, N., 2017)

#### 2.2.3.5.Importancia de la cerveza

La cerveza se ha convertido en una parte indispensable de la dieta en muchas culturas porque es una fuente importante de compuestos nutricionales como carbohidratos y proteínas y no es solo una fuente de alcohol (etanol, el cual se produce por la fermentación controlada de mosto). En definitiva, es un líquido rico en carbohidratos (como la glucosa), compuestos nitrogenados, compuestos de azufre y oligoelementos extraídos de la cebada malteada.

La cerveza es una bebida tan interesante que ha sido sometida a diversos estudios de ensayos biológicos como agente quimioterapéutico debido a que su compleja matriz

también contiene prenilflavonoides como xantohumol e isoxantohumol derivados del lúpulo. Este tipo de compuestos ha presentado actividad como inhibidores de la carcinogénesis en las fases de iniciación, promoción y progresión. (Morales-Toyo, 2018)

#### **2.2.4. Fermentación**

La fermentación es un proceso anaeróbico, esto quiere decir que en ausencia de oxígeno se desprende alcohol (etanol) y gas carbónico debido al proceso metabólico de las bacterias anaeróbicas y de las levaduras. El alcohol o etanol producido en este proceso es usado comúnmente en la fabricación de bebidas alcohólicas tales como el vino, la cerveza, etc. (Cruz & Meyer, 2019)

La fermentación es la alternativa anaeróbica para la producción de ATP cosechando la energía de los alimentos; emplea la glucólisis para oxidar la glucosa y otros componentes orgánicos a piruvato, con la producción neta de 2 ATP por fosforilización a nivel del sustrato, siendo el NAD<sup>+</sup> el agente oxidante que acepta electrones a partir de los alimentos durante la glucólisis, así el aceptor final de los electrones es una molécula de piruvato o de acetaldehído, dependiendo del tipo de fermentación (láctica o alcohólica, respectivamente) (Campbell & Reece, 2017).

##### **2.2.4.1. Tipos de fermentación:**

- **Fermentación con levaduras Altas:** formadas por cultivos de *Saccharomyces cerevisiae*, que suben a la parte posterior del tanque de fermentación (cervezas "ale"). El proceso empieza alrededor de los 9°C; la temperatura asciende unos pocos grados en la fermentación tumultuosa, y finalmente desciende alrededor de 5°C en el enfriamiento. Al cabo de unos días comienza la fermentación lenta, que dura de quince a veinte días, según la fábrica y el tipo de cerveza.

- **Fermentación con levaduras Bajas:** formadas por cultivos de *S. carlsbergensis*, que se depositan en la parte inferior, con temperaturas entre 15 y 20°C (cervezas "Lager"). (Hernández, F. 2014)

#### **2.2.4.2.Importancia**

El proceso de fermentación es muy importante debido a que involucra biotransformación de azúcares en diversos alcoholes y compuestos aromáticos que colaboran para dar a cada bebida su identidad organoléptica distintiva; por lo que el papel que desempeñan las levaduras es fundamental. Al tratarse de un organismo vivo, es necesario controlar aspectos como la temperatura, la disponibilidad de oxígeno y nutrientes, cantidad de inóculo y control de microorganismos no deseados. (Ensenada, 2020)

#### **2.2.5. Extrusión**

De acuerdo con Delgado et al. (2019) esta tecnología se usa para la producción de cereales para así mejorar la calidad nutricional y nutracéutica; y según Berwing et al (2017) la calidad también está relacionada con sus factores sensoriales como apariencia, sabor y textura; cuya finalidad es la cocción de materias primas ricas en almidones. (Navarro et al., 2018) y a medida que pasan el tiempo se vuelve más popular e importante debido a su control automatizado, alta capacidad de operación continua, alta productividad, versatilidad, adaptabilidad, eficiencia energética y el bajo costo de su procesamiento (Arêas et al., 2016)

##### **2.2.5.1.Utilidad**

El proceso de extrusión ofrece un amplio rango de aplicaciones, como las siguientes: alimentos precocidos o preformados, cereales instantáneos para el desayuno, botanas, golosinas, alimentos para bebé, sopas instantáneas, proteínas vegetales texturizadas, sustitutos de carne, harinas compuestas y enriquecidas, sustitutos lácteos, productos de

panificación, almidones modificados y gelatinizados, productos de confitería, pastas para sopas, espaguetis y macarrones, alimentos para animales y aditivos de uso industrial. (Gómez *et al.*, 2018)

### **2.2.6. Peletizado**

El peletizado es una técnica de procesamiento que goza de gran popularidad en la fabricación de alimentos balanceados entre otros. Básicamente, el peletizado convierte una mezcla de ingredientes finamente molidos en aglomerados (pellets) densos de libre flujo.

La formación del pellet, en realidad, sucede en el punto en donde están por entrar en contacto los rodillos y el dado (o matriz) de salida. Todas las otras actividades relacionadas con la operación, tales como el acondicionamiento, enfriamiento, etc, realmente dan apoyo y aumentan la acción en ese punto del sistema. Para poder entender el proceso y estar en posición de tomar decisiones inteligentes para mejorar la producción, calidad o apariencia, debe uno tener un conocimiento a fondo de lo que pasa en el punto de contacto. (Draghi, 2019)

#### **2.2.6.1.Importancia**

El peletizado es un proceso bien conocido e importante en la industria. La transformación de las diferentes harinas en pellets tiene beneficios en cuanto a las propiedades nutricionales y el manejo logístico del producto final. Debido a que las harinas se forman en pellets después de la mezcla de los ingredientes, cada pellet contiene los nutrientes especificados por el nutricionista. Esto evita que se coma selectivamente a los animales, asegurando que cada animal consuma una dieta equilibrada.

## **2.2.7. Ácidos**

### **2.2.7.1. Alfa ácidos**

Los alfa-ácidos o Humulonas son una familia de resinas específicas del lúpulo, son los responsables de dar el amargor además de otras propiedades psicoactivas. La capacidad amargante de un lúpulo es medida por el porcentaje de alfa-ácidos, la que varía bastante dependiendo de las variedades. La temperatura en la cocción es quien transforma (isomerización) el mosto y será finalmente el responsable del amargor.

### **2.2.7.2. Beta ácidos**

Los beta-ácidos o Lupulonas son resinas similares, sin embargo, tienen muy poco amargor. De haber presencia de oxígeno, las resinas podrían dañarse rápidamente, generando sabores y olores muy desagradables para la cerveza.



### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Materiales y equipos**

##### **3.1.1. Materia prima**

Para la producción de cerveza, se utilizó como materia prima:

##### **Malta de cebada**

Para la elaboración de la cerveza se utilizó malta de cebada de variedad Pale Ale, adquirido desde la ciudad de Lima.

##### **Lúpulo**

Para el proceso de cocción se utilizó lúpulo de la variedad Cascade, y como lúpulo de amargor se utilizó lúpulo Mandarina Bavaria, lúpulo Citra, lúpulo Mosaic y lúpulo Hallertau Blanc, adquirido de la marca Home Brewer y de Navarro y Cia Perú, de la ciudad de Lima.

##### **3.1.2. Insumos**

Para la producción de cerveza, se utilizó los siguientes insumos:

- Levadura
- Azúcar
- Gelatina sin sabor colapiz

##### **3.1.3. Equipos**

- Extrusor (Marca: IMBRA; Modelo: LABOR PQ DRX-50)
- Espectrofotómetro (Marca: UNICO; Modelo: SQ2800)
- Fermentador cónico (Marca: BREWTECH)
- Convertidor de voltaje (Marca: HURRICANE; Modelo: TC-1000)
- Molino automático (Marca: CORONA)

- Bomba con cabezal de acero inoxidable (Marca: THE HOME BREWER PERU; Modelo: MP – 15RM)
- Chiller de glicol (Marca: BREWTECH; Modelo: 1TBG-225-GLYCOL; Serie: 22030257)
- Cocina escalonada (Marca: THE HOME BREWER PERU)

#### **3.1.4. Instrumentos**

- Balanza de pie
- Brixómetro
- Enchapadora
- Botellas
- Chapas
- Glicol para chiller nacional
- Manguera nacional
- Estándares cromatográficos
- Filtros de membrana 0.22 micrómetros
- Materiales de oficina
- Materiales de limpieza
- Tubos de polipropileno con fondo cónico para centrifuga, volumen de 50 ml

#### **3.1.5. Reactivos**

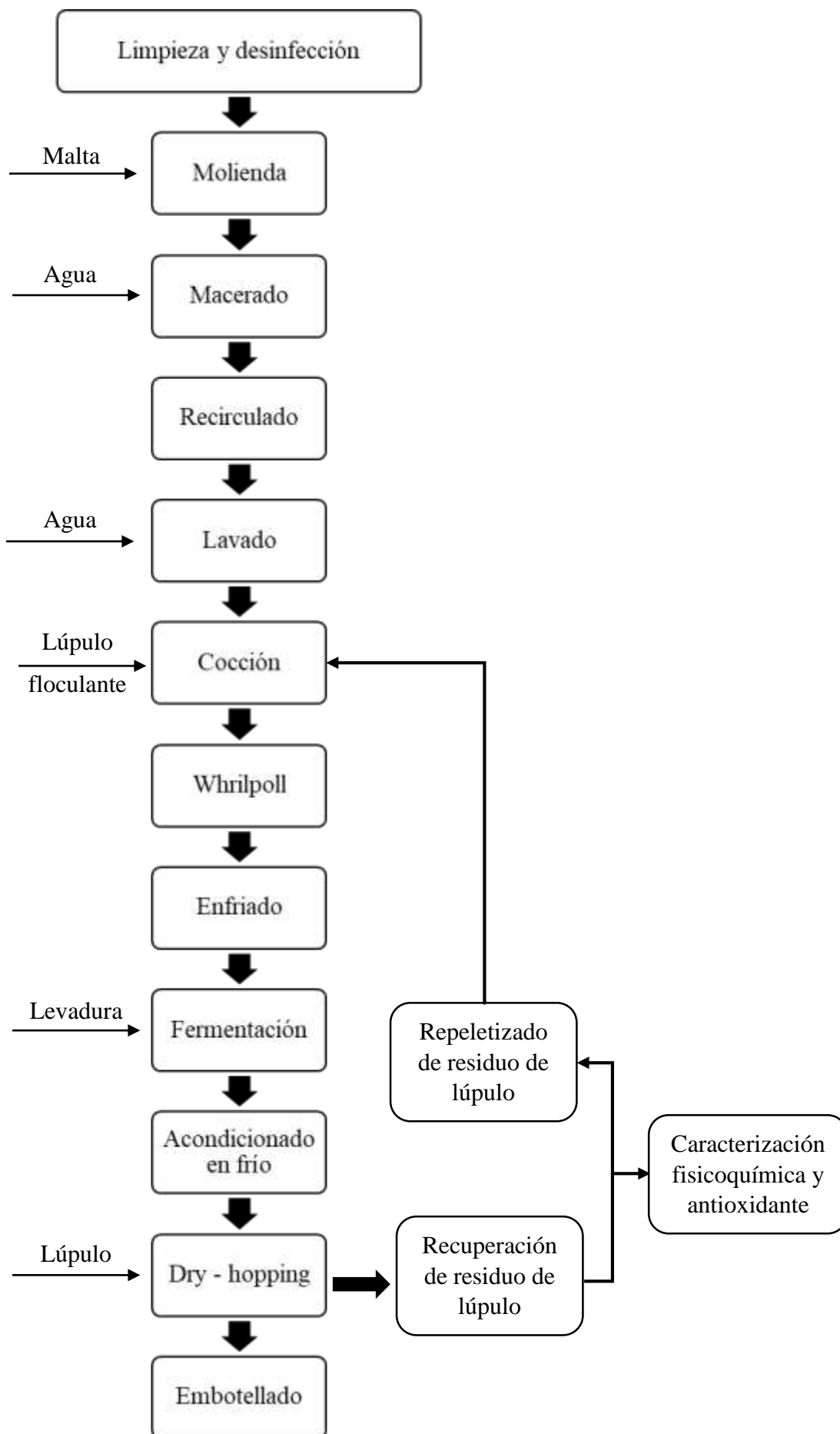
- Diethyl éter
- Metanol
- Ácido fórmico
- Ácido acético
- Acetonitrilo

- Hexano 95%
- Etanol 96%
- Solución saturada de NaCl
- Hidróxido de sodio 0.5N
- Isocianato 99% de pureza
- Helio 99% de pureza
- Oxígeno 96% de pureza
- Acetona 95%
- Solución de Trifloruro de Boro BF<sub>3</sub>, 12% v/v en metanol
- Solución de NaCl saturado

## **3.2. Metodología**

### **3.2.1. Diagrama de flujo**

En un fermentador cónico conteniendo 45L de cerveza artesanal Ale a 12°Bx y 20IBU de amargor empleando lúpulo cascade como lúpulo de amargor durante la etapa de cocción, se aplicó la técnica de Dry-hop durante el acondicionado en frío a 7°C según el siguiente esquema:

**Figura 4.** Diagrama de flujo del proceso de elaboración de cerveza

### 3.2.2. Descripción del proceso

**Limpieza y desinfección:** se recibió la materia prima pasó a limpiarse verificando que todo estuviera en óptimas condiciones.

**Molienda:** se trituró 12 kg de la malta variedad Pale Ale con un molino manual, el grano molido se llevó al macerado.

**Macerado:** se utilizó una olla de acero inoxidable con falso fondo (olla de macerado) junto con agua a 70°C de temperatura. El macerado o Mash se agitó vigorosamente y se dejó reposar durante 60 minutos para la formación de la cama del grano.

**Recirculado:** posterior a los 60 minutos del macerado, se recolectó parte del mosto abriendo el caño instalado en la parte inferior de la olla de macerado, se drenó su contenido en una pequeña jarra y se volvió a verter suavemente en la olla. El recirculado se repitió hasta que el mosto recolectado presentó una apariencia cristalina sin rastro alguno de grano. Seguidamente, se separó el mosto del grano húmedo, para esto se abrió el caño inferior de la olla de macerado y se drenó todo el líquido azucarado hacia una segunda olla de acero inoxidable (olla de cocción)

**Lavado:** se realizó un lavado por lotes adicionando agua a 70°C a la olla de macerado (conteniendo aun el grano húmedo), luego se agitó el Mash diluido (grano húmedo / agua de lavado) para esto se utilizó una pala de acero inoxidable, y se repitió la etapa de recirculado hasta que el mosto drenado no presente rastro de granos. El Mash diluido se recolectó en la olla de cocción a través del caño inferior de la olla de macerado.

**Cocción:** la olla de cocción que contuvo el mosto recolectado de las etapas anteriores se calentó hasta alcanzar la temperatura de 100°C, en ese momento se adicionó lúpulo variedad Cascade como lúpulo de amargor. Esta temperatura se mantuvo durante el

periodo de 60 minutos. En el minuto 45 del proceso de hervor se adicionó gelatina sin sabor colopez como agente floculante.

**Whirlpool:** una vez finalizada la etapa de hervor, la olla de cocción que contuvo el mosto amargo se agitó de forma circular en sentido horario con una pala de acero inoxidable durante 10 minutos.

**Enfriado:** el mosto elaborado se enfrió hasta la temperatura de 25°C utilizando un enfriador de placas grado alimentario, transportándose hacia el fermentador cónico para lo cual se utilizó mangueras sanitarias y una bomba con cabezal de acero inoxidable.

**Fermentación:** el proceso de fermentación se dio inicio con el inoculado del fermentador cónico que contuvo el mosto frío con 1 sobre de levadura comercial SafAle US-05. La fermentación se realizó a una temperatura controlada de 21°C durante 7 días.

**Acondicionado en frío:** posterior al proceso anterior, se activó el sistema de control de temperatura del fermentador cónico, el cual constó de una bomba sumergida en un compresor o “chiller” de glicol, el cual hizo fluir el refrigerante por el serpentín de acero inoxidable instalado en el equipo, y así se descendió la temperatura del mosto a 7°C, estas condiciones fueron mantenidas durante los 14 días que duró la etapa de acondicionado de frío.

**Dry – hopping:** en el séptimo día de la etapa de acondicionado en frío se purgó la levadura sedimentada en el cono del fermentador, después, se adicionó los lúpulos experimentales como lúpulo de aroma para el Dry-Hop.

**Recuperación de residuo de lúpulo:** una vez completado los 14 días del acondicionado en frío se purgó el desecho de lúpulo del cono del fermentador. El desecho de lúpulo se recolectó en un matraz Erlenmeyer estéril envuelto en papel aluminio para evitar la

oxidación de cualquier componente del subproducto y almacenarlo en frío para ser conservado.

**Re-peletizado de residuo de lúpulo:** el residuo de lúpulo que se recolectó pasará por un proceso de re-peletizado y para ello se utilizó un equipo peletizador. Los pellets generados fueron utilizados en un nuevo proceso de elaboración de cerveza.

**Embotellado:** La cerveza obtenida fue recolectada en una olla de acero inoxidable donde se adicionó 250g de azúcar rubia para la carbonatación natural. La mezcla se batió procurando la completa dilución de la azúcar agregada, después se procedió al envasado mediante un tubo llenador de botellas y además se utilizó un enchapador de banco para colocar las chapas a cada botella.

### 3.2.3. Análisis fisicoquímicos

#### 3.2.3.1. Análisis fisicoquímicos de la malta de cebada

- **Índice de humedad**

Para determinar la concentración de humedad de la malta de cebada se trituró la malta de cebada, y se pesó 05g de muestra en placas Petri ya pesadas anteriormente; después se colocaron dichas placas Petri con las muestras en la estufa a 60°C durante 24 horas; posteriormente se retiraron las muestras para hallar la humedad y se envolvió en aluminio para su conservación.

- **Índice de cenizas**

Para determinar la ceniza de la malta de cebada se pesó 05g de muestra resultante de la determinación de la humedad; se puso en un crisol ya pesado previamente, y se colocó en la mufla a 550°C durante 04 horas, finalmente se retiró el crisol al acabar el proceso y se pesó para determinar el contenido de cenizas.

### 3.2.3.2. Análisis fisicoquímicos del residuo de lúpulo

El residuo de lúpulo y el lúpulo utilizado al principio se analizaron según los siguientes protocolos:

- **Índice de humedad**

Para determinar la concentración de humedad en el lúpulo se trituro la malta de cebada, y se pesó 05g de muestra en placas Petri ya pesadas anteriormente; después se colocaron dichas placas Petri con las muestras en la estufa a 60°C durante 24 horas; posteriormente se retiraron las muestras para hallar la humedad y se envolvió en aluminio para su conservación.

- **Índice de cenizas**

Para determinar la ceniza del lúpulo se pesó 05g de muestra resultante de la determinación de la humedad; se puso en un crisol ya pesado previamente, y se colocó en la mufla a 550°C durante 04 horas, finalmente se retiró el crisol al acabar el proceso y se pesó para determinar el contenido de cenizas.

- **Índice de grasa**

Para determinar la grasa del lúpulo se pesó 03g de muestra seca en vasos de aluminio pesados previamente, se elaboró un cartucho con papel filtro para el sellado, luego se colocó en dedales del equipo y se agregó 45 ml de éter de petróleo y se programó el equipo a una temperatura de 90°C, 10 minutos de lavado, 45 minutos de enjuagado, 10 minutos de recuperación y 5 minutos de secado, finalmente se retiró y se pesaron los vasos con materia grasa para calcular el contenido de grasa.

- **Proteínas**

El contenido de proteínas en el lúpulo se determinó mediante el uso del equipo DUMAS.



- **Actividad antioxidante**

La actividad antioxidante se calculó mediante espectrofotometría a 593nm y se expresó en mmolFe (II)/L a través del ensayo de Poder antioxidante de reducción ferrica FRAP, por sus siglas en inglés según Bertuzzi *et al.* (2020)

- **Componentes fenólicos**

El contenido total de fenoles se determinó utilizando el método Folin-Ciocalteu's mediante espectrofotometría a 765 nm. Los resultados se expresaron en equivalentes de ácido gálico (mg GAE/L de cerveza) según Bertuzzi *et al.* (2019)

### **3.3. Diseño estadístico**

#### **3.3.1. Variable independiente**

- Fermentación
  - 45 L
  - 12°Brix
  - 20IBU
- Concentraciones
  - T1: 500 g/Hl
  - T2: 500 g/hL
  - T3: 500 g/hL
  - T4: 500 g/hL $\beta$

#### **3.3.2. Variable dependiente**

- Características fisicoquímicas (actividad antioxidante, componentes fenólicos, humedad, grasa, ceniza y proteínas)

- Características sensoriales (apariencia general, aroma, color, turbidez, carbonatación, espuma, amargor, dulzor, sabor lúpulo, sabor malta y alcohol)

Se utilizó el diseño experimental Completamente al Azar (DCA)

*Tabla 4. Tratamiento para cada lúpulo*

Cerveza 45 L 12°Brix y 20IBU	Lúpulo Citra	Lúpulo Mosaic	Lúpulo Hallertau Blanc	Lúpulo Mandarina Bavaria
1	500 g/hL	-	-	-
2	-	500 g/hL	-	-
3	-	-	500 g/hL	-
4	-	-	-	500 g/hL
5	-	-	-	-

Con 3 repeticiones para cada muestra de lúpulo y 4 muestras de control, siendo 16 muestras.

### 3.3.3. Modelo estadístico

Se empleó el diseño experimental Completamente al Azar (DCA) que se expresa de la siguiente forma:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$ : es la variable aleatoria que representa la respuesta de la  $j$ -ésima unidad experimental asignada al  $i$ -ésimo tratamiento, con  $i = 1, 2, \dots, n$  y  $j = 1, 2, \dots, ni$

$\mu$ : denota la respuesta global promedio

$\alpha$ : es el efecto del  $i$ -ésimo tratamiento sobre el promedio global

### 3.3.4. Recolección de información

Para esta investigación se recolectó la siguiente información:

- Análisis fisicoquímicos de la malta, lúpulo inicial y lúpulo residual.

- Recolección de datos sobre los equipos y procesos.

### **3.3.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

Se realizaron comparaciones estadísticas entre las medias de los tratamientos para la caracterización física y química, los compuestos fenólicos totales (TPC) y la capacidad antioxidante con análisis de varianza (ANOVA) si existen diferencias significativas con un 95% de confianza, se utilizó la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ) para identificar la diferencia entre tratamientos, utilizando el software de soporte estadístico Minitab® versión 19.1.1.0.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1. Caracterización fisicoquímica de la malta

Se realizaron tres análisis por triplicado para lograr caracterizar la malta de cebada de la variedad Pale Ale en términos de humedad, cenizas y proteína. Los resultados de dichos análisis se muestran en la tabla 6.

Tabla 5. Caracterización fisicoquímica de la malta Pale Ale

Componente	Valores obtenidos (%)
<b>Humedad</b>	4.42 ± 0,02
<b>Ceniza</b>	7.91 ± 0,03
<b>Proteína</b>	9.70 ± 0,01

\*Media de 3 repeticiones ± DS

En la tabla 6 se pueden observar los valores obtenidos del análisis proximal de la harina de malta, que fueron 4.42% de humedad, 7.91% de cenizas y 9.70% de proteína. Un estudio previo realizado por Barja & Martínez (2022) en la Escuela Militar de Ingeniería Unidad Académica Santa Cruz para la harina de malta de cebada, contiene 8,57% de proteína, un contenido aproximado al de nuestro análisis.

### 4.2. Caracterización fisicoquímica del lúpulo

#### 4.2.1. Determinación química de los residuos de lúpulo

- Se caracterizó el lúpulo (no repeletizados vs repeletizados) (4 tipos de lúpulo)

Tabla 6. Caracterización de los 4 tipos de lúpulo iniciales y repeletizados.

Tipo de lúpulo	Humedad	Cenizas*	Proteínas*	Grasa*	Carbohidratos*
L. Mandarina	62.961±0.002 <sup>b</sup>	2.674±0.066 <sup>c</sup>	20.221±0.250 <sup>b</sup>	5.637±0.193 <sup>a</sup>	71.412±0.150 <sup>a</sup>
L. Mosaic	64.587±0.004 <sup>a</sup>	3.800±0.020 <sup>c</sup>	21.180±0.209 <sup>ab</sup>	6.334±0.193 <sup>a</sup>	69.623±0.497 <sup>bc</sup>
L.H. Blank	59.339±0.001 <sup>d</sup>	1.790±0.017 <sup>f</sup>	21.069±0.386 <sup>ab</sup>	5.996±0.261 <sup>a</sup>	70.171±0.683 <sup>ab</sup>
L Citra	60.296±0.002 <sup>c</sup>	4.025±0.016 <sup>b</sup>	20.354±0.288 <sup>b</sup>	6.842±0.198 <sup>a</sup>	68.733±0.453 <sup>c</sup>
L. Mandarina - RP	48.601±0.002 <sup>e</sup>	1.822±0.002 <sup>f</sup>	21.981±0.268 <sup>a</sup>	4.826±0.191 <sup>a</sup>	71.534±0.700 <sup>a</sup>
L. Mosaic - RP	46.486±0.002 <sup>f</sup>	4.155±0.003 <sup>a</sup>	20.324±0.161 <sup>b</sup>	6.106±0.258 <sup>a</sup>	69.458±0.388 <sup>bc</sup>
L.H. Blank - RP	49.747±0.000 <sup>g</sup>	3.623±0.006 <sup>d</sup>	20.289±0.215 <sup>b</sup>	5.637±0.695 <sup>a</sup>	69.927±0.339 <sup>bc</sup>
L Citra - RP	47.918±0.000 <sup>h</sup>	4.080±0.009 <sup>ab</sup>	21.863±0.321 <sup>a</sup>	4.482±0.691 <sup>a</sup>	70.420±0.418 <sup>ab</sup>

Letras diferentes presentan diferencias estadísticas significativas (p<0.05)

\*En base seca.

RP: Repeletizado

La determinación de los residuos de lúpulo se reportó en base seca y húmeda; en general, estos resultados no presentaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) para el contenido de grasa y el contenido de proteína. Sin embargo, el contenido de cenizas y carbohidratos mostró ligeras diferencias entre las muestras. En cuanto a la humedad de los lúpulos, sí existe una diferencia entre los iniciales y los repeletizados dado al tiempo que el residuo estuvo expuesto a temperatura ambiente para su secado natural.

#### 4.2.2. Determinación de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante

*Tabla 7. Caracterización de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en residuos de lúpulo.*

<b>Tipo de lúpulo</b>	<b>Compuestos fenólicos totales*</b>	<b>Capacidad antioxidante (<math>\mu\text{mol Trolox/g}</math>)</b>
L. Mandarina	216.023 $\pm$ 4.240 <sup>b</sup>	286.269 $\pm$ 24.125 <sup>c</sup>
L. Mosaic	221.288 $\pm$ 2.603 <sup>ab</sup>	148.509 $\pm$ 10.090 <sup>d</sup>
L.H. Blank	214.792 $\pm$ 4.215 <sup>b</sup>	328.171 $\pm$ 10.754 <sup>bc</sup>
L Citra	227.135 $\pm$ 1.373 <sup>a</sup>	463.669 $\pm$ 7.699 <sup>a</sup>
L. Mandarina - RP	121.583 $\pm$ 1.178 <sup>c</sup>	504.963 $\pm$ 17.589 <sup>a</sup>
L. Mosaic - RP	121.940 $\pm$ 5.517 <sup>c</sup>	326.449 $\pm$ 14.713 <sup>bc</sup>
L.H. Blank - RP	118.138 $\pm$ 1.319 <sup>c</sup>	348.835 $\pm$ 9.588 <sup>b</sup>
L Citra - RP	123.802 $\pm$ 4.685 <sup>c</sup>	343.669 $\pm$ 19.558 <sup>b</sup>

Letras diferentes presentan diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ )

\*En base seca.

RP: Repeletizado.

En la tabla 8 se aprecia los resultados obtenidos para compuestos fenólicos oscilando entre 214.792 y 227.135 para los lúpulos NO repeletizados y se observa una disminución con los repeletizados con datos entre 118.138 y 123.802, por ende, estos tienen menos compuestos fenólicos y para la capacidad antioxidante en los lúpulos NO repeletizados oscilan entre 148.509 y 463.669, mientras que los lúpulos repeletizados oscilan entre 326.449 y 504.963, observándose un aumento. Una investigación realizada por Zhao (2015) y Socha (2017) determinan que la composición polifenólica influye en el sabor, color, espuma, turbidez, amargor y también en las propiedades coloidales y sensoriales, además de la estabilidad y en la vida útil de la misma, por lo que se puede decir que el

tipo y la cantidad de compuestos fenólicos presentes en las cervezas le atribuyen un indicador de calidad en el procesamiento y en su comercialización.

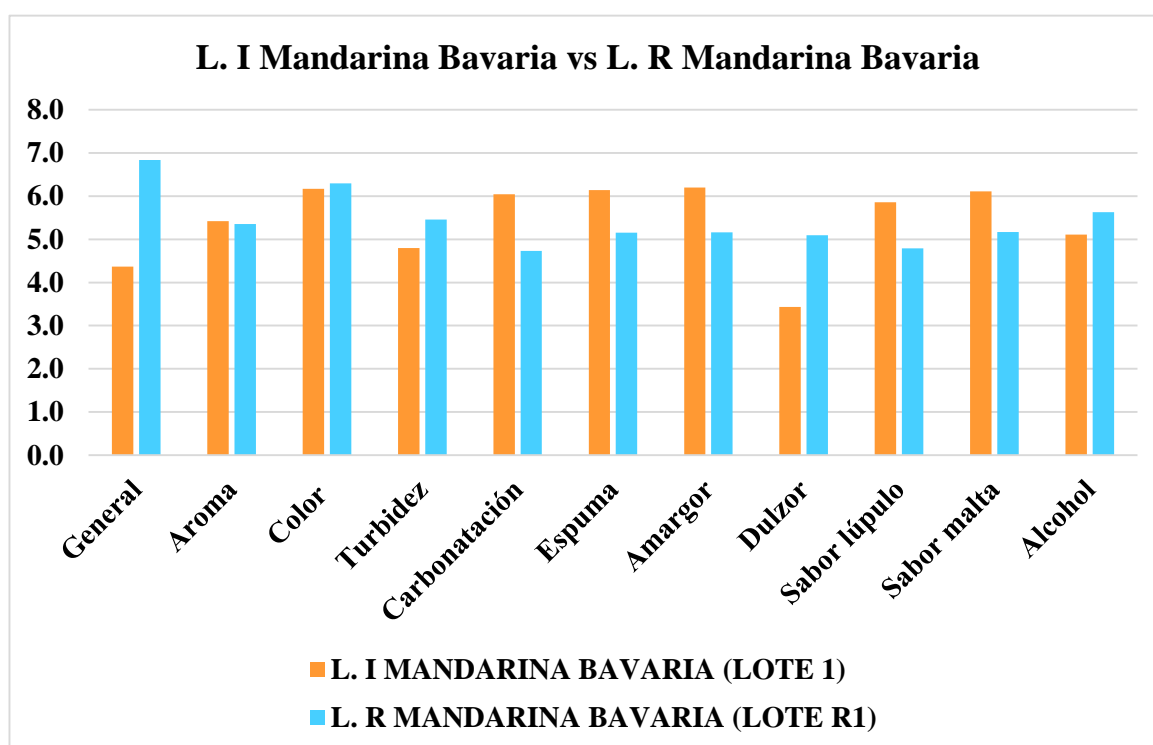
#### 4.2.3. Análisis sensorial de las cervezas

Evaluación sensorial de las cervezas con lúpulo repeletizado y no repeletizado.

*Tabla 8. Evaluación sensorial de cerveza con lúpulo Mandarina Bavaria vs lúpulo repeletizado Mandarina Bavaria*

Tipo de Lúpulo	General	Aroma	Color	Turbidez	Carbonatación	Espuma	Amargor	Dulzor	Sabor lúpulo	Sabor malta	Alcohol
L. I. Mandarina Bavaria (Lote 1)	4.4	5.4	6.2	4.8	6.0	6.1	6.2	3.4	5.9	6.1	5.1
L. R. Mandarina Bavaria (Lote R1)	6.8	5.4	6.3	5.5	4.7	5.2	5.2	5.1	4.8	5.2	5.6

**Figura 5. Gráfico de barras L. I Mandarina Bavaria vs L. R Mandarina Bavaria**

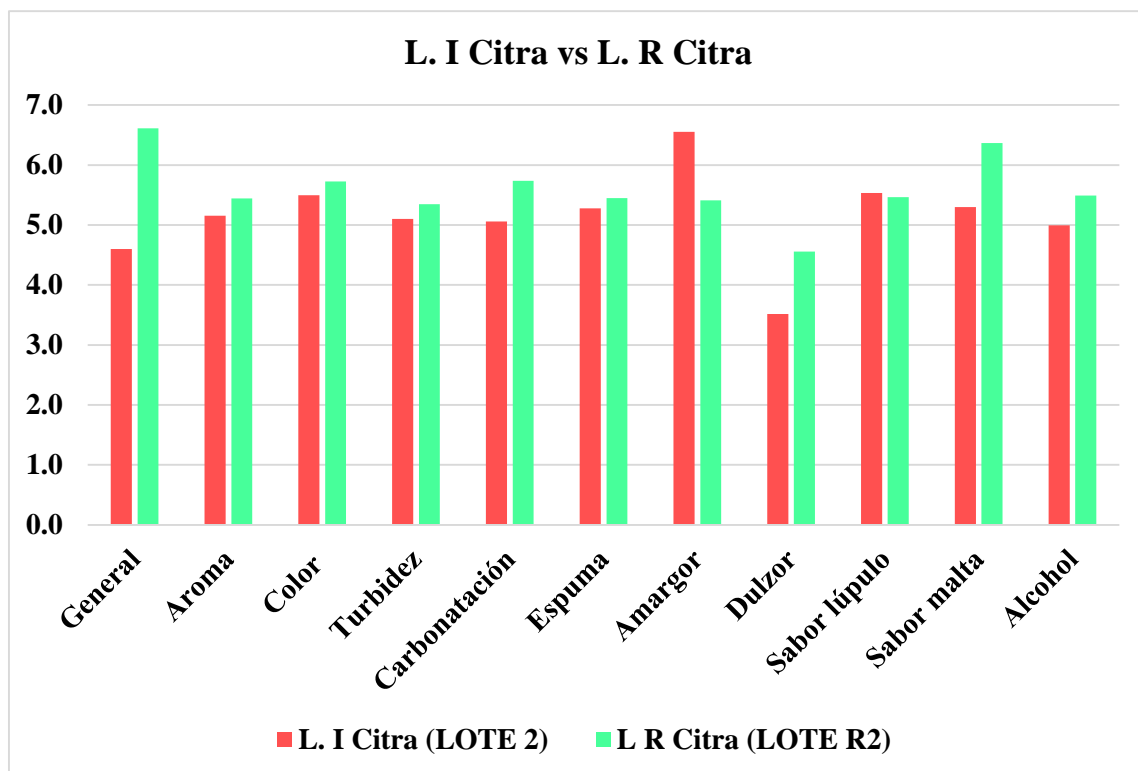


En la tabla 9 y en la figura 5 se aprecia una disminución en las características sensoriales de la cerveza con lúpulo repeletizado teniendo un amargor de 5.2 con mayor aceptabilidad por los panelistas a diferencia de la cerveza inicial con un amargor de 6.2 con menos aceptabilidad por su alto contenido de amargor.

Tabla 9. Evaluación sensorial de cerveza con lúpulo Citra vs lúpulo repeletizado Citra

Tipo de Lúpulo	General	Aroma	Color	Turbidez	Carbonatación	Espuma	Amargor	Dulzor	Sabor lúpulo	Sabor malta	Alcohol
L. I Citra (Lote 2)	4.6	5.2	5.5	5.1	5.1	5.3	6.6	3.5	5.5	5.3	5.0
L R Citra (Lote R2)	6.6	5.4	5.7	5.3	5.7	5.4	5.4	4.6	5.5	6.4	5.5

Figura 6. Gráfico de barras L. I Citra vs L. R Citra

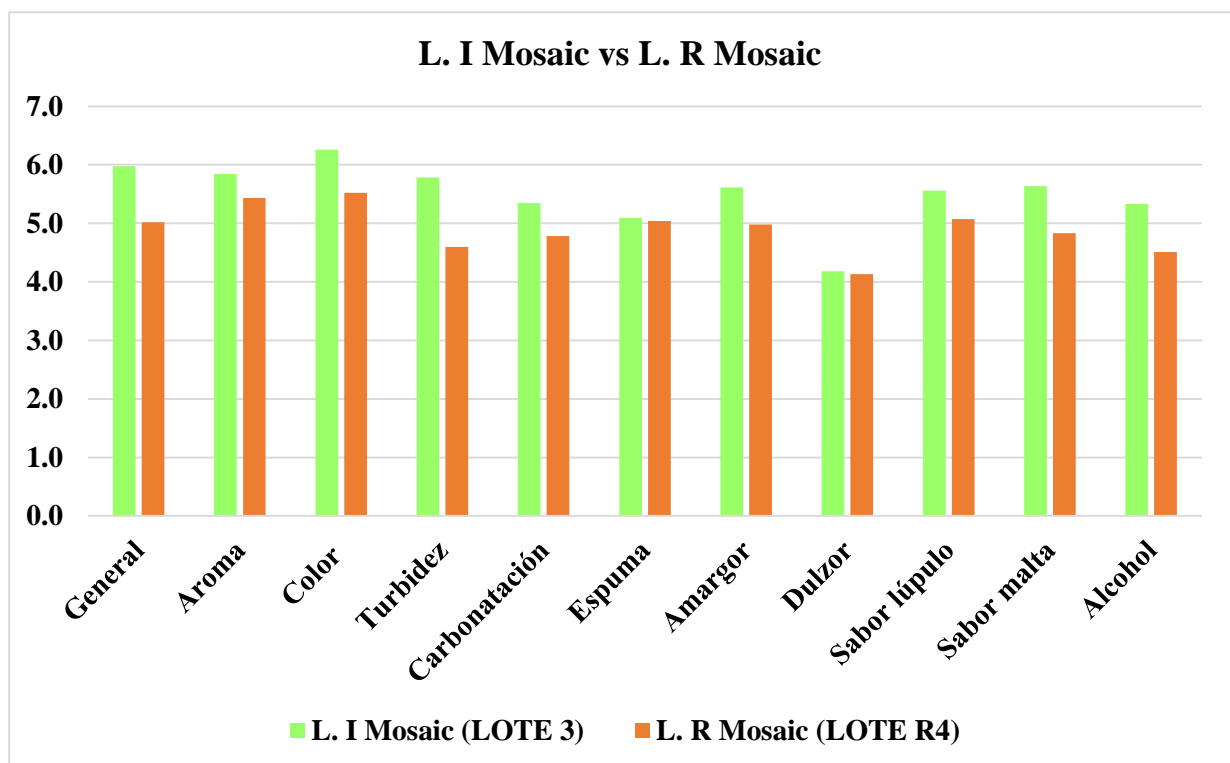


En la tabla 10 y en la figura 6 se aprecia una disminución en las características sensoriales de la cerveza con lúpulo repeletizado teniendo un amargor de 5.4 con mayor aceptabilidad por los panelistas a diferencia de la cerveza inicial con un amargor de 6.6 con menos aceptabilidad por su alto contenido de amargor.

Tabla 10. Evaluación sensorial de cerveza con lúpulo Mosaic vs lúpulo repetizado Mosaic

Tipo de Lúpulo	General	Aroma	Color	Turbidez	Carbonatación	Espuma	Amargor	Dulzor	Sabor lúpulo	Sabor malta	Alcohol
L. I Mosaic (Lote 3)	6.0	5.8	6.3	5.8	5.3	5.1	5.6	4.2	5.6	5.6	5.3
L. R Mosaic (Lote R4)	5.0	5.4	5.5	4.6	4.8	5.0	5.0	4.1	5.1	4.8	4.5

Figura 7. Gráfico de barras L. I Mosaic vs L. R Mosaic



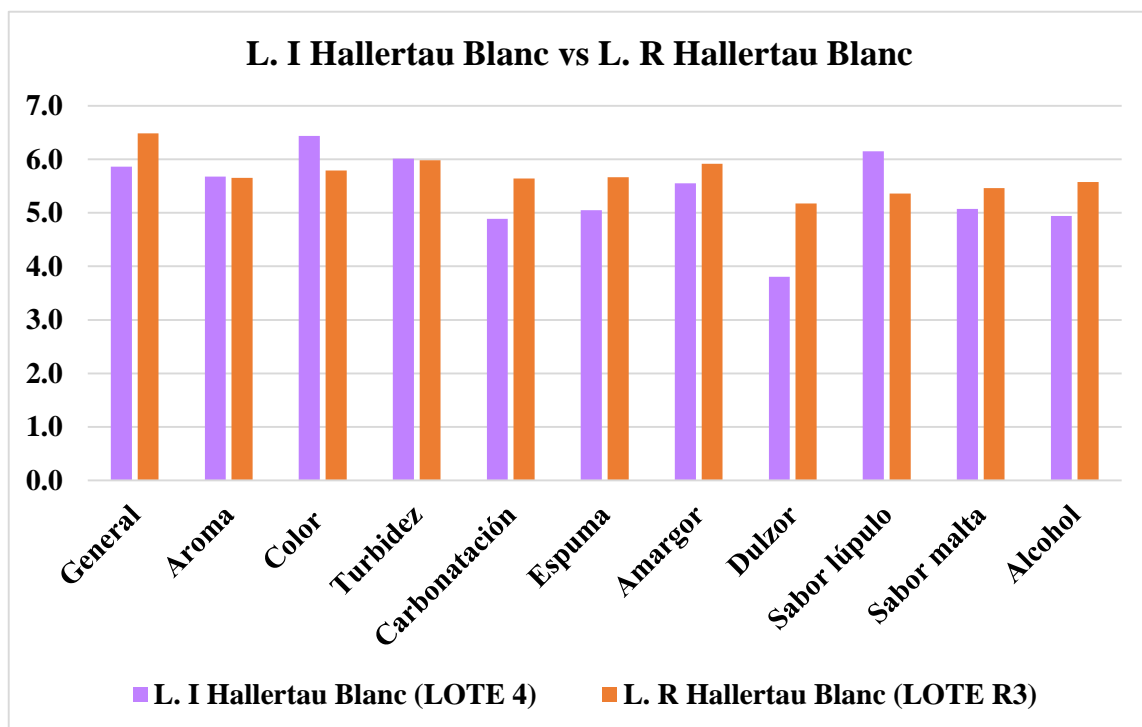
En la figura 7 se aprecia una disminución en las características sensoriales de la cerveza con lúpulo repetizado teniendo un amargor de 5.0 con mayor aceptabilidad por los panelistas a diferencia de la cerveza inicial con un amargor de 5.6 con menos aceptabilidad por los panelistas por su contenido de amargor.



*Tabla 11. Evaluación sensorial de cerveza con lúpulo Hallertau Blanc vs lúpulo repeletizado Hallertau Blanc*

Tipo de Lúpulo	General	Aroma	Color	Turbidez	Carbonatación	Espuma	Amargor	Dulzor	Sabor lúpulo	Sabor malta	Alcohol
L. I Hallertau Blanc (Lote 4)	5.9	5.7	6.4	6.0	4.9	5.0	5.6	3.8	6.1	5.1	4.9
L. R Hallertau Blanc (Lote R3)	6.5	5.7	5.8	6.0	5.6	5.7	5.9	5.2	5.4	5.5	5.6

**Figura 8.** Gráfico de barras L. I Hallertau Blanc vs L. R Hallertau Blanc

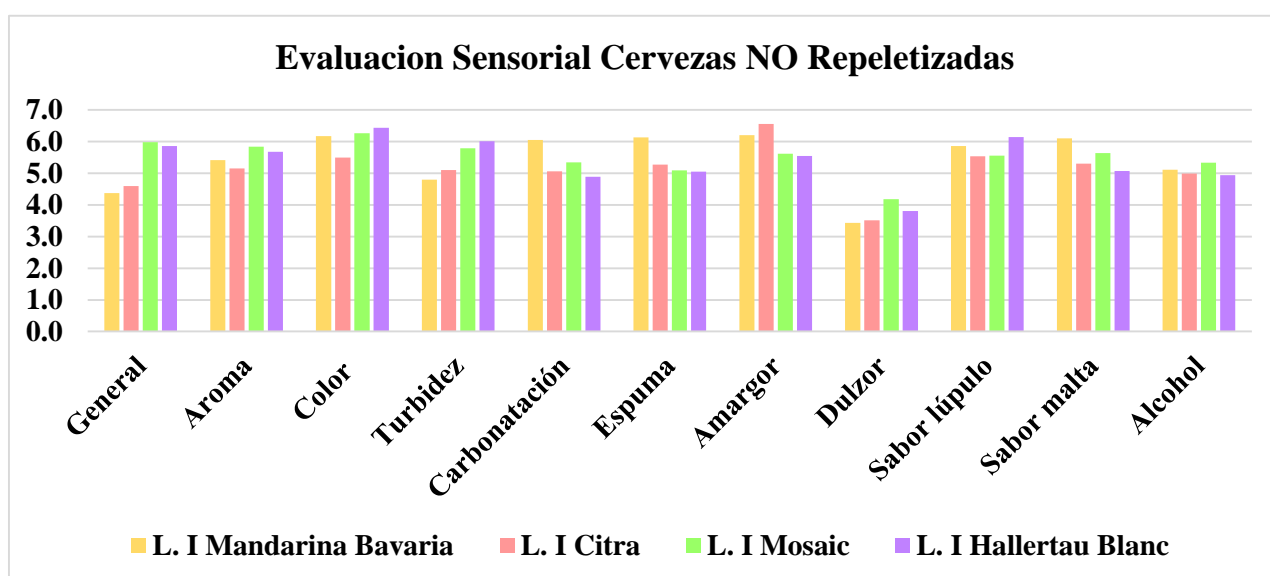


En la figura 8 se aprecia un aumento en algunas características sensoriales de la cerveza con lúpulo repeletizado teniendo un amargor de 5.9 con mayor aceptabilidad por los panelistas a diferencia de la cerveza inicial con un amargor de 5.6 con menos aceptabilidad por los panelistas por su contenido de amargor.

Tabla 12. Comparación de evaluación sensorial de las cervezas iniciales

Tipo de Lúpulo	General	Aroma	Color	Turbidez	Carbonatación	Espuma	Amargor	Dulzor	Sabor lúpulo	Sabor malta	Alcohol
L. I Mandarina Bavaria	4.4	5.4	6.2	4.8	6.0	6.1	6.2	3.4	5.9	6.1	5.1
L. I Citra	4.6	5.2	5.5	5.1	5.1	5.3	6.6	3.5	5.5	5.3	5.0
L. I Mosaic	6.0	5.8	6.3	5.8	5.3	5.1	5.6	4.2	5.6	5.6	5.3
L. I Hallertau Blanc	5.9	5.7	6.4	6.0	4.9	5.0	5.6	3.8	6.1	5.1	4.9

Figura 9. Gráfico de barras de Evaluación Sensorial Cervezas NO Repeletizadas

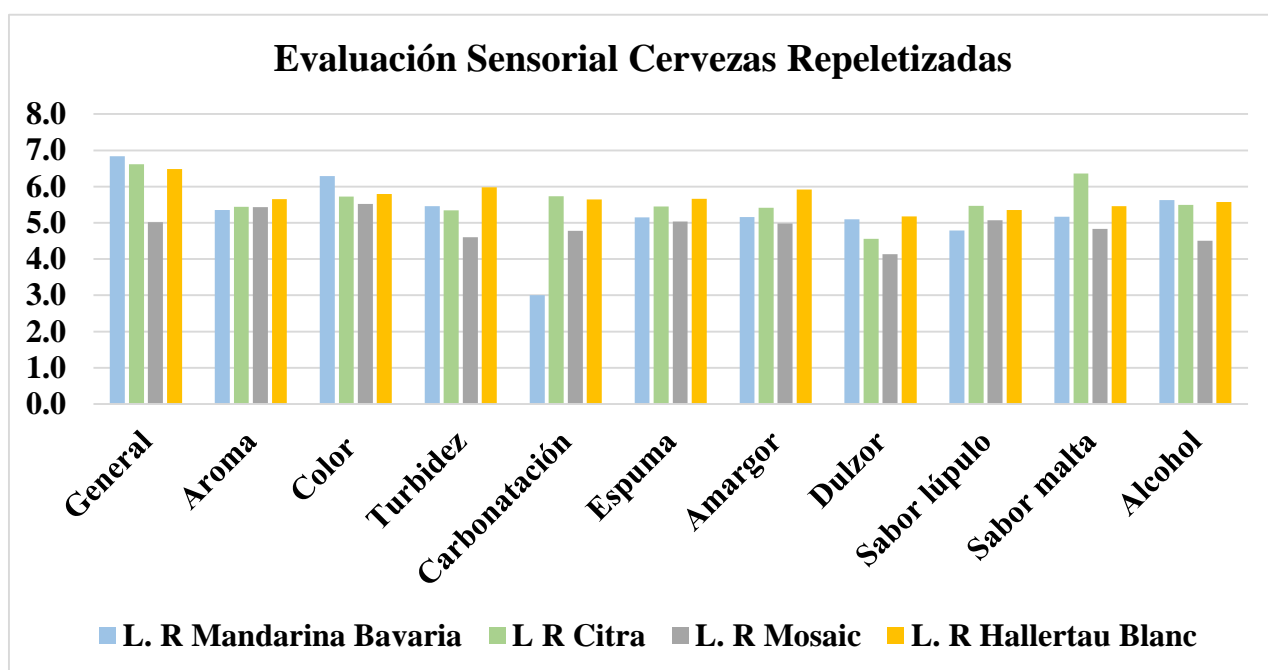


En la tabla 13 se aprecia que de las 4 cervezas las más aceptables fueron las cervezas hechas con lúpulo Mosaic y Hallertau Blanc con una aceptabilidad de 6.0 y 5.9 respectivamente; y las menos aceptadas fueron la cerveza hecha con lúpulo Mandarina Bavaria y Citra con una aceptabilidad de 4.4 y 4.6 respectivamente; en cuanto al amargor la cerveza elaborada con lúpulo Citra fue la que presentó mayor amargor con un rango de 6.6, mientras que la cerveza Mosaic y Hallertau Blanc presentaron un rango de 5.6 en el amargor.

Tabla 13. Comparación de evaluación sensorial de cervezas con lúpulo repeletizado

Tipo de Lúpulo	General	Aroma	Color	Turbidez	Carbonatación	Espuma	Amargor	Dulzor	Sabor lúpulo	Sabor malta	Alcohol
L. R Mandarina Bavaria	6.8	5.4	6.3	5.5	3.0	5.2	5.2	5.1	4.8	5.2	5.6
L. R Citra	6.6	5.4	5.7	5.3	5.7	5.4	5.4	4.6	5.5	6.4	5.5
L. R Mosaic	5.0	5.4	5.5	4.6	4.8	5.0	5.0	4.1	5.1	4.8	4.5
L. R Hallertau Blanc	6.5	5.7	5.8	6.0	5.6	5.7	5.9	5.2	5.4	5.5	5.6

Figura 10. Gráfico de barras de Evaluación Sensorial Cervezas Repeletizadas



En la tabla 12 se aprecia que de las 4 cervezas repeletizadas las más aceptables fueron las cervezas hechas con lúpulo Mandarina Bavaria y Citra con una aceptabilidad de 6.8 y 6.6 respectivamente; y las menos aceptadas fueron la cerveza hecha con lúpulo Mosaic y Hallertau Blanc con una aceptabilidad de 5.0 y 6.5 respectivamente; en cuanto al amargor la cerveza elaborada con lúpulo Hallertau Blanc fue la que presentó mayor amargor con un rango de 5.9, mientras que la cerveza Mosaic fue la que presentó menos amargor con 5.0.

Tabla 14. Análisis ANOVA de las cervezas artesanales iniciales y repeletizados

Cerveza	General	Aroma	Color	Turbidez	Carbonatación	Espuma	Amargor	Dulzor	Sabor lúpulo	Sabor malta	Alcohol
L1	4.26±1.91 <sup>d</sup>	5.26±1.87 <sup>b</sup>	5.98±1.14 <sup>abcd</sup>	4.97±1.57 <sup>bc</sup>	5.77±1.74 <sup>ab</sup>	5.70±1.59 <sup>ab</sup>	6.08±2.23 <sup>ab</sup>	3.23±1.68 <sup>d</sup>	6.01±1.87 <sup>a</sup>	5.86±1.60 <sup>ab</sup>	5.04±1.97 <sup>ab</sup>
L2	4.42±2.03 <sup>d</sup>	4.94±1.88 <sup>b</sup>	5.39±1.45 <sup>d</sup>	4.96±1.59 <sup>bc</sup>	5.08±1.85 <sup>abcd</sup>	5.11±1.93 <sup>b</sup>	6.68±1.67 <sup>a</sup>	3.40±1.67 <sup>cd</sup>	5.46±1.95 <sup>ab</sup>	5.31±1.87 <sup>bc</sup>	5.10±1.93 <sup>ab</sup>
L3	5.98±1.72 <sup>ab</sup>	5.84±1.93 <sup>ab</sup>	6.26±1.67 <sup>abc</sup>	5.78±1.69 <sup>ab</sup>	5.34±1.90 <sup>abcd</sup>	5.10±1.77 <sup>b</sup>	5.62±1.73 <sup>bcd</sup>	4.18±1.74 <sup>bc</sup>	5.56±1.70 <sup>ab</sup>	5.63±1.60 <sup>abc</sup>	5.33±1.83 <sup>ab</sup>
L4	5.86±1.87 <sup>bc</sup>	5.68±1.93 <sup>ab</sup>	6.44±1.30 <sup>ab</sup>	6.01±1.90 <sup>a</sup>	4.89±1.79 <sup>bcd</sup>	5.05±1.54 <sup>b</sup>	5.55±1.59 <sup>bcd</sup>	3.81±1.67 <sup>bcd</sup>	6.15±1.64 <sup>a</sup>	5.07±1.70 <sup>bc</sup>	4.94±1.29 <sup>ab</sup>
LC	6.87±1.45 <sup>a</sup>	6.53±1.34 <sup>a</sup>	6.76±1.41 <sup>a</sup>	5.45±1.72 <sup>abc</sup>	5.99±1.65 <sup>a</sup>	6.30±1.67 <sup>a</sup>	5.56±1.47 <sup>bcd</sup>	4.64±1.40 <sup>ab</sup>	5.71±1.49 <sup>ab</sup>	5.41±1.66 <sup>bc</sup>	5.02±1.84 <sup>ab</sup>
LR1	6.84±1.78 <sup>a</sup>	5.35±2.00 <sup>b</sup>	6.29±1.97 <sup>abc</sup>	5.46±2.38 <sup>abc</sup>	4.73±1.73 <sup>d</sup>	5.15±1.24 <sup>b</sup>	5.16±1.40 <sup>cd</sup>	5.10±1.32 <sup>a</sup>	4.79±2.01 <sup>b</sup>	5.17±1.37 <sup>bc</sup>	5.63±2.46 <sup>a</sup>
LR2	6.55±1.36 <sup>ab</sup>	5.55±1.38 <sup>b</sup>	5.76±1.55 <sup>bcd</sup>	5.67±1.67 <sup>abc</sup>	5.69±1.66 <sup>abc</sup>	5.56±1.60 <sup>ab</sup>	5.67±1.29 <sup>bcd</sup>	4.87±1.38 <sup>ab</sup>	5.41±1.33 <sup>ab</sup>	5.91±1.55 <sup>a</sup>	5.53±1.73 <sup>ab</sup>
LR3	6.49±0.99 <sup>ab</sup>	5.65±1.21 <sup>ab</sup>	5.79±0.89 <sup>bcd</sup>	5.98±1.41 <sup>a</sup>	5.64±1.31 <sup>abcd</sup>	5.67±0.99 <sup>ab</sup>	5.92±1.31 <sup>abc</sup>	5.18±1.40 <sup>a</sup>	5.36±1.24 <sup>ab</sup>	5.46±0.89 <sup>bc</sup>	5.58±1.49 <sup>a</sup>
LR4	5.02±1.06 <sup>cd</sup>	5.43±1.18 <sup>b</sup>	5.52±1.21 <sup>cd</sup>	4.60±1.51 <sup>c</sup>	4.78±1.21 <sup>cd</sup>	5.04±1.00 <sup>b</sup>	4.98±1.26 <sup>d</sup>	4.13±1.17 <sup>bc</sup>	5.07±1.03 <sup>b</sup>	4.83±1.06 <sup>c</sup>	4.51±1.22 <sup>b</sup>

L1: Lote 1 – Lúpulo Inicial Mandarina Bavaria

L2: Lote 2 – Lúpulo Inicial Citra

L3: Lote 3 – Lúpulo Inicial Mosaic

L4: Lote 4 – Lúpulo Inicial Hallertau Blanc

LC: Lote Control – Lúpulo Cascade

LR1: Lote R1 – Lúpulo Repeletizado Mandarina Bavaria

LR2: Lote R2 – Lúpulo Repeletizado Citra

LR3: Lote R3 – Lúpulo Repeletizado Hallertau

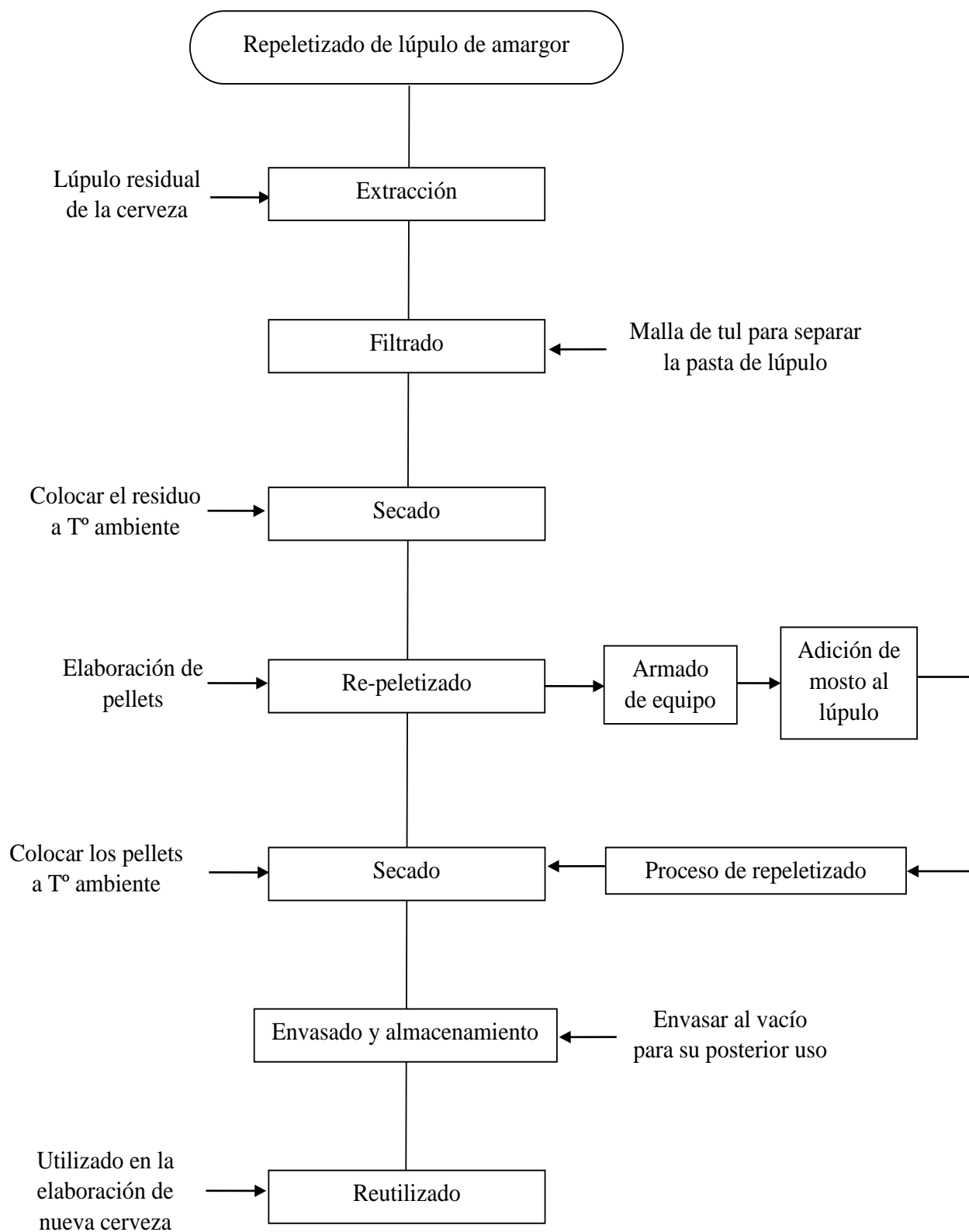
Blanc

LR4: Lote R4 – Lúpulo Repeletizado Mosaic

En la tabla 15 se observa una diferencia significativa entre las cervezas con lúpulo inicial y repeletizado, teniendo una mayor aceptación esta última debido a que los panelistas prefieren las cervezas menos amargas a comparación de las producidas con lúpulo inicial. Las producidas con lúpulo repeletizado poseen un amargor de 5 teniendo menos amargor que las cervezas iniciales, razón por la cual sean más aceptadas al paladar de los comensales. De acuerdo con Mosher (2015), Garduño *et al* (2012), Mosher (2017) y Daniels R. (1998) afirman que los ácidos alfa son percibidos en la boca como amargo y estos compuestos ayudan a balancear la percepción dulce que tiene la cerveza, por lo que se demuestra que el público todavía percibe estas notas amargas y con esto la presencia de los  $\alpha$ -ácidos presentes en el lúpulo repeletizado.

### 4.3. Elaboración de protocolo para repeletizado de lúpulo de amargor

**Figura 11.** Diagrama de flujo del protocolo para repeletizado de lúpulo de amargor



**Extracción:** Completado los 14 días del acondicionado en frío se recolectó el desecho de lúpulo del cono del fermentador, para esto se utilizó un matraz Erlenmeyer estéril envuelto en papel aluminio para evitar la oxidación de cualquier componente del subproducto y se almacenó en frío para su conservación.

**Figura 12.** *Residuo de lúpulo recolectado en matraz Erlenmeyer*



**Filtrado:** Se utilizó una malla de tul para filtrar la cerveza del desecho de lúpulo recolectado, se exprimió de forma manual todo el líquido posible dejando una pasta de lúpulo.

**Figura 13.** *Malla de tul para separar residuo de lúpulo del mosto.*



**Figura 14.** *Exprimido de forma manual.*



**Figura 15.** *Residuo de lúpulo (pasta residual) obtenido después de exprimir.*



**Secado:** La pasta residual se secó a temperatura ambiente por un periodo de 2 a 3 días hasta tener la consistencia óptima para re-peletizar.

*Figura 16. Pasta residual secando a temperatura ambiente*



**Re-peletizado:** La pasta de lúpulo se llevó a un peletizador para realizar el proceso de re-peletizado.

**Armado de equipo:** Se procede a armar el equipo peletizador desinfectando correctamente.

*Figura 17. Armado de las piezas del equipo peletizador*





**Adición de agua:** Se agregó 250 ml del mosto de cerveza al lúpulo residual para alcanzar la consistencia deseada y se colocó en el equipo previamente armado y desinfectado.

**Figura 18.** *Adición de pasta residual con el mosto.*



**Figura 19.** *Homogenizado de la pasta para ir al peletizador*



**Proceso de repeletizado:** La masa obtenida se coloca en el equipo y se empuja para que salgan los pellets de lúpulo; y caigan en un recipiente previamente preparado, hasta que ya no salgan más pellets.

*Figura 20. Colocado de masa en el equipo*



*Figura 21. Empuje de la masa para la expulsión de pellets.*



*Figura 22. Obtención de pellets repeletizados*



**Secado:** Los nuevos pellets de lúpulo se extendieron en una superficie y se dejaron secar a temperatura ambiente durante 1 día.

**Figura 23.** *Secado de pellets repeletizados a temperatura ambiente.*



**Envasado y almacenamiento:** Se envasó los nuevos pellets de lúpulo en bolsas ziploc y se almacenó a temperatura ambiente para su siguiente uso.

**Figura 24.** *Envasado de pellets en bolsas ziploc.*



**Figura 25.** *Almacenado en el congelador.*



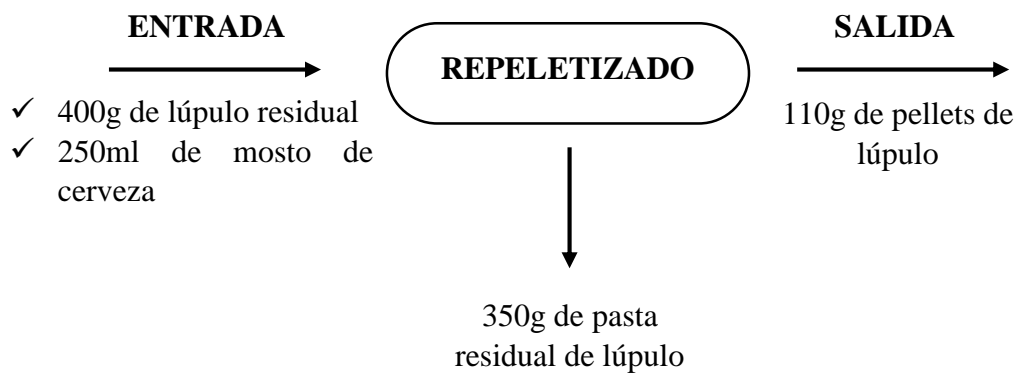
**Reutilizado:** Los nuevos pellets de lúpulo obtenidos se utilizaron para la elaboración de nuevos lotes de cerveza, siguiendo el mismo proceso de elaboración.

**Figura 26.** Adicionado de los pellets de lúpulo repeletizado en la cerveza.



**Balance de materia:**

**Figura 27.** Diagrama de balance de materia.



## 5. CONCLUSIONES

- Se logró caracterizar a cada variedad de lúpulo obteniendo para el lúpulo Mandarin Bavaria un  $62.961 \pm 0.002\%$  de humedad,  $2.674 \pm 0.066\%$  de ceniza y  $20.221 \pm 0.250\%$  de proteína; para el lúpulo Mosaic un  $64.587 \pm 0.004\%$  de humedad, un  $3.800 \pm 0.020\%$  de ceniza y un  $21.180 \pm 0.209\%$  de proteína; para el lúpulo Hallertau Blanc un  $59.339 \pm 0.001\%$  de humedad, un  $1.790 \pm 0.017\%$  de ceniza y un  $21.069 \pm 0.386\%$  de proteína; y para el lúpulo Citra un  $60.296 \pm 0.002\%$  de humedad, un  $4.025 \pm 0.016\%$  de ceniza y un  $20.354 \pm 0.288\%$  de proteína; mientras que para los lúpulos re-peletizados se obtuvo un  $9.801 \pm 0.002\%$  de humedad,  $1.822 \pm 0.002\%$  de ceniza y  $21.981 \pm 0.268\%$  de proteína para el lúpulo re-peletizado Mandarin Bavaria; un  $8.866 \pm 0.002\%$  de humedad,  $4.155 \pm 0.003\%$  de ceniza y  $20.324 \pm 0.161\%$  de proteína para el lúpulo re-peletizado Mosaic; un  $7.747 \pm 0.000\%$  de humedad,  $3.623 \pm 0.006\%$  de ceniza y  $20.289 \pm 0.215\%$  de proteína para el lúpulo re-peletizado Hallertau Blanc; y un  $6.918 \pm 0.000\%$  de humedad,  $4.080 \pm 0.009\%$  de ceniza y  $21.863 \pm 0.321\%$  de proteína para el lúpulo re-peletizado Citra. Se caracterizó los compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en el lúpulo obteniéndose para el lúpulo Mandarin; compuestos fenólicos ( $216.023 \pm 4.240$ ) y capacidad antioxidante ( $286.269 \pm 24.125$ ); para el lúpulo Mosaic; compuestos fenólicos ( $221.288 \pm 2.603$ ) y capacidad antioxidante ( $148.509 \pm 10.090$ ); para el lúpulo H. Blanc; compuestos fenólicos ( $214.792 \pm 4.215$ ) y capacidad antioxidante ( $328.171 \pm 10.754$ ); para el lúpulo Citra; compuestos fenólicos ( $227.135 \pm 1.373$ ) y capacidad antioxidante ( $463.669 \pm 7.699$ ); mientras que para los lúpulos re-peletizados se obtuvo; compuestos fenólicos ( $121.583 \pm 1.178$ ) y capacidad antioxidante ( $504.963 \pm 17.589$ ) para lúpulo Mandarin RP; compuestos fenólicos

(121.940±5.517) y capacidad antioxidante (326.449±14.713) para lúpulo Mosaic RP; compuestos fenólicos (118.138±1.319) y capacidad antioxidante (348.835±9.588) para lúpulo H. Blanc RP; y compuestos fenólicos (123.802±4.685) y capacidad antioxidante (343.669±19.558) para lúpulo Citra RP.

- Se llevó a cabo el repeletizado de los residuos de lúpulo para su posterior uso en la elaboración de nuevos lotes de cerveza.
- Se reutilizó los residuos de lúpulo generados y convertidos nuevamente en pellets, siendo posible su reutilización en la producción de nuevos lotes de cerveza.
- Se logró elaborar un protocolo para el re-peletizado de los desechos de lúpulo generado en la elaboración de cerveza con las distintas variedades de lúpulo.
- Se obtuvo el lúpulo de amargor requerido para la elaboración de cerveza con las diferentes variedades de lúpulo.
- Se analizaron los resultados del análisis sensorial a las cervezas con lúpulo NO repeletizado y repeletizado, notando que las cervezas hechas con lúpulo repeletizado tiene mayor aceptación, con esto se concluye que los fabricantes de cerveza artesanal se pueden beneficiar al reconocer que el lúpulo puede ser reutilizado siguiendo nuestro protocolo para evitar residuos y aprovecharlos para la elaboración de una segunda cerveza artesanal con una ligera disminución de amargor, pero con igual aceptación del público; además esto impactaría directamente disminuyendo los costos de producción teniendo en cuenta que se llega a recuperar un 33% de lúpulo aproximadamente.

## **6. RECOMENDACIONES**

Es importante la mejora y mantenimiento continuo, así como la implementación de equipos para la realización de análisis de lúpulo de amargor.

Se recomienda dejar secar el lúpulo para repeletizado a temperatura ambiente, de forma extendida y por el periodo de 1 o 2 días como máximo o hasta alcanzar la humedad necesaria para pasarla por el re-peletizador.

Se aconseja no dejar la bebida a exposición del sol, y mantener en un lugar frío o a temperatura ambiente.

Es preferible realizar un panel sensorial con todas las cervezas elaboradas y así realizarlo al mismo tiempo para resultados más exactos, y con panelistas de un rango de edad mayor a 21 años.

Se sugiere continuar con la degustación de las cervezas para observar posibles mejoras en cuanto a cantidades para obtener una cerveza apetecible para los consumidores del mercado.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arêas, J., Rocha-Olivieri, C. y Marques, M. (2016). Extrusion cooking: Chemical and nutritional changes. In B. Caballero, P. Finglas y F. Toldrá (Eds.), *Encyclopedia of Food and Health* (pp. 569-575). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00266-X>
- Baiano, A. (2020). Craft beer: An overview. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(2), 1829-1856. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12693>
- Barja-Obando, B. y Martínez-Solaris, F. (2022). Barra de cereal a partir del bagazo de malta de cebada cervecera artesanal. *Emi Engineering News*, 2(1), 53-56. <https://www.emiengineeringnews.com/wp-content/uploads/2023/04/EEN78-1.pdf>
- Bertuzzi, T., Mulazzi, A., Rastelli, S., Donadini, G., Rossi, F. & Spigno, G. (2020). Targeted healthy compounds in small and large-scale brewed beers. *Food Chemistry*, 310, 125935. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125935>
- Berwig, K., Marques, D., Silva, D., Mendes, M., Raniero, G., Monteiro, C. y Monteiro, A. (2017). Texture on extruded snack: correlation between instrumental and sensory analysis. *Chemical Engineering Transactions*, 57, 1723-1728. <https://doi.org/10.3303/CET1757288>
- Bigeon, G., Benítez, F., Pellicer, K., & Copes, J. (2017). Cervezas elaboradas artesanalmente: análisis de la normativa técnico-sanitaria vigente. *Analecta Veterinaria*, 37(2), 016. <https://doi.org/10.24215/15142590e016>
- Budner, D., Carr, J., Serafini, B., Tucker, S., Dieckman-Meyer, E., Bell, L. & Thompson-Witrick, K. A. (2021). Statistical Significant Differences between Aroma Profiles



of Beer Brewed from Sorghum. *Beverages*, 7(3), 56.

<https://doi.org/10.3390/beverages7030056>

Campbell, N. A., & Reece, J. B. (2007). *Biología*. Ed. Médica Panamericana.

Carballido, E. (25 de abril de 2022). Editorial. Obtenido de Botanical-Online:

<https://www.botanical-online.com/alimentos/cebada-composicion>

*Cerveza ale y cerveza lager: ¿Qué son y qué las diferencia?* (2020). Tres Jotas Beer Club.

<https://tresjotasbeerclub.com/ales-y-lagers/>

Chanduví, D. G. A. (2021, 17 diciembre). Diseño de planta para la elaboración de cerveza

artesanal Porter a base de cacao en la región Piura.

<https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/5366>

Cruz Daza, E. L., & Meyer Sánchez, L. M. (2019). *Evaluación de la reutilización de*

*levadura Saccharomyces Cerevisiae para la implementación en un segundo*

*proceso fermentativo de la cerveza tipo pale ale belga producida en la Cervecería*

*Moonshine*. [Tesis de grado, Fundación Universidad de América]. Archivo digital.

<http://52.0.229.99/bitstream/20.500.11839/7607/1/6142436-2019-2-IQ.pdf>

Daniels, R. (1998). *Designing great beers: The ultimate guide to brewing classic beer*

*styles*.

Brewers

Publications.

[https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=r8yQAwwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT8&dq=R.+Daniels,+Designing+great+beers&ots=t\\_hHgmYZBi&sig=yuVOfn](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=r8yQAwwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT8&dq=R.+Daniels,+Designing+great+beers&ots=t_hHgmYZBi&sig=yuVOfn)

[dqG9SlCzOFhmI lnS-](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=r8yQAwwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT8&dq=R.+Daniels,+Designing+great+beers&ots=t_hHgmYZBi&sig=yuVOfn)

[dqG9SlCzOFhmI lnS-](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=r8yQAwwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT8&dq=R.+Daniels,+Designing+great+beers&ots=t_hHgmYZBi&sig=yuVOfn)

[Nqk#v=onepage&q=R.%20Daniels%2C%20Designing%20great%20beers&f=fa](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=r8yQAwwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT8&dq=R.+Daniels,+Designing+great+beers&ots=t_hHgmYZBi&sig=yuVOfn)

[lse](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=r8yQAwwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT8&dq=R.+Daniels,+Designing+great+beers&ots=t_hHgmYZBi&sig=yuVOfn)

- Delgado-Nieblas, C.; Ruiz-Beltrán, K.; Sánchez-Lizárraga, J., Zazueta-Morales, J., Aguilar-Palazuelos, E., Carrillo- López, A. Camacho-Hernández, I. y Quintero-Ramos, A. (2019). Effect of extrusion on physicochemical, nutritional and antioxidant properties of breakfast cereals produced from bran and dehydrated naranjita pomace. *CyTA - Journal of Food*, 17(1), 240-250.  
<https://doi.org/10.1080/19476337.2019.1566276>
- Dos Santos, Resimeire; Orlando, Ricardo; Cardeal, Zenilda; Menezes, Helvécio. *Assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons and derivatives in beer using a new cold fiber-solid phase microextraction system*. *Food Control*, v. 126, 2021, 108104. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108104>
- Draghi, G. (2019). *El peletizado es un arte*. Actualidad Avipecuaria.  
<https://actualidadavipecuaria.com/el-peletizado-es-un-arte/>
- Durello, R., Silva, L., & Bogusz Jr., S. (2019). QUÍMICA DO LÚPULO. *Química Nova*, SciELO. <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170412>
- Esquisabel, E. (2022). *Cebada: usos y comercialización*.  
<http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/156558>
- García, N. L. R. (2021). *Desarrollo de una cerveza artesanal de maíz rojo (Zea mays) con alta capacidad antioxidante, al evaluar el efecto del tiempo en la etapa de cocción usando dos variedades de lúpulo (Humulus lupulus L.), «Cascade» y «Columbus», y su evaluación sensorial*.  
<https://doi.org/10.24275/uami.ft848q783>
- Garduño-García, A., López-Cruz, I.L., Martínez-Romero, S., Ruíz-García, A., (2014). Simulación del proceso de fermentación de cerveza artesanal. *Ingeniería*

*Investigación y Tecnología*, 15 (02), 221-232. [https://doi.org/10.1016/S1405-7743\(14\)72212-7](https://doi.org/10.1016/S1405-7743(14)72212-7)

GOMES, F. D. O., GUIMARÃES, B. P., CEOLA, D. & GHESTI, G. F. (2022). Advances in dry hopping for industrial brewing: a review. *Food Science and Technology*, 42. <https://doi.org/10.1590/fst.60620>

Gonzales, M. (2017). *Principios de elaboración de las cervezas artesanales* (1ra ed.). Lulu Enterprises. <https://es.slideshare.net/slideshow/libro-principios-de-elaboracion-de-cervezas-artesanales-ebook/249581438#4>

Hauser, D., Lafontaine, S., & Shellhammer, T. (2019, junio). *Extraction Efficiency of Dry-Hopping*. ResearchGate. [https://www.researchgate.net/publication/333856224\\_Extraction\\_Efficiency\\_of\\_Dry-Hopping?enrichId=rgreq-40575955724cedf13f37014710581fd0-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzMzMzg1NjIyNDtBUzo3NzEyMjcwMDYzMDAxNjBAMTU2MDg4NjI1NTQ0NQ%3D%3D&el=1\\_x\\_3&\\_esc=publicationCoverPdf](https://www.researchgate.net/publication/333856224_Extraction_Efficiency_of_Dry-Hopping?enrichId=rgreq-40575955724cedf13f37014710581fd0-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzMzMzg1NjIyNDtBUzo3NzEyMjcwMDYzMDAxNjBAMTU2MDg4NjI1NTQ0NQ%3D%3D&el=1_x_3&_esc=publicationCoverPdf)

Hernández, F. (2017). *Lúpulo (Humulus lupulus) y Cerveza; efectos sobre los ritmos sueño/vigilia y la ansiedad* [Tesis doctoral, Universidad de Extremadura]. Repositorio de Universidad de Extremadura.

Kirin Holdings Company. Global Beer Consumption by Country in 2020, Enero, 2022. [https://www.kirinholdings.com/en/newsroom/release/2022/0127\\_04.html](https://www.kirinholdings.com/en/newsroom/release/2022/0127_04.html)

Lafontaine, S. R., & Shellhammer, T. H. (2018). Impact of static dry-hopping rate on the sensory and analytical profiles of beer. *Journal of the Institute of Brewing*, 124(4), 434-442. <https://doi.org/10.1002/jib.517>

- Landin, J., & Louvier, J. (2019). CERVEZA ARTESANAL TIPO STOUT SABORIZADO CON CONCENTRADO DE CHILCUAGUE. *Pistas Educativas*, 41, 427. <https://pistaseducativas.celaya.tecnm.mx/index.php/pistas/article/view/2163/1744>
- Micet. (2021, June 25). *Introducción al lúpulo: una guía para principiantes sobre la elaboración de cerveza - Micet Craft*. Micet Craft. <https://www.micetcraft.com/es/introduccion-al-lupulo/>
- Morales-Toyo, M. (2018, 23 julio). *Reacciones químicas en la cerveza*. <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/quimica/article/view/20105>
- Mosher, R. (2015). *Mastering Homebrew: the complete guide to brewing delicious beer*. Chronicle Books LLC. [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=rRN07Cd4H\\_kC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Mastering+home+brew:+the+complete+guide+to+brewing+delicious&ots=iT89i-swEj&sig=1dC-bMWGIzM8jED2nSfLBG4eKt8#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=rRN07Cd4H_kC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Mastering+home+brew:+the+complete+guide+to+brewing+delicious&ots=iT89i-swEj&sig=1dC-bMWGIzM8jED2nSfLBG4eKt8#v=onepage&q&f=false)
- Mosher, R. (2017). *Como catar cerveza*. Ediciones Omega
- Navarro-Cortez, R., Aguilar-Palazuelos, E., Castro-Rosas, J., Falfán-Cortez, R., Cadena-Ramírez, A., Delgado-Licon, E. y Gómez-Aldapa, C. (2018). Physicochemical and sensory characterization of an extruded product from blue maize meal and orange bagasse using the response surface methodology. *CyTA-Journal of Food*, 16(1), 498-505. <https://doi.org/10.1080/19476337.2017.1416674>
- Okafor, N., & Okeke, B. C. (2017). *Modern Industrial Microbiology and Biotechnology*. CRC Press.

- Ortiz, I.; Torreiro, Y.; Molina, G.; Maroño, M.; Sánchez, J. (2019). A Feasible Application of Circular Economy: Spent Grain Energy Recovery in the Beer Industry. *Waste and Biomass Valorization*, 10(12), 3809-3819. <https://doi.org/10.1007/s12649-019-00677-y>
- Sancho, D., A. Blanco, C., Andrés-Iglesias, C. & Caballero, I. (2021). Influence of Alcoholic Strength on Sensory Profile of Lager Beers. *Journal of Food and Nutrition Research*, 9(4), 206-214. <https://doi.org/10.12691/jfnr-9-4-6>
- Silva, M. C., dos Anjos, J. P., Guarieiro, L. L. N. & Machado, B. A. S. (2021). A Simple Method for Evaluating the Bioactive Phenolic Compounds' Presence in Brazilian Craft Beers. *Molecules*, 26(16), 4716. <https://doi.org/10.3390/molecules26164716>
- Socha, R. (2017). International Journal of FOOD Properties. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10942912.2017.1306550>
- Taleb, Mona-Abou; Al Farooque, Omar. (2020). Towards a Circular Economy for Sustainable Development: An Application of Full Cost Accounting to Municipal Waste Recyclables. *Journal of Cleaner Production*, 280(2), 124047. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124047>
- Titus, B. M., Lerno, L. A., Beaver, J. W., Byrnes, N. K., Heymann, H. & Oberholster, A. (2021). Impact of Dry Hopping on Beer Flavor Stability. *Foods*, 10(6), 1264. <https://doi.org/10.3390/foods10061264>
- Wang, J., Ding, H., Zheng, F., Li, Y., Liu, C., Niu, C. & Li, Q. (2019). Physiological Changes of Beer Brewer's Yeast During Serial Beer Fermentation. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 77(1), 10-20. <https://doi.org/10.1080/03610470.2018.1546030>

- Wilson, C., Hernández, A., Ortega, M., Lopez, C., Barcena, R., Zaragoza, J., & Aranda, G. (2017). Análisis del crecimiento de tres líneas de cebada para producción de forraje, en el valle de México. SciELO. <http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1853-86652017000200006>
- Zhao, H., Li, H., Yang, B., & Zhao, M. (2015). Evaluación de Compuestos Antioxidantes endógenos y actividades antioxidantes de cervezas lager J. Ciencia Alimentación Agrícola, 910-917.

## ANEXOS

## ANEXO 1. EQUIPO PARA ELABORAR CERVEZA



## ANEXO 2. DETERMINACIÓN DE HUMEDAD DE LA MALTA



## ANEXO 3. DETERMINACIÓN DE CENIZAS DE LA MALTA



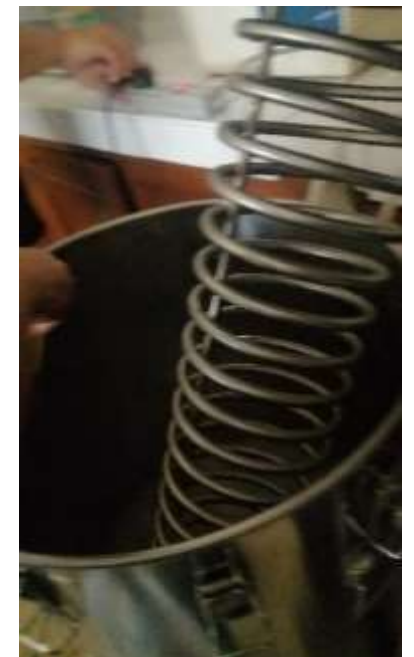




#### ANEXO 4. DETERMINACION DE GRASAS DE LA MALTA



### ANEXO 5. ELABORACION DE CERVEZA





## **ANEXO 6. LOTES DE CERVEZA**

### **1. PRIMER LOTE DE CERVEZA**



### **4. CUARTO LOTE DE CERVEZA**



### **2. SEGUNDO LOTE DE CERVEZA**



### **5. QUINTO LOTE DE CERVEZA**



### **3. TERCER LOTE DE CERVEZA**



**ANEXO 7. EXTRACCION DE RESIDUOS DE LUPULO**

### ANEXO 8. REPELETIZADO DE RESIDU OS DE LUPULO



## ANEXO 9. DETERMINACION DE PROTEINA DE MALTA



CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS  
CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES

**“COLECBI” S.A.C.**

REGISTRADO EN LA DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICAS Y DESARROLLO PESQUERO - PRODUCE

**INFORME DE ENSAYO N° 20230103-021**

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR : **ALANIS ACOSTA BACA / MAYEE AGUAYO FLORES**  
 DIRECCION : Urb. Garatea Mz. 125 Lt. 12. Nuevo Chimbote  
 NOMBRE DEL CONTACTO DEL CLIENTE : NO APLICA  
 PRODUCTO DECLARADO : **MALTA DE CEBADA.**  
 LUGAR DE MUESTREO : NO APLICA  
 MÉTODO DE MUESTREO : NO APLICA  
 PLAN DE MUESTREO : NO APLICA  
 CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE EL MUESTREO : NO APLICA  
 FECHA DE MUESTREO : NO APLICA  
 CANTIDAD DE MUESTRA : 01 muestra.  
 PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : En bolsa de polietileno transparente cerrada.  
 CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.  
 FECHA DE RECEPCIÓN : 2023-01-03  
 FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2023-01-03  
 FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : 2023-01-03  
 LUGAR REALIZADO DE LOS ENSAYOS : Laboratorio Físico Químico.  
 CÓDIGO COLECBI : **SS 230103-3**

**RESULTADOS**

ENSAYOS	MUESTRA
	MALTA DE CEBADA
Proteínas (%) Factor 6,25	9,70

**METODOLOGÍA EMPLEADA**

Proteínas: UNE-EN ISO 5983-2 Parte 2 Dic. 2006.

**NOTA:**

- Informe de ensayo emitido en base a resultados de nuestro Laboratorio sobre muestras:  
**Proporcionadas por el Solicitante (X) Muestras tomadas por COLECBI S.A.C. ( )**
- COLECBI S.A.C. no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas y de la información proporcionada por el cliente, que pueda afectar la validez de los resultados.
- Los resultados presentados corresponden solo a la muestra/s ensayada/s, tal como se recibió.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- No afecto al proceso de Dirimencia por su perecibilidad y/o muestra única.
- El informe incluye diagrama, croquis o fotografías:
- Cuando el informe de ensayo ya emitido se haga una corrección o modificación se emitirá un nuevo informe de ensayo completo que haga referencia al informe que reemplaza. Los cambios se identificarán con letra negrita y cursiva.

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Enero 04 del 2023.

GVR/jms

LC-MP -HRIEVO  
Rev. 08  
Fecha 2022-05-28

SI ( ) NO (X)  
  
 A. Gustavo Vargas Ramos  
 Asistente de Laboratorio  
 BIOLÓGICO MICROBIOLÓGICO  
 L. S. P. 18  
 COLECBI S.A.C.

EL INFORME NO SE DEBE REPRODUCIR SIN LA APROBACIÓN  
DEL LABORATORIO, EXCEPTO EN SU TOTALIDAD

FIN DEL INFORME

CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES S.A.C.

**COLECBI S.A.C.**

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Teléfono: 043 310752  
 Celular: 998392893 - 998393974 - Apartado 127  
 e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente\_colecbi@speedy.com.pe  
 Web: www.colecbi.com

## ANEXO 10. FICHA SENSORIAL DE CERVEZA

## EVALUACION SENSORIAL DE CERVEZA ARTESANAL

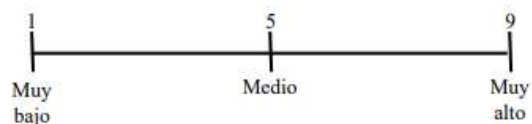
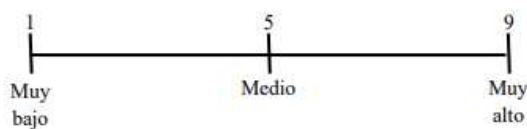
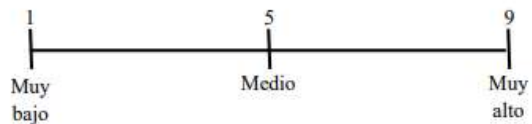
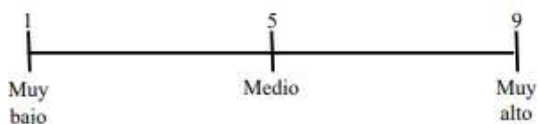
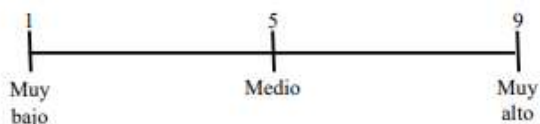
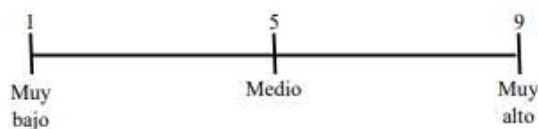
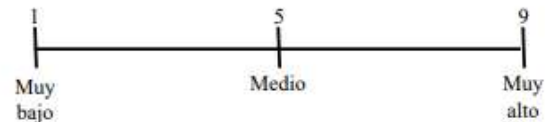
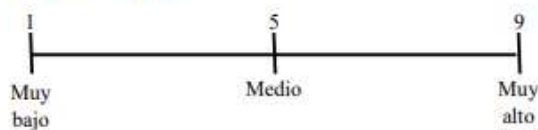
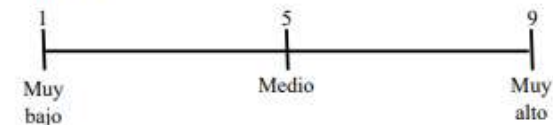
Edad:

Sexo: M / F

Fecha:

Lote C

A continuación, marque en la línea de acuerdo con su opinión de la muestra evaluada:

*Apariencia general**Amargor**Aroma**Dulzor**Color**Sabor a lúpulo**Turbidez**Sabor a malta**Carbonatación**Alcohol**Persistencia de la espuma*