UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

DEPARTAMENTO CIENCIAS DE LA TIERRA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR EN OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AGROPECUARIO

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE RESIDUOS DE LA INDUSTRIA CERVECERA COMO ALTERNATIVA PARA LA ALIMENTACIÓN ANIMAL

AUTORES

Henry Miguel Rodríguez Cerda

Esthela Rosa Bolívar Sánchez

DIRECTORA

Dra. M.V. María Isabel Viamonte Garcés, PhD

PASTAZA – ECUADOR

2021

DECLARATORIA DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Quienes suscriben, Henry Miguel Rodríguez Cerda con C.I. 1600532400, y Esthela Rosa Bolívar Sánchez con CI 1600730608, hacen constar que son autores del Trabajo de Integración Curricular titulado: Revisión documental sobre residuos de la industria cervecera como alternativa para la alimentación animal, el cual constituye una elaboración personal realizada únicamente con la dirección del Tutor de dicho trabajo, Dra. María Isabel Viamonte Garcés. En tal sentido, manifestamos la originalidad de la conceptualización del trabajo como interpretación de datos y elaboración de conclusiones dejando establecido que aquellos aportes intelectuales de otros autores se han referenciado debidamente en el texto de dicho trabajo.

En el cantón Pastaza, a los 02 días del mes de marzo del 2021.

Henry Miguel Rodríguez Cerda	Esthela Rosa Bolívar Sánchez
CI. 1600532400	CI. 1600730608

CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR EL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

El tribunal de sustentación del trabajo de integración curricular aprueba el Trabajo de Integración Curricular titulado: “Revisión documental sobre residuos de la industria cervecera como alternativa para la alimentación animal”.

Firmado electrónicamente por:
WILLAN ORLANDO CAICEDO QUINCHE

Dr. C. Willan Orlando Caicedo Quinche, PhD

Presidente del Tribunal

Firmado electrónicamente por:
MANUEL LAZARO PEREZ QUINTANA

Dr. C. Manuel Pérez Quintana, PhD

Miembro del Tribunal

Firmado electrónicamente por:
CRISTIAN DAVID CHIMBORAZO SARABIA

Ing. Cristian David Chimborazo Sarabia, MSc

Miembro del Tribunal

CERTIFICADO DE PORCENTAJE DE SIMILITUD OBTENIDO EN EL SISTEMA ANTI PLAGIO

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND

Certificado No. 16-SAU-UEA-2021

Puyo, 10 de febrero de 2021

Por medio del presente **CERTIFICO** que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente a los estudiantes: BOLÍVAR SÁNCHEZ ESTHELA ROSA con C.I. 1600730608; y RODRÍGUEZ CERDA HENRY MIGUEL con C.I. 1600532400, con el Tema: **"Revisión documental sobre residuos de la industria cervecera como alternativa para la alimentación animal.",** de la carrera, Ingeniería Agropecuaria. Directora de la investigación Dra. María Isabel Viamonte Garcés, PhD., ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 6%, Informe generado con fecha 10 de febrero de 2021 por parte de la directora conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
ITALO
MARCELO

Ing. Italo Marcelo Lara Pilco M.Sc.
ADMINISTRADOR DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND – UEA - .

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por protegerme y guiarme siempre bajo su manto de amor y no dejarme caer a pesar de los obstáculos de la vida.

A mi madre Dolores Teolinda Sánchez Sabando y a mi padre José Moisés Bolívar Espitia, por apoyarme a lo largo de esta carrera universitaria, con su amor, esfuerzo y confianza, por demostrarme que en esta vida no hay obstáculo que no se pueda superar y por formarme como la mujer sencilla y humilde que soy, a mis queridas hermanas Karina y María Elena por siempre apoyarme constantemente a seguir y no desmayar, a mis sobrinos Alexander y André, quienes es su corta edad siempre estaban para mí, mis amados abuelitos Vicente y Magdalena que desde la distancia me motivaban y a toda mi familia en general ya que sin ellos no hubiera podido culminar esta etapa de mi vida.

A mi pareja Jeremías quien me impulsó en los momentos más difíciles y me abrazó para reconfortarme a seguir con en este pequeño escalón de mi vida estudiantil, con su cariño y su paciencia, sosteniendo mi mano y ayudándome a levantarme en cada tropiezo a lo largo de este camino.

A la familia de mi pareja en especial a sus abuelitos María y Alfonso que a pesar de ser una pequeña jovencita me dieron su mano cuando más lo necesitaba, a mis padrinos Edmundo y Jaqueline quienes también me ayudaron a valorar las oportunidades que se me presentaron, a sus hijos Edmundo y Vanessa, quienes se convirtieron en una familia para mí.

Quiero expresar también mi agradecimiento a las grandes amistades que me dio esta etapa, Corina, Karen, Ginger, Yorgelys, Henry, Milver y Nixon, quienes llenaron mis días con buenos momentos llenos de risas, llantos, enojos y a mis amadas mascotas Chiripa, Copo e Itan.

En especial quiero dar las gracias a la Dra. María Isabel Viamonte Garcés, PhD., por dirigirnos y dotarnos con sus conocimientos en esta investigación y a todos los docentes de nuestra honorable institución que aportaron con su sabiduría a formarnos como profesionales.

Esthela Rosa Bolívar Sánchez

AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios por tener y disfrutar de mi familia, a mis padres, Efraín y Margarita, por sus consejos, su confianza y a su apoyo incondicional en todas mis decisiones y proyectos. A mis hermanos, Xavier y Miguel, que de una u otra manera me supieron ayudar en su debido momento. A Estefani, que aparte de ser una excelente madre de mis hijos ha sido una excelente compañera a mi lado, y supo apoyarme en mis decisiones. A la Dra. María Isabel Viamonte, directora y desarrollo de esta investigación, por regalarme sus conocimientos, tiempo, dedicación, consejos, en el ámbito científico y personal. Al MVZ. Juan Carlos López Parra. MsC. y al MV. Orlando Roberto Quinteros Pozo. PhD. A la Universidad Estatal Amazónica, a los docentes de la Facultad de Ciencias de la Tierra y en especial a los docentes de la carrera de Ingeniería Agropecuaria, a mis compañeros de clase, que me supieron ayudar, apoyar, y corregir mis errores a lo largo de la carrera universitaria.

Henry Rodríguez

DEDICATORIA

Dedico con todo mi amor y cariño mi trabajo de integración curricular primeramente a Dios, quien fue la luz en cada paso que daba, a mi querido Jeremías quien fue motivo de inspiración en cada mañana y fue quien me dio una razón más para seguir adelante a pesar de que el camino se haya tornado difícil y me impulsó a ser mejor día a día, a mis queridos padres por siempre tratar de darme lo mejor y estar cuidando de mí como su más preciado tesoro, a mis hermanas que jamás dejaron de creer en mí, gracias a todos ustedes por ser un pilar fundamental en mi vida para culminar mis estudios.

Esthela Rosa Bolívar Sánchez

DEDICATORIA

A mis padres y hermanos

Efraín Rodríguez†, Margarita Cerda, Xavier y Miguel Rodríguez, que incondicionalmente me han sabido brindar su apoyo incondicional a pesar de todas las dificultades que se han presentado a lo largo de la carrera y siempre han estado ahí motivándome para seguir adelante y luchar para que mis metas, propósitos y sueños se cumplan.

A mis hijos

Miguel y Ainhoa Rodríguez, que gracias a su llegada a este mundo mi vida cambio totalmente para bien ya que ellos han sido motivo y motor para no renunciar a mis metas y he llegado a estar donde ahora estoy y con más anhelos de seguir superándome.

A mis compañeros y amigos

Quienes sin esperar nada a cambio compartieron sus conocimientos, penas, alegrías, trabajaron junto a mi sin importar la lluvia, el sol, la sed o el hambre, que durante estos cinco años estuvieron a mi lado apoyándome y que esta meta se haga realidad.

A mí querida Universidad Estatal Amazónica.

Que me abrió las puertas y gracias a ella se me han abierto varias oportunidades académicas.

Henry Rodríguez

RESUMEN

El presente trabajo fue resultado de la revisión documentada de varias revistas, libros, tesis, artículos científicos, etc., en el cual se buscó información sobre la utilización de residuos cerveceros en la alimentación animal, la capacidad nutritiva constituye una fuente potencial de materia prima, que es utilizada como alternativa para la formulación de dietas en diferentes especies animales, atenuando la contaminación al medio ambiente. Los principales residuos generados en la industria cervecera constituyen: el bagazo, que es resultado del proceso de prensado y filtración del mosto que surge de la sacarificación del grano de cebada malteado rico en proteína y fibra alimentaria; la levadura de cerveza se retira de los fermentadores con alto contenido en polifenoles y antioxidantes; y las raicillas de malta, que son brotes similares a la cebada que muestran un alto contenido de fibra. Tras el proceso industrial o artesanal de elaboración de la cerveza, se describe la recopilación de varios nutrientes, valores promedios, máximos y mínimos de la composición nutricional de los subproductos de la industria cervecera, reportado por los diferentes autores nacionales e internacionales, así como, los principales resultados productivos en diferentes animales de interés zootécnico, con diferentes por cientos de inclusión en la alimentación.

Palabras clave: bagazo cerveza, raicillas de malta, levadura de cerveza, cebada, alimentación animal, residuos cerveceros.

ABSTRACT

The present work was the result of the documented review of several journals, books, theses, scientific articles, etc., in which information was sought on the use of beer residues in animal feed, the nutritional capacity constitutes a potential source of raw material, which is used as an alternative for the formulation of diets in different animal species, reducing pollution to the environment. The main residues generated in the brewing industry are bagasse, which is the result of the pressing and filtration process of the must that arises from the saccharification of the malted barley grain rich in protein and dietary fiber; Brewer's yeast is removed from fermenters high in polyphenols and antioxidants; and malt rootlets, which are barley-like shoots that show high fiber content. After the industrial or artisanal process of brewing, the compilation of various nutrients, average, maximum and minimum values of the nutritional composition of the by-products of the brewing industry is described, reported by different national and international authors, as well as the main productive results in different animals of zootechnical interest, with different percentages of inclusion in the diet.

Key words: trash beer, roots of malt, yeast of beer, barley, animal feeding, residuals brewers.

TABLA DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN 1

1.1 Justificación 2

1.2 Planteamiento del Problema 3

1.3 Objetivos 3

1.3.1 Objetivo General 3

1.3.2 Objetivos específicos 3

CAPITULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA 5

2.1 Origen y generalidades de los insumos para la fabricación de cerveza 5

- Agua 5
- Malta de cebada 5
- Lúpulo 5
- Levadura 6

2.2 Proceso y elaboración de la cerveza 6

2.2.1 Recepción y almacenamiento de materias primas 6

2.2.2 Malteado 6

2.2.3 Molienda y maceración 6

2.2.4 Filtración del mosto: 7

2.2.5 Cocción 7

2.2.6 Clarificación del mosto, enfriamiento y aireado 7

2.2.7 Fermentación 8

2.2.8 Maduración y reposo 8

2.2.9 Clarificación de la cerveza 8

2.3 Generación de subproductos de la industria cervecera en el Ecuador. 8

2.3.1 Caracterización de los subproductos de la cervecería 9

2.3.2 Bagazo de cerveza 9

2.3.3 Levadura de cerveza 10

2.3.4 Raicillas de malta 11
2.3.5 Mosto 11
2.3.6 Malteado, Prensado y Filtrado 12
2.4 Formas de uso de los subproductos de la cervecería (inclusión en el alimento fresca y seca). 13
2.5 Usos y aplicaciones de subproductos de cervecería como alternativa en la alimentación animal 13
2.5.1 Los subproductos de cervecería en la alimentación de bovinos 14
2.5.2 Los subproductos de cervecería en la alimentación de monogástricos 14
2.5.3 Utilización de levaduras en acuicultura con peces 15
2.5.4 Utilización de levaduras en acuicultura con camarón 15
2.6 Residuos de cervecería para la elaboración de balanceados para la alimentación animal 16
2.7 Impacto ambiental con el aprovechamiento de los residuos de la cervecería 16
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 1
3.1 Ubicación 1
3.2 Tipo de investigación 1
3.3 Métodos de la investigación 1
CAPÍTULO IV. ANÁLSIS DE RESULTADOS 3
Conclusiones 16
Recomendaciones 16
REFERENCIAS 1
ANEXOS 1

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Indicadores de la composición nutricional de subproductos de la industria cervecera, reportados por diferentes autores 3
Tabla 2 . Propiedades físicas y concentración química de minerales en el bagazo de cerveza en sus diferentes presentaciones 5
Tabla 3. Resultados productivos con la utilización de los subproductos derivados de la cervecería en la alimentación del ganado bovino de carne y leche 7
Tabla 4. Principales resultados de los subproductos derivados de la cervecería utilizados para la alimentación de ovinos 10
Tabla 5. Resultados productivos con la inclusión de levadura de cerveza en la alimentación de cerdos 12
Tabla 6. Resultados productivos con la inclusión de levadura de cerveza en la alimentación de pollos 13
Tabla 7. Porcentajes óptimos de inclusión de los diferentes subproductos de la industria cervecera en las especies animales de interés zootécnico. 15

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Valores promedios, máximos y mínimos de la composición nutricional de los subproductos de la industria cervecera 1

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

La producción pecuaria se ha convertido en un sector importante de la economía del país por su aporte para disminuir la pobreza generando empleo, esta actividad contribuye con el 7,81% del producto interno bruto, en el año 2017 el sector cría de animales aportó con el 0,77%, equivalente a 544,03 millones (Castro et al., 2020).

Uno de los factores importantes que influyen en la efectivad en la crianza de los animales es la alimentación, en la cual se usa aditivos para aumentar la eficiencia de los nutrientes que se encuentran en el alimento, y de esta forma promover su crecimiento y productividad. En vista de que existe gran demanda de alimentos balanceados, su alto costo y a los pocos recursos de materias primas requeridas para la elaboración de estos, se ha formado una variación en la alimentación animal basados en dietas tipo maíz y soya (Molina, 2019).

Cabe destacar que muchas veces el ganado depende del pastoreo, sin embargo, los pastos a pesar de ser uno de los alimentos más baratos, no suplen con las necesidades nutricionales de los animales, por lo c0ual es necesario suplementar la dieta con granos u otros productos para cumplir con los requerimientos de las especies, lo cual incrementará el costo de producción del sistema (Coca, 2012).

Una alternativa eficiente que se ha implementado en la alimentación animal para sustituir las materias primas costosas y los pastos de mala calidad es aprovechar los residuos generados de la industria cervecera como el bagazo, levadura de cerveza, raicillas de malta que son subproductos ricos en proteína, fibra, cenizas, energía metabolizable, fibra detergente neutra fibra detergente ácida. En Ecuador se producen alrededor de 6.800.000 hectolitros de cerveza al año. En la elaboración de esta bebida se generan 120,000 toneladas anuales de bagazo cervecero, 150 toneladas anuales de levadura de cerveza y 1.360 toneladas anuales de raicillas de malta, cabe destacar que además de darle un nuevo uso a la gran cantidad de subproductos que se generan al fabricar esta bebida alcohólica se contribuye con el medio ambiente para reducir la contaminación por esta industria (Jurado, 2017).

1.1 Justificación

Ecuador es un país agropecuario que ofrece grandes posibilidades para la población y economía ya que es una de las principales fuentes de empleo para los agricultores. Sin duda las preocupaciones más grandes de los productores pecuarios radican en como proporcionar o producir alimentos más económicos, pero a la vez que suplan todas las necesidades nutricionales del animal (Núñez, 2017). Sabiendo que dentro de los piensos las principales materias primas a utilizar son maíz, soya, concentrados proteicos, pasturas, subproductos de industrias, entre otras, que aportan al animal los nutrientes necesarios para el crecimiento y desarrollo ya sea en bovinos, porcinos, aves, peces, ovinos, etc. (Velasco y Alvarado, 2019).

Uno de los alimentos que más se suelen utilizar en la alimentación animal son los pastos, que a pesar de ser económicos algunos de ellos no pueden aportar con los valores nutricionales que se necesitan dentro de una producción animal, ya sea por el desconocimiento de estas especies o por proporcionarle un mal manejo, lo cual estará reflejado en el rendimiento de la explotación ganadera. Es por ello que se puede optar en sustituir las materias primas costosas y las pasturas por subproductos de la industria cervecera que se caracterizan por ser excelentes fuentes de proteína y energía en la dieta (Torrente, 2019).

En Ecuador la cerveza es la bebida alcohólica que más se produce en el país, la misma que en su elaboración puede proporcionar distintos subproductos como el bagazo y levadura de cerveza, raicillas de malta, mosto, orujo de cebada, malteado prensado y filtrado que pueden ser usados de forma seca o húmeda para suplementar las dietas de los animales (Núñez, 2017).

El presente trabajo pretende identificar los subproductos generados en la elaboración de la cerveza como alternativas económicas y disponibles al alcance de los productores para reemplazar las materias primas, puesto que mediante investigaciones ya realizadas se ha demostrado los grandes beneficios que tienen su uso, lo cual aún puede ser desconocido para los ganaderos. Por lo tanto, es importante destacar que con esta investigación documental se dará a conocer la importancia que tiene el aprovechamiento de los residuos de la cerveza, además del manejo que se les puede proporcionar y el balance de dietas para obtener buenos resultados productivos y rendimientos económicos (Fernandez, 2014).

1.2 Planteamiento del Problema

En la producción pecuaria uno de los factores más costosos que influyen dentro de su crecimiento y desarrollo es la alimentación, ya sea para la crianza de animales rumiantes o monogástricos, debido a que los pastos tropicales no son suficientes como alimento para suplir los requerimientos nutricionales, para ello es necesario suplementar con alimentos concentrados. El 70% de las materias primas para elaborar los balanceados son importadas, fundamentalmente las fuentes proteica y energética como la soya y el maíz, respectivamente (Crespo, 2018). Es por ello que el ganadero busca el uso de alternativas de alimentación proteicas, energéticas y minerales para los animales, que hagan rentable sus producciones y reemplazar estas materias primas por otros productos locales con características similares.

Sustentado en lo anterior, en los últimos años han despertado gran interés los subproductos de la industria cervecera en la formulación de raciones para la alimentación animal. Aprovechando el potencial de subproductos de la cervecería industrial de las compañías Ambev Ecuador con el 30% y Cervecería Nacional con el 69%, y la artesanal de la Asociación Ecuatoriana de Cerveceros Artesanales (SECA) con el 1% de la participación en el mercado, de estas industrias en el Ecuador se producen alrededor de 600 000 litros de cerveza al mes, generando residuos compuestos por ceda (malta), lúpulo, arroz, trigo, levadura, entre otros (Revista Líderes, 2016), lo cual ha constituido una línea de investigación para la alimentación animal.

En este contexto, se ha visto la necesidad de realizar la presente revisión documentada mediante libros, artículos, revistas, etc. sobre el uso de subproductos de la industria cervecera como una opción viable para bajar los costos de producción y obtener rentabilidad.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General:

Desarrollar un ensayo bibliográfico que reúna información científica suficiente del estado actual del conocimiento acerca del uso de subproductos de la industria cervecera como alternativa en la alimentación animal.

1.3.2 Objetivos específicos:

- Brindar información actualizada acerca de las principales características nutricionales de los subproductos de la industria cervecera.

- Presentar los principales resultados obtenidos en la producción animal con la utilización de subproductos de la industria cervecera como alimentos alternativos.

CAPITULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 Origen y generalidades de los insumos para la fabricación de cerveza.

La cerveza es una de las bebidas alcohólicas más antiguas del mundo, según datos históricos se remonta a la resolución dada por el rey babilónico Hammurabi de 1728 a 1686 a.C, luego en los sumerios en el año 1800 a.C. los cuales aún tenían técnicas imperfectas para su elaboración. A partir de eso se fue extendiendo por la cuenca oriental del Mediterráneo hasta terminar en Egipto donde ya se le agregaron ciertos componentes que ayudaron a mejorar su aroma y sabor (Domene, 2018).

En la edad media tiene auge en Europa generando la "Ley de Pureza Bávara" la cual fue promulgada por el duque bávaro Guillermo IV de Orange en 1516, el cual obliga a producir la bebida con cebada malteada, agua, lúpulo y levadura. A partir de estos acontecimientos la cerveza llegó a todo el mundo, cabe destacar que a Latinoamérica llegó en el siglo XIX con la inmigración de europeos a Estados Unidos, se estableció en Venezuela en el año de 1838 y se distribuyó por todo el continente (Tenemaza, 2018).

Actualmente existen varios tipos de cervezas desde rubias, tostadas, negras, afrutadas, marrones que tienen sus propias técnicas y procesos que han dado apertura para que en el mercado crezcan nuevas industrias para la producción de esta bebida (Balaguer, 2017).
Para su elaboración se necesitan las siguientes materias primas:

- **Agua**

  Esta bebida está conformada por un 95% de agua, la cual ayuda a la maceración del grano, además sus concentraciones afectan al sabor amargo o dulce de la cerveza.

- **Malta de cebada**

  Es el segundo ingrediente más utilizado para la elaboración de la cerveza, es el proceso por el cual se obtiene la malta. Fundamentalmente, el proceso de germinación del grano se interrumpe dando paso a los procesos de secado y tostado.

- **Lúpulo**

  Es quien otorga las características esenciales en la cerveza como el sabor amargo y su aroma, además de aportar resinas que ayudan a la retención de espuma.

- **Levadura**

  Es un tipo de hongo unicelular usado para procesos que requieran la fermentación como: pan, vino, whisky, etc. Para la elaboración de la cerveza se utiliza *Saccharomyces cerevisiae*, mediante el cual se obtiene los ésteres y fenoles que le proporciona el sabor afrutado que lo hace deseable para las personas.

2.2 Proceso y elaboración de la cerveza

Espinoza (2011) manifiesta que la cerveza es una bebida que se puede elaborar con cualquier cereal, el cual debe ser preparado para que sus azúcares sean fermentables, generalmente la elaboración de la cerveza se divide en tres fases:

- Obtención del mosto de la cerveza
- Obtención de la cerveza
- Envase y embotellado

2.2.1 Recepción y almacenamiento de materias primas

Dentro de este proceso se reciben las materias primas las cuales pasan por un proceso de selección a fin de escoger granos de buena calidad para la elaboración de la cerveza, se realiza la limpieza de la malta la cual consiste en retirar residuos de la cosecha, además se realiza el almacenamiento y su transporte (Torrente, 2019).

2.2.2 Malteado

En el malteado el grano de cebada o trigo se convierte en malta, para esto se debe remojar el grano en agua por sumersión y aireación, lo cual provoca que las enzimas amilasas transformen el almidón en azúcares simples después que el grano haya alcanzado el grado de humedad óptimo y deje de germinar. Para continuar con el proceso de malteado se realiza el secado donde la malta se expone a temperaturas entre 50 y 130°C, durante 40 horas, para finalizar se le realiza el tostado con un golpe de fuego final (Aguirre, 2018).

2.2.3 Molienda y maceración

La molienda consiste en moler el grano para romper sus cáscaras y dividirlas del endospermo y de esta manera que puedan ser atacadas por las enzimas dentro de la maceración la cual se basa en poner la malta en agua acidificada con un pH de 5.5 a

una temperatura que va de 55 y 68 °C para que las enzimas puedan transformar de azúcares de la malta en azúcares fermentables (Gisbert, 2016).

La maceración consiste en mezclar la malta con agua a temperaturas predeterminadas para extraer las enzimas de la malta y convertirlos los almidones en azúcares fermentables (Díaz, 2018). Este proceso se puede dar por:

- Maceración Simple: En el cual la malta se somete a un solo rango de temperatura de 65 a 68 °C.
- Maceración Escalonada: Esta se realiza por escalones donde la mezcla se somete a niveles de temperatura controlados en un tiempo determinado.

2.2.4 Filtración del mosto:

En el proceso de maceración se obtiene el orujo el cual se pasa por una cuba filtro o un filtro prensa para separar tanto el mosto líquido como el mosto sólido que, en este caso, se lo conoce como bagazo el cual es utilizado en la alimentación animal (Turc, 2018).

2.2.5 Cocción

El propósito de la cocción es añadir el lúpulo, el cual le dará el sabor de amargor y su aroma. Para ello el lúpulo se añade en dos porciones, la primera porción de se añade cuando el mosto esté hirviendo antes de llegar a los 100 °C esta le dará el sabor amargo característico de la cerveza, luego que pase 60 minutos se cerrará el fuego y se colocará la segunda porción para darle el aroma (Karl, 2016).

2.2.6 Clarificación del mosto, enfriamiento y aireado

La clarificación del mosto consiste en la separación del turbio grueso o turbio caliente de la cerveza que se da en el proceso de cocción por la ebullición de este, para dividir el turbio grueso se lo puede realizar por distintos sistemas como: centrifugación, sedimentación y filtración. En este caso el más utilizado es el Whirlpool mediante la centrifugación, en el cual se introduce el mosto, en él se producen fuerzas que hacen que el turbio quede en el fondo del tanque (Cortina, 2017).

Luego que ha sido clarificado el mosto se realiza el proceso de enfriamiento el cual debe ser inmediato hasta los 25 °C para evitar la multiplicación de microorganismos perjudiciales, para esto se utiliza un intercambiador de placas.

Es necesario después de haber hecho el enfriamiento realizar la aireación ya que las levaduras requieren de oxígeno para empezar con su actividad metabólica (Gonzales, 2018).

2.2.7 Fermentación

La fermentación es el proceso más importante donde se añade la levadura, la cual va a modificar los azúcares del mosto en alcohol, además de darle las cualidades características de la cerveza como el gas que produce la espuma de la cerveza y su picor. Este proceso dura entre 8 a 10 días terminado este tiempo se trasladada a tanques donde se controle la temperatura permanente (Álvarez, 2018).

2.2.8 Maduración y reposo

En esta fase se obtiene una cerveza de color verde o joven por lo cual es necesario realizar el trasiego a tanques de maduración a temperaturas de -1 y 4 °C de 45 a 60 días con el fin de mejorar la cerveza rústica en una bebida agradable para nuestros sentidos y terminar el proceso de fermentación (Turc, 2018).

2.2.9 Clarificación de la cerveza

Cárdenas (2016) expresa que una vez que se haya terminado el proceso de fermentación y maduración del sabor, es preciso realizar la clarificación de la cerveza para darle esa brillantez característica de la misma antes de su envasado, mediante diferentes filtros como pueden ser:

- Tierra diatomeas.
- Perlita.
- El medio filtrante.
- El filtro prensa.

2.3 Generación de subproductos de la industria cervecera en el Ecuador.

En Ecuador se inicia la industria cervecera en el año de 1913, donde la cerveza “Pilsener” apareció comercialmente y gracias a la aceptación y demanda que tuvo se fue expandiendo, en 1921 se constituye la “Compañía de Cervezas Nacionales”, lo cual incrementó las inversiones para obtener maquinarias y realizar nuevos productos como lo fue la cerveza Club Pilsener. Con el tiempo la Compañía de Cervezas Nacionales, en su deseo de aumentar

y llegar al mercado de todo el país, se une con la Cervecería Andina y se forma como una sola compañía como Cervecería Nacional S.A. (Araujo, 2019).

Al tener una gran demanda de esta bebida, también se ha incrementado o generando en subproductos que se han tomado como alternativa para la alimentación animal. Uno de los productos más generados en la elaboración de la cerveza es el bagazo, el cual representa un 85% de toda producción. Le siguen las raicillas de malta y levadura de la cerveza, los cuales tienen altos contenidos proteicos y que son muy buenos para la nutrición ganadera (Jurado, 2017).

2.3.1 Caracterización de los subproductos de la cervecería.

El aprovechamiento de residuos agroindustriales como materia prima para procesos en otras industrias, ha sido objeto de preocupación desde la década de los 70's (Saval, 2012). Un residuo agroindustrial es definido como aquello que puede o no tener valor comercial, ya que son poco comunes o se generan en bajas cantidades; sin embargo, alguno de sus componentes puede conferirle un interés particular. Lo que implica la necesidad de caracterizarlos con el fin de conocer su composición y darle un uso apropiado (Saval, 2012). La industria cervecera que utiliza como materia prima la cebada (*Hordeum vulgare*), genera afrecho de malta de cebada como residuo de mayor volumen (González, 2011). Este es un subproducto húmedo y altamente perecedero, que se lo realiza por medio de maceración, al cual le podemos dar uso de distintas maneras como materia seca o húmeda para la alimentación animal.

Una amplia gama de subproductos agroindustriales que tienen un adecuado potencial nutricional está disponible en grandes cantidades. El subproducto de cervecería (orujo) es un ejemplo típico. Se trata de un subproducto de la industria de la cerveza que utiliza granos de cereal como materia prima, donde el almidón es primariamente utilizado en el proceso de fabricación de la cerveza, quedando un residuo rico en proteínas (Senthilkumar et al., 2010). Sin embargo, se debe tener cuidado con la cantidad suministrada para evitar problemas de desequilibrio ácido base ruminal.

2.3.2 Bagazo de cerveza

También conocido como afrecho o cebadilla, este subproducto de la industria cervecera es el resultante del proceso de prensado y filtración del mosto obtenido tras la sacarificación del grano de cereal (cebada, básicamente) malteado. Es un producto húmedo cuyo contenido en materia seca es de un 20-25%. El bagazo de cerveza es un subproducto rico en proteína,

siendo su contenido proteico medio de un 24-26% sobre materia seca. El extracto etéreo representa un 6%, es un subproducto rico en fibra, con un contenido en FND del 53% y en FAD del 27%, aunque se trata de una fibra muy poco efectiva (18%). El contenido en lignina es de un 5% y el de cenizas de un 7%. En el residuo mineral destaca el contenido en P (6 g/kg), siendo más bajo el contenido en Ca (3 g/kg). El contenido en energía metabolizable es de 2,86 Mcal/kg MS. La degradabilidad efectiva de la proteína es baja (50%), siendo la velocidad de degradación ruminal de 7%/h (FEDNA, 2019a). Se trata de un alimento de elevado contenido proteico, siendo ésta una proteína que escapa, en buena parte, de la degradación ruminal, utilizado en la alimentación de rumiantes, especialmente vacas lecheras. Debido a su alto contenido de fibra, su utilización en monogástricos es limitada; sin embargo, se puede emplear en cerdos y aves (Espinoza, 2011).

2.3.3 Levadura de cerveza

La levadura de cerveza es un subproducto que se obtiene durante la fabricación de esta bebida, pero no contiene alcohol. Básicamente, es un fermento (levadura más restos de cerveza) que procede de la descomposición de la cebada y no es otra cosa que las células secas y pulverizadas de un tipo de levadura conocido como *Saccharomyces cerevisiae* al fabricar cervezas tipo Lager y *Saccharomyces carlsbergensis* cuando se fabrican cervezas tipo Ale. También, la levadura de cerveza puede cultivarse en laboratorios para ser utilizada específicamente como suplemento nutricional. Debido a su proceso de obtención, la levadura de cerveza tiene un sabor muy amargo, que resulta desagradable, por lo que es sometida a un procedimiento de ¨lavado¨ que busca eliminar este sabor. La levadura de cerveza es complemento rico en proteínas y vitaminas del complejo B, además de una gran variedad de minerales. De hecho, es dos veces más rica en proteínas que las semillas oleaginosas como almendras, nueces y avellanas, y sólo es igualada por el huevo y la leche. Además, contiene todos los aminoácidos considerados esenciales por la Organización Mundial de la Salud. Se destaca el alto contenido de dos aminoácidos, la lisina y el triptófano (Espinoza, 2011).

Según Vorachinda et al. (2011) la levadura de cerveza líquida (LBY) contiene de 10-14% de MS y 40-50% de PC en base a MS. El uso de LBY, un producto de fermentación en estado líquido, mezclado con heno de avena, ofrece a los agricultores proteínas enriquecidas a menores costos generales de alimentación.

2.3.4 Raicillas de malta

La raicilla de malta (25% PB) es un subproducto procedente de la fabricación de la cerveza. El primer paso de este proceso, que generalmente se realiza en industrias especializadas, y no por las propias cerveceras, es la transformación de la cebada en malta. La cebada, como tal, no contiene un extracto fermentable para levaduras. El malteado es una germinación controlada del grano que promueve el desarrollo de los sistemas enzimáticos que, en etapas posteriores, hidrolizan el almidón a azúcares. El proceso dura de 6-7 días y se interrumpe cuando el germen ha alcanzado un cierto desarrollo. Durante este tiempo, en la base del grano se produce el crecimiento de las raicillas. Por término medio se obtienen 5 kg de raicillas por cada 100 kg de cebada. El producto se presenta en forma de una masa blanda y voluminosa, formada por filamentos de color amarillo-pardo, de una longitud de 5-8 mm y un grosor de décimas de milímetro. El olor de la raicilla es similar al de la malta torrefactada y su sabor es ligeramente amargo.

La raicilla de cebada tiene un elevado contenido en fibra (40% FND) relativamente poco lignificada (2% LAD). Parte de la fibra se encuentra, además, en forma de galactosanas y pentosanas. Contiene también una proporción significativa de almidón (10%) y de azúcares (7%), principalmente sacarosa. En conjunto, su valor energético es aceptable en rumiantes (alrededor del 85% del grano de cebada), porcino y conejos y relativamente bajo en avicultura. Por las características físicas de la fibra la raicilla tiene, además, un valor añadido en piensos de vacas de leche, conejos y cerdas en gestación. La concentración en proteína de este subproducto es notablemente elevada (25,5%). Globalmente se caracteriza por una elevada solubilidad (60%) y por una alta degradabilidad (80%) en el contenido ruminal, lo que debe tenerse en cuenta en la formulación de piensos de vacas de alta producción. Su composición en aminoácidos es aceptable (4,6% de lisina sobre proteína bruta) y su digestibilidad en ganado porcino es relativamente alta respecto a otros subproductos de cereales. Existe una ecuación de predicción del valor energético para aves, válida para todos los subproductos de cebada (FEDNA, 2019b).

2.3.5 Mosto

El mosto es el líquido que se obtiene previo a la fermentación de una cerveza. Contiene azúcares de las distintas maltas, el lúpulo y otros añadidos durante la cocción. Se denomina mosto debido a su sabor dulce y a su falta de alcohol. El proceso mediante el que se obtiene el mosto se llama maceración, y se trata de la inmersión en agua de los granos secos,

obtenidos tras el proceso de tostado y molida, es un paso delicado que requiere de mucha experiencia para el control de la temperatura y el tiempo. El objetivo es propiciar las condiciones ideales para transformar durante la maceración los almidones en azúcar. La cerveza se conforma por alrededor de 95% de agua, por lo cual es necesario elegir el tipo correcto del líquido con el que se elaborará. Una vez logradas las características deseadas, el resultado es un mosto dulce que después se filtra para retirar sólidos. Posteriormente el mosto se hierve y en ese punto se agrega el Lúpulo; éste le aportará amargor, aroma y sabor. Al finalizar el hervor, se enfría a temperaturas de fermentación y en ese momento se agrega la levadura que se encargará de convertir el mosto en cerveza (Ceveceros de México, 2017).

2.3.6 Malteado, Prensado y Filtrado

Después de obtener el afrecho húmedo, este se somete a secamiento parcial, mediante el uso de presión, dando lugar a un subproducto o efluente llamado licor de cervecería, agua de prensa, o agua de masa. El empleo de este subproducto como una alternativa nutricional en la alimentación animal, se convierte en una posibilidad de ahorro, al disminuir la oferta del alimento balanceado principalmente en cerdos y en algunos casos en ganado de leche; además es una manera práctica de que el efluente no sea visto como una amenaza ecológica al ser vertido a las aguas de arroyos o ríos. En clima frio el licor se puede almacenar hasta por una semana sin que sufra ninguna alteración; en climas templados o cálidos no se recomienda su almacenamiento por más de dos días y medio (Vallecilla, 2020).

Aunque el filtrado de cerveza acelera la maduración de la cerveza, esto no debe hacerse antes de tiempo. Algunos cambios químicos importantes se llevan a cabo durante la última parte de la fermentación y al principio de la maduración. Si se detienen, el balance del sabor será deficiente. Las cervecerías suelen utilizar aditivos y otras técnicas para filtrar la cerveza muy temprano. Hay que permitir que la cerveza termine su fermentación y se quede en la secundaria por dos o tres semanas antes del filtrado, para luego embarrilarla. El proceso de filtrado es simple si se tienen dos barriles. Es necesario colocar el filtro entre el vacío y el lleno y usar la presión del CO_2 para transferir la cerveza de uno a otro. Una vez que el filtrado ha concluido, hay que cerrar el segundo barril, purgarlo varias veces, refrigerar, y carbonatar normalmente. Filtrar la cerveza no siempre es algo que se desee, pero cuando lo que se busca es claridad extra y un sabor más limpio, entonces sí es una buena alternativa (MALTOSAA, 2020).

2.4 Formas de uso de los subproductos de la cervecería (inclusión en el alimento fresca y seca).

El bagazo puede ser ensilado con mezclas de 2-3% de melaza para asegurar una buena fermentación, con subproductos triturados de platanera como rolos, racimos, frutas y cáscaras. Una de las combinaciones que presenta mejores resultados es la mezcla con residuos de harineras como las cascarillas de cereales. Éstos se obtienen en las sucesivas etapas del proceso de molturación y cernido de los cereales para la obtención de harinas. Representan en su conjunto en torno al 25% del peso del grano. Tiene la propiedad de absorber el jugo del bagazo, reduciendo las pérdidas de nutrientes durante la fermentación. Estos subproductos son altamente palatables y de elevada disponibilidad en el mercado de los cereales. Son moderadamente fibrosos (37% FND), ricos en hemicelulosa y celulosa con un contenido de almidón variable y una concentración proteica (15%) y energética muy apreciable (0.82 UFL). Las características físicas de la fibra son adecuadas para acelerar el transito digestivo, lo que tiene interés en rumiantes (Jurado, 2018).

2.5 Usos y aplicaciones de subproductos de cervecería como alternativa en la alimentación animal.

Los subproductos de cervecería pueden clasificarse para su empleo de acuerdo con el contenido de proteína y de fibra, estos son conceptos de gran importancia económica y nutricional en el desarrollo de una formulación. Los subproductos de la industria cervecera han sido extensamente estudiados y usados en la alimentación de las diferentes especies animales en Estados Unidos y muchos otros países y fue la Asociación de Cerveceros de Norteamérica los que, desde el año de 1968, han impulsado programas de investigación y desarrollo del uso de estos subproductos en la formulación de raciones para las distintas especies animales. Por la misma manera es que ha llevado a los diferentes ganaderos a utilizar estas formulaciones de residuos cerveceros para la alimentación animal. La experiencia americana ha sido aprovechada por muchos países, de tal manera que, de acuerdo con la composición nutricional del afrecho de cerveza, el germen de malta y la levadura, se han elaborado dietas completas para aves, cerdos y además suplementos alimenticios de mucho éxito en ganado bovino. En ganadería tanto de leche como de carne, el afrecho de cervecería se puede utilizar como único suplemento (Valencilla, 2015).

2.5.1 Los subproductos de cervecería en la alimentación de bovinos.

Los subproductos de cervecería son una alternativa para alimentar el ganado bovino, con esta fuente de forraje por secado y peletizado con un alto valor nutricional y bajo costo, además de contener más fósforo y proteína bruta que los henos de alfalfa. Son muy palatables, ricos en proteína de degradabilidad intermedia, por lo que se recomienda incluirlos en un 20% de la ración. Si se consideran aproximadamente 750 toneladas de cebada para la fabricación de cerveza localmente al año, permitirían la suplementación entre 55 y 83 mil animales en total en la región con este subproducto, para el caso particular de ovejas y cabras, se recomienda la suplementación, en el último mes de gestación, a razón de 0,3 a 0,45 kg por día, con el fin de mejorar el peso al nacimiento y la sobrevivencia de los corderos y cabritos. Esto significa que serían necesarios entre 9 y 13,5 kilos por animal al año (Ferrari, 2017).

2.5.2 Los subproductos de cervecería en la alimentación de monogástricos

El afrecho en la alimentación de cerdos, de acuerdo con estudios realizados en unidades de producción porcina, no es recomendable la utilización del subproducto en cerdos durante las etapas de mayor requerimiento nutricional (lactantes y desarrollo), esto por sus altos contenidos de fibra bruta que se encuentran en el subproducto en valores del 15 al 20%, además otro factor limitante en la alimentación de monogástricos, es la calidad de la proteína, que a pesar de sus valores, que oscilan alrededor del 20%, la misma es deficitaria en lisina, lo cual también se constituye en una limitante para su utilización. Si hay disponibilidad del subproducto, se recomienda utilizarlo únicamente en cerdas gestantes en niveles del 40% (Espinoza, 2011).

En el estudio de Silva (2019), desarrolló un experimento, en donde el objetivo fue evaluar un flushing energético-mineral para aumentar la tasa de fecundidad en vacas y condición corporal; en el cual se evaluaron dos raciones T0 (80g de sal + pastoreo) y T1 (sal mineral + melaza + afrecho de cebada) en vacas de propósito mixto, en términos de ganancia de peso, ganancia de condición corporal, función ovárica, glucosa en sangre y macro minerales en sangre, esto con la finalidad de elevar la tasa de fecundidad de los animales en estado de infertilidad y así acondicionarles para que entren a reproducción. Es aquí donde se emplea el uso del bagazo de cerveza dentro de la dieta de los animales, aplicando el flushing energético-mineral a base de melaza de caña de azúcar y sal mineral respectivamente; para esto se utilizaron 20 vacas de la raza Brown en total estado anestrico. La investigación duró 60 días, donde se resaltó la diferencia entre el T1 que es superior al T0 con alrededor de

160kg de peso más en los animales puestos al T1, así mismo el aumento en macrominerales y glucosa en la sangre, un aumento en la función ovárica, notándose visiblemente al término del experimento de cómo las vacas iban presentando un moco cervical síntoma de celo (Silva, 2019). Por medio de este experimento podemos evidenciar, que el uso de este residuo de la industria cervecera en la alimentación animal es aprovechable e importante en la dieta del animal, así mismo teniendo en cuenta la unión o complementación con los demás suplementos alimenticios

2.5.3 Utilización de levaduras en acuicultura con peces

Las levaduras son ricas en proteína altamente digerible y en vitaminas del grupo B, lo cual las hace ideales para estadios larvarios y de alevinaje en acuicultura. Asimismo, tienen efectos estimulantes del sistema inmunológico en peces y crustáceos. La alimentación con levaduras en peces está experimentando un gran auge en los últimos años. Como ejemplo se encuentran los trabajos realizados por Chafloque Valuis y Choquehuanca Cortez (2018) acerca de la utilización de levadura como suplemento dietario en el crecimiento de *Piaractus brachypomus* (pez paco).

En salmones, se ha comprobado que la inclusión de levaduras en la dieta mejora la supervivencia hasta en 62%. También es de subrayar los estudios respecto a la acción estimulante del sistema inmunológico de alevines de *Orechromis niloticus* alimentados con levaduras. Otras experiencias con alevines de tilapia roja han demostrado que la inclusión en un 2% de levadura *Saccharomyces cerevisiae* en la dieta genera unas mayores ganancias de peso, tasa de crecimiento y factor de condición en alevines ($p<0,05$) (Fernández, 2013).

2.5.4 Utilización de levaduras en acuicultura con camarón

El camarón no posee un sistema inmunológico específico lo cual es uno de los motivos de qué no pueden utilizarse vacunas. De esta manera la inmunoestimulación del sistema inmune NO específico pasa a ser crucial para el buen estado de salud del camarón. Las substancias estimulantes suelen estar presentes en la pared celular de microorganismos. Las levaduras y hongos son muy ricos en β-glucanos que se encuentran en su pared celular. El contacto con estas substancias parece tener un importante efecto inmunoestimulante. Song y Cols (1997), ya comprobaron una mayor resistencia de *P. monodon* al virus de la mancha blanca (WSSV) usando extractos de β-glucanos. Igualmente, Chang y Cols (1999) observaron una

significativamente mayor supervivencia de postlarvas de camarón alimentadas con β-glucano una vez expuestas a este mismo virus (WSSV) (Rendón y Balcázar, 2016).

2.6 Residuos de cervecería para la elaboración de balanceados para la alimentación animal.

Los alimentos para ganadería en Colombia y Ecuador están en gran parte liderados por la producción industrial. Los sistemas ganaderos de producción son en su mayoría pastoriles y la suplementación se hace con base en alimentos concentrados industriales en más del 70% de lo que se comercializa en ambos países. Es por ello que el uso de fuentes alternativas en finca (hatos) sigue creciendo debido a que el ganadero, en el afán de mejorar la rentabilidad para su ganadería, busca adquirir nuevas alternativas fibrosas, proteicas y energéticas para los animales. Los subproductos de cerveza son una alternativa disponible en todos nuestros países, pues si tomamos que solo en Colombia la empresa Bavaria líder en la producción de cervezas en Colombia y Ecuador facturó más de 2700 millones de dólares, podremos dimensionar la gran cantidad de subproductos para la industria animal que se pueden generar para ser usados en forma seca o húmeda en el balance de raciones, ya sea para ganado de carne o leche y en menor grado para cerdos (Valencilla, 2015).

2.7 Impacto ambiental con el aprovechamiento de los residuos de la cervecería.

Los residuos o subproductos se generan en cualquier proceso productivo y usualmente no son de utilidad posterior como materia prima para la cadena de producción (Rosas et al., 2016). El sector agroindustrial no es la excepción, así que genera residuos que pueden ser definidos, según Saval (2012), como materiales en estado sólido o líquido obtenidos a partir del consumo directo de productos primarios o de su industrialización, que ya no son de utilidad para el proceso que los generó, pero sí se pueden aprovechar o transformar para obtener otro producto con valor económico, comercial o social. Cada subsector de la agroindustria genera residuos específicos. En su mayoría, estos presentan características óptimas para su aprovechamiento en otra cadena de producción o como alternativa de tratamiento o recuperación de algún medio contaminado (Vargas y Pérez, 2018).

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Ubicación

Debido a las condiciones de restricción impuestas por el Gobierno Nacional durante la pandemia, a través de Decreto Ejecutivo No. 1017, de 16 de marzo de 2020 referente al estado de excepción por calamidad pública en todo el territorio nacional, por los casos de coronavirus confirmados y la declaratoria de pandemia de COVID-19, y a la normativa transitoria para el desarrollo de actividades académicas en las instituciones de Educación Superior, el estudio se ejecutó en modalidad Online revisando información científica nacional e internacional desde la vivienda, bajo el asesoramiento de la directora del proyecto, a través de la plataforma TEAMS, medio oficial que utiliza la Universidad Estatal Amazónica para la modalidad virtual, según el Artículo 20 del instructivo especial para el desarrollo de las actividades académicas en la modalidad en línea y virtual.

3.2 Tipo de investigación

Se llevó a cabo una investigación teórica (no experimental) con la modalidad documental, fundamentada de forma bibliográfica y hemerográfica, para obtener conocimientos a partir de la revisión de libros publicados, textos impresos, periódicos, revistas y publicaciones periódicas de cualquier tipo. Para poder indagar algunas interrogantes sobre la utilización de los subproductos de la industria cervecera para la alimentación animal: ¿cuáles son los aportes de nutrientes, a que especie animal se le pueden incluir en la dieta, a qué por ciento de inclusión se pueden usar?

3.3 Métodos de la investigación

La metodología utilizada consistió en el uso de fuentes primarias de información como libros, tesis y publicaciones científicas mediante búsquedas en bases científicas que se encuentren en plataforma Web of Science (Scopus, PubMed, etc.) enmarcada en los últimos 10 años en idiomas español e inglés; también se utilizaron otras fuentes secundarias que aportan a la investigación como las tesis de doctorado, maestrías, informes de proyecto de pregrado nacional e internacional. La búsqueda incluyó los términos o palabras clave “subproductos de cervecería”, “bagazo de cerveza”, “levadura de cerveza” y “raicillas de malta”, entre otros.

Este tipo de investigación se basó en técnicas de localización, extracción y fijación de datos, para construir un mapa conceptual y documental de toda la información extraída. Los pasos seguidos fueron los siguientes:

- **Arqueo de fuentes**: para ello se seleccionó el material útil para la investigación y composición de archivos, a partir del tema central del que se ocupa.
- **Revisión previa:** se realizó el descarte del material poco útil o referente a los objetivos específicos de la investigación.
- **Cotejo:** comparación y organización del material disponible para obtener las citas textuales y las referencias para sustentar las interpretaciones o teorías realizadas.
- **Interpretación:** análisis del material cotejado y elaboración de una propuesta de lectura crítica, opinión, interpretación y deducción de la temática.

CAPÍTULO IV. ANÁLSIS DE RESULTADOS

4.1 Características nutricionales de los subproductos de la industria cervecera

En la búsqueda bibliográfica de los subproductos de la industria cervecera para la alimentación animal, se obtuvo información actualizada de tres de ellos que constituyen un potencial importante de materia prima alternativa para la alimentación animal, por el contenido de nutrientes que aún conservan después del proceso de elaboración de cerveza, los cuales son: el bagazo de cerveza, la levadura de cerveza y las raicillas de malta. En la Tabla 1 se muestran valores de algunos indicadores de la composición nutricional de estos subproductos.

Tabla 1. Indicadores de la composición nutricional de subproductos de la industria cervecera, reportados por diferentes autores.

MS %	**PB %**	**FB** %	**Humedad** %	**Ceniza** %	**FND** %	**FAD** %	**EM** Mcal/kgMS	**Referencias**
				Bagazo de cervecería				
*25,00	26,30	17,8	74,02	3,90	53,00	27,0	2,86	(FEDNA, 2019)
90,44	11,02	7,10	9,96	1,53	-	-	-	(Jurado, 2018)
90,44	14,06	9,41	9,19	2,03	-	-	-	(Jurado, 2018)
93,00	38,01	4,31	6,20	14,53	-	-	-	(Fremu et al., 2017)
-	-	-	-	-	45,8	19,4	2,1	(Ferrari, 2017)
				Levadura de cerveza				
76,79	53,20	8,80	6,80	5,20	-	-	-	(Zhenyu y In, 2020)
-	40,52	4,31	-	-	-	-	2,6	
-	-	-	8,0	-	-	-	-	(Fremu et al., 2017)
93,30	44,35	4,80	-	4,70	62,09	27,0	2,8	(Suarez et al., 2016)
-	-	-	-		-	-	2,8	(Sacakli et al., 2013)
-	-	-	-	-	6,5	3,5	-	(Wondifraw y Tamir, 2013)
-	-	-	-	-	44,0	20,0	-	(FEDNA, 2011)
								(Cruz, 2010)
				Raicillas de Malta				
-	25,05	13,01	7,00	6,05	40,02	15,01	-	(FEDNA, 2019)
-	19,01	12,09	10,01	6,03	-	-	-	(Jamaica, 2018)
-	-	-	-	-	29,10	11,07	2,74	(Fernández, 2014)
92,08	-	-	-	-	25,00	11,05	2,60	(Fernández, 2014)
89,03	-	-	-	-	-	-	-	(Morales, 2011)

*Valores referidos al bagazo de cervecería húmedo. MS: materia seca; PB: proteína bruta; FB: fibra bruta; FND: fibra neutra detergente; FAD: fibra ácida detergente; EM: energía metabolizable; Mcal: megacaloría

Los porcentajes de nutrientes en cada uno de ellos son variados y demuestran que pueden ser eficaces para su uso en la alimentación de diferentes especies de animales. Para el bagazo de cervecería, en su estado húmedo se reporta un nivel de MS de 25%; sin embargo, escurrido o seco, presenta valores superiores a 90%, valor favorable para integrar raciones alimentarias en diferentes especies animales. Por su parte, los valores de PB superiores a 11% y de FB inferiores a 18%, lo enmarcan en un alimento más proteico que fibroso, relación favorable para su inclusión en dietas de animales de alto potencial productivo. Esto, con independencia de los valores de FND de 46%, pero inferiores a 20% de FAD (Ferrari, 2017). El valor de EM en su estado húmedo de 2,86 reportado por la FEDNA (2019a) y de 2,10 Mcal/kg MS informado por Ferrari (2017) permite corroborar lo señalado anteriormente acerca de sus posibilidades de uso en dietas de animales de potencial genético alto.

Aun cuando el bagazo de cervecería puede ser usado en la alimentación de animales monogástricos, es al parecer la levadura de cerveza, por su composición química, el subproducto ideal para ser incluido en las dietas de estas especies no rumiantes. Sus altos valores de PB y bajos de FB, según Sacakli et al. (2013) y Zhenyu y In (2020), se reflejan en un tenor energético aceptable, indicadores éstos adecuados para alcanzar resultados positivos en la crianza.

Fremu et al. (2017) encontraron valores de 40,52% de PB, 4,31% de FB y 2,6 Mcal/kg MS y concluyeron que la levadura de cerveza tiene valor nutricional y puede ser usada para formulaciones de alimentos de las aves como fuente de proteína para sustituir la soya.

Las raicillas de malta expresan elevados contenidos de proteína, que varían entre 19 y 25% (Jamaica, 2018; FEDNA, 2019b). El porcentaje de FND, según la última referencia anterior, puede llegar a 40,02%; sin embargo, Fernández (2014) encontró valores entre 25 y 29% y solo 11% de FAD, lo cual declara sus posibilidades de uso no solo en rumiantes, sino también en monogástricos.

En el Anexo 1 se recopilan valores promedios de las investigaciones relacionadas con la composición nutricional de los subproductos derivados de la industria cervecera, donde se registran valores de proteína de 17, 45 y 21% para el bagazo, la levadura y las raicillas, respectivamente. Haciendo una síntesis del resto de los indicadores nutricionales, es posible

afirmar que los subproductos de la industria cervecera estudiados constituyen un potencial promisorio para la alimentación alternativa de varias especies de animales de interés económico en muchas regiones del mundo.

Existen varias formas físicas de presentar el bagazo de cervecería, en varios estudios se realizaron evaluaciones a este subproducto como fuente de forraje seco, pelletizado y húmedo. Como se puede observar en la tabla 2 se encuentran descritos los valores nutricionales que posee el bagazo de cerveza.

Tabla 2 . Propiedades físicas y concentración química de minerales en el bagazo de cerveza en sus diferentes presentaciones.

Indicadores	**Bagazo de Cerveza**					
	Sin Pelletizar	**Pelletizado**	**Húmedo**	**Seco**	**Húmedo**	**Húmedo**
Densidad aparente ($t.m^{-3}$)	0,13	0,32	-	-	-	-
Humedad (%)	22,3	12,3	76	-	5,7	14,1
N (%)	3,1	3,0	-	-	-	1,82
PB (%)	19,1	18,6	6,70	28	18	15,2
FDN (%)	49,2	45,8	46	46	-	-
FDA (%)	19,4	19,4	-	-	-	-
DMS (%)	53,6	60,1	-	-	-	-
P (%)	0,56	0,60	-	-	-	-
Ca (%)	0,28	0,35	-	-	-	-
Mg (%)	0,13	0,13	-	-	-	-
K (%)	0,13	0,11	-	-	-	-
Energía Metabolizable ($Mcal.kgMS^{-1}$)	1,9	2,1	-	-	228,6	-
Referencias	(Ferrari et al., 2017)		(Poballe, S.A., 2020)		(Jurado,2018)	(Rodríguez,2012)

Valores de los indicadores del bagazo de cervecería seco, pelletizado y húmedo. $t.m^{-3}$ tonelada métrica; N: nitrógeno; PB: proteína bruta; FND: fibra neutra detergente; FAD: fibra ácida detergente; DMS: digestibilidad de materia seca; P: Fósforo; Ca: Calcio; Mg: Magnesio, K: Potasio; Mcal: megacaloría.

Según Ferrari et al. (2017) la densidad aparente del material original fue de 0,19 $t.m^{-3}$, y la densidad aparente del material seco sin pelletizar fue de 0,13 $t.m^{-3}$, mientras que con el pelletizado se redujo aún más su volumen, lo cual hizo aumentar su densidad aparente a 0,32 $t.m^{-3}$, lo cual representa una ventaja desde el punto de vista de los costos de transportación y almacenaje, además de facilitar su manejo en el momento de dosificarlo para suministrarlo a los animales.

Cabe destacar que las propiedades químicas del bagazo seco sin pelletizar y pelletizado y las propiedades nutricionales son muy similares, teniendo en cuenta que el proceso de

pelletizado no afecta su valor nutricional. Significa que los valores de PB encontrados son superiores al heno de alfalfa (16,2%) y ensilaje de maíz (8,4%).

Continúan refiriendo estos autores que los contenidos de energía fueron similares al heno de alfalfa (2,06 Mcal/kgMS) e inferiores a los de silaje de maíz (2,46 Mcal/kgMS). Esto es dado a que se pierden azúcares solubles en el proceso de macerado y posterior lavado del bagazo (de forma similar que se pierden parte de los cationes solubles como Ca, Mg y K); sin embargo, permanece un remanente de alto valor nutricional.

Poballe (2020) hace referencia que este subproducto posee altos valores energéticos y proteicos tanto en su forma húmeda (6,70%) como en su forma seca (28%), es importante destacar que su empleo permite un aumento de la ingestión de sustancia seca y mejora de la digestibilidad de la ración entera.

Similares resultados, indican Jurado (2018) y Rodríguez (2012) al evaluar los nutrientes del bagazo de cerveza donde se puede destacar los valores proteicos de 18 y 15,2% respectivamente, lo cual hace de este residuo de la elaboración de la cerveza una excelente fuente de proteína que se encuentra fácilmente en el mercado y se lo puede proporcionar a las diferentes según el interés del productor.

4.2. Resultados de producción animal con la utilización de subproductos de la industria cervecera como alimentos alternativos.

4.2.1. Utilización de subproductos de cervecería en producción de leche y carne bovina

Los subproductos de la industria cervecera han sido extensamente estudiados y usados en la alimentación de las diferentes especies animales en muchos países, y se han impulsado programas de investigación y desarrollo del uso de estos subproductos en la formulación de raciones para las distintas especies animales.

En ganadería tanto de leche como de carne, pudiera mencionarse que el afrecho de cervecería se puede utilizar como único suplemento. Los resultados de estudios más recientes ocupan el espacio de este ensayo bibliográfico.

En la Tabla 3 se describen los resultados de diferentes investigaciones enmarcadas en la suplementación con el uso de levadura de cerveza, raicillas de malta en el ganado bovino para carne y leche y otros subproductos generados de la elaboración de cerveza.

Tabla 3. Resultados productivos con la utilización de los subproductos derivados de la cervecería en la alimentación del ganado bovino de carne y leche.

Subproductos	Lugar investigación	Dieta o inclusión del subproducto	Producción de carne, leche o GMD, g/día	Referencias
Levadura de cerveza	México	10%	135	(Guerrero et al., 2011)
Raicillas de Malta	Buenos Aires	60%	820	(Fernández, 2014)
Bagazo de cerveza	La Paz, Bolivia	4 kg	1200	(Quispe-Paxipati et al., 2019)
Levadura de cerveza	La Paz, Bolivia	Heno de Avena + 20% de levadura de cerveza	820	(Choque, 2020)
		Heno de Avena + 30% de levadura de cerveza	800	
		Heno de Avena + 60% de levadura de cerveza	610	
Ganado Bovino de Leche (Producción de leche, l/vaca/día)				
Bagazo de cerveza	La Paz, Bolivia	6 kg	8	(Blanco- Callancho et al., 2018)
Orujo seco	Perú	PN	4,5	(Del Águila et al., 2018)
		PN + 5kg Os de cervecería	4,3	
		PN + Os de cervecería+ 100 g sales minerales	4,8	

Os: Orujo seco; PN: Pastura naturalizada.

El empleo de levadura cervecera arrojó ganancias de mantenimiento de peso (135 g/día) con solo el 10% de inclusión (Guerrero et al., 2011). En cambio, la inclusión del 60% de raicillas de malta en la dieta del bovino parece indicar que tuvo un efecto favorable mayor, al alcanzar 820 g/día de ganancia de peso (Fernández, 2014).

Quisque-Paxipati et al. (2019) reportan promedios de incremento de peso vivo diario por ciclo de pesaje de toretes en engorde alimentados con tres diferentes niveles de bagazo de cerveza, obteniendo el valor más alto cuando se incluyeron 4 kg de este subproducto en la ración (1,21 kg) vs 0,99 kg para la ración con 1,56 kg de bagazo y 0,74 kg para la ración basada en pasto nativo solamente.

Cabe destacar que los subproductos húmedos, como la levadura de cerveza líquida, se pueden utilizar mezclándose o mezclados con absorbente seco como heno de avena o cebada. Choque (2019) realizó una evaluación de la utilización de tres niveles de levadura de cerveza en toretes raza Holstein en la etapa de engorde, como se muestra en la tabla 3.

Este autor encontró que los tratamientos con 20 y 30% de levadura de cerveza añadida a la ración presentan datos de 0,82 y 0,80 kg/día, respectivamente, superiores a los del tratamiento con 60% de levadura de cerveza que presenta una ganancia de peso diaria de 0,61 kg. Con esto se demuestra que la adición de 20% de levadura de cerveza en la ración fue mejor asimilada por los animales.

Al respecto, Pierce et al. (2013) señalan que la *Saccharomyces cerevisiae* (levadura cervecera) incrementa el consumo de alimento, la producción de leche, conversión alimenticia y ganancia diaria de peso, en respuesta a incrementos en la cantidad y actividad de las bacterias anaeróbicas totales y celulolíticas que modifican la concentración de ácidos grasos volátiles (AGV), pH ruminal y nitrógeno amoniacal.

Por otro lado, se conoce que la levadura *S. cerevisiae* puede duplicar la degradación de la fracción fibrosa en el rumen, pues tiene capacidad enzimática para penetrar alimentos fibrosos a través de estomas, colonizar los tejidos altamente lignificados de los forrajes tropicales y solubilizar las partes lignificadas de las paredes celulares de las plantas. Sus celulasas se consideran las más activas en la degradación de la celulosa cristalina (Zicarelli et al., 2016).

Casas (2018) atribuye las mejores respuestas alcanzadas con esta levadura en vacas lecheras, al aumento de la celulolisis ruminal y al flujo de proteína microbiana al intestino.

En ganado lechero, Blanco-Callancho et al. (2018) determinaron la producción de leche en vacas mestizas Holstein pastoreadas en pradera nativa (PPN), las que se compararon con las suplementadas con bagazo de cerveza (BC) y maíz amarillo (MA). Se alcanzaron

rendimientos de 7,5; 8,0 y 10,9 L/vaca/día en los tratamientos de PPN sin suplemento, PPN + 6.0 kg de BC y PPN + 1.59 kg de BC + 5.46 kg MA. Estos resultados demuestran que con 6 kg de bagazo de cerveza como suplementación a la pradera nativa es posible alcanzar rendimientos lecheros adecuados, y se requiere suplementar con grano de maíz en un nivel apreciable para conseguir superar los 10 litros diarios.

Del Águila et al. (2018) indican en su estudio que para evaluar la suplementación de residuo seco de cervecería (orujo) y sales minerales (Fosvimin®) en la producción de leche de vacas cruzadas en la zona de Pucallpa, Perú, se probaron los tratamientos T1 = pastura naturalizada (PN), T2 = PN + 5 kg de orujo seco de cervecería (Os) y T3 = PN + Os + 100 g/vaca de sal mineral. Se seleccionaron 18 vacas en ordeño, con cruces indeterminados de *Bos taurus* con *Bos indicus*, pero con predominancia cebú. El forraje disponible de la pastura naturalizada fue de 2207,6 kg/ha de materia seca. La producción de leche en T1, T2 y T3 fue de 4,5, 4,3 y 4,8 L/vaca/día, respectivamente, habiendo diferencia significativa entre T3 con T2 y T1 ($p<0,05$). Los resultados mostraron un efecto benéfico de la suplementación combinada de residuos de cervecería y sales minerales en la producción de leche de vacas al pastoreo.

4.2.2. Utilización de subproductos de cervecería en ganado ovino

Los subproductos de cervecería han despertado gran interés durante los últimos años; aunado al elevado costo de los ingredientes proteínicos y energéticos, que impide la utilización generalizada de suplementos en el ganado ovino, lo que repercute en bajos niveles de producción de carne por animal y por hectárea.

En la Tabla 4 se reportan resultados productivos de ovinos alimentados con bagazo y levadura de cerveza.

Tabla 4. Principales resultados de los subproductos derivados de la cervecería utilizados para la alimentación de ovinos.

Subproductos	Lugar investigación	Dieta o inclusión del subproducto	Producción de carne o GMD, g/día	Referencias
Bagazo húmedo de cervecería	México	500 g	138,8	(Rivas et al., 2014)
Levadura cervecera	Colombia	15 g	220	(Cifuentes y Gonzales, 2013)
Levadura seca	Polonia	40%	273,19	(Stanisław et al., 2013)

Tratamientos	**Grupo de Ovinos**					
	Peso inicial, g	**1 semana**	**2 semanas**	**3 semanas**	**4 semanas**	
T0 (sin suplementación)	92,8	85,7	142,8	121,4	164,25	
T2 (6 maltas)	190,1	256,1	228,5	190,43	252,33	(Peña y Posadas, 2016)
T1 (2 maltas)	104,7	128,5	142,8	152,33	219	

T0: tratamiento 0; T1: tratamiento 1; T2: tratamiento 2.

El bagazo húmedo de cebada ha sido calificado como un complemento adecuado para la alimentación de rumiantes, debido a la concentración de proteína y su alta cantidad de fibra que estimula el buen funcionamiento del rumen (Westendorf y Wohlt, 2002); su valor energético es aproximadamente de 71 a 75% de nutrientes digestibles totales (NDT); comparado con el maíz, el cual tiene un valor de NDT de 88%. Adicionalmente, su contenido de grasa cruda (7 a 10%) contribuye a su valor energético total; sin embargo, asociado a cada subproducto, existe cierta variación en cuanto a su composición química, dado las diferencias

en el control de calidad y en la disponibilidad de estos; condiciones que deben ser considerados antes de usarse (Rivas et al., 2014).

Estos autores consiguieron sustituir los granos de maíz y sorgo por el bagazo húmedo de cervecería, al obtener ganancias de peso similares cuando se incluyeron 500 g de MS en la dieta de ovinos en pastoreo.

Resultados alentadores informan Cifuentes y Gonzales (2013) al alcanzar 220 g en la GMD de ovinos con la utilización de 15 g de levadura cervecera. Esto demuestra sus potencialidades en el crecimiento y engorde de esta especie.

Stanisław et al. (2013) realizaron su estudio en 32 corderos lactantes Kamieniec divididos en dos grupos (control y tratamiento) durante 60 días, a los cuales alimentaron con la siguiente mezcla: cebada molida (40%), trigo molido (37,5%), maíz molido (10%), harina de soja (10%), premezcla mineral (2%), yeso forrajero (0,2%), fosfato dicálcico (0,2%) y forrajes salinos (0,1%), para evaluar su peso corporal y los rasgos de rendimiento de carne, al incorporar levadura de cerveza seca en el grupo de tratamiento se al cabo de los 60 días del experimento se observó un mayor incremento de su peso corporal (27.66 kg) a diferencia del grupo control (24.82 kg), de la misma forma las ganancias de peso diaria fueron mayores para el grupo de tratamiento que obtuvieron 273,19 g/d a diferencia del grupo control 214.40 g/d, estos resultados indican claramente que la preparación de levadura tuvo un efecto estimulante sobre el crecimiento y el desarrollo muscular del cordero sin provocar un exceso de grasa en la canal.

Peña y Posadas (2016) realizaron un estudio en nueve ovejas Landrace (7 hembras y 2 machos) con un peso inicial entre 35 ± 10 kg, las cuales agruparon en dos tratamientos. Los grupos control (T0) sin suplementación, suplementación T1 con 10% de dos granos gastados y T2 con 10% de seis granos gastados durante 28 días, demostrando que al aplicar el T2 de seis granos gastados (bagazo de cerveza) la ganancia de peso fue mayor con 252,33 g a diferencia del T0 donde hubo una menor ganancia de peso de 164,25 g al cabo de las cuatro semanas, por lo cual recomiendan incluir en los piensos de los animales un 10% del bagazo de cerveza seco para incrementar la ganancia de peso.

En la Tabla 5 se muestran los resultados de la suplementación con el uso de levadura de cerveza en cerdos.

Tabla 5. Resultados productivos con la inclusión de levadura de cerveza en la alimentación de cerdos.

Tipo animal	Lugar de investigación	Dieta o inclusión del subproducto	Producción de carne o GMD, kg	Referencias
De engorde	Guaranda, Ecuador	5%	39	(Sánchez, 2020)
De engorde	Lima, Perú	250 g/t	0,83	(Aceijas, 2017)
De precebo	Tacna, Perú	0,2%	25	(García, 2015)
De engorde	Guaranda, Ecuador	8%	25	(Tisalema, 2014)

En los cerdos, el alimento húmedo favorece la velocidad de pasaje y su consumo, y dado que los tenores de nutrientes de la levadura de cerveza y su energía son altos, se consigue un comportamiento productivo excelente.

En el reporte de Aceijas (2017) se evidencia un mayor peso al beneficio con los animales que recibieron la levadura, determinado por un incremento diario de 0,83 kg, lo cual coincide con Rosas (2009) el que señala que entre las características de emplear levaduras vivas era el lograr una mejor eficiencia en el crecimiento, incrementar la ganancia de peso y una mejora en la asimilación de nutrientes.

En el estudio de García (2015) se demuestra que la adición de *Saccharomyces cerevisiae*, en dietas para cerdos en etapa de precebo de ambos sexos no muestra diferencias significativas con relación al tratamiento de alimentación convencional.

Por su parte, en la alimentación de pollos de engorde se reportan igualmente valores favorables de incremento en peso con la inclusión de levadura de cerveza (Tabla 6).

Tabla 6. Resultados productivos con la inclusión de levadura de cerveza en la alimentación de pollos.

Lugar de investigación	Dieta o inclusión del subproducto	Variables							Referencias
		CPA, g	GP, g	CA	PV (g)	PC (g)	RC (%)	GA (%)	
Perú	0%	3896 ± 43	2302 ± 57	1,69 ± 0,059	2302 ± 57	2110 ± 0,084	83,40 ± 1,507	0,85 ± 0,482	(Rosales, 2018)
	4%	3760 ±159	2282 ±108	1,65 ± 0,055	2282 ± 108	1930 ± 0,142	81,83 ± 3,224	1,16 ± 0,178	
	8%	3750 ± 84	2142 ± 95	1,75 ± 0,061	2142 ± 95	2030 ± 0,074	84,81 ± 2,282	0,99 ± 0,121	
	12%	3793 ± 84	2166 ± 71	1,75 ± 0,052	2166 ± 71	1980 ± 0,036	83,69 ± 1,631	0,94 ± 0,091	
La Paz	3 kg	443,3	27,1	3,3	-	-	-	-	(Morillas, 2019)
Ecuador	600 g/t	843	3001,5	1,3	-	1525,2	-	-	(Seminario y Cuenca, 2018)
Ecuador	1 kg/t	4254,32	2455	1,71	-	-	-	-	(Zambrano et al., 2017)

CPA: Consumo promedio total de alimento; GP: Ganancia de peso total promedio; CA: Conversión alimenticia promedio; PV: Peso vivo del pollo; PCT: Peso de carcasa total (incluyendo cabeza y patas); RC: Rendimiento de carcasa; GA: Grasa abdominal.

Rosales (2018) realizó una evaluación del comportamiento de pollos parrilleros Cobb 500 en la fase de crecimiento y acabado, alimentados con dietas incluidas con diferentes niveles de orujo de cervecería deshidratada (OCD). Se probaron 4 tratamientos: T0: Dieta con 0% testigo, T1: Dieta con 4% de inclusión de OCD, T2: Dieta con 8% de inclusión de OCD y T3: Dieta con 12% de inclusión de OCD. En la tabla 6 se presentan los resultados de esta investigación en cuanto a consumo de alimentos y rendimiento de carcasa, respectivamente.

Los resultados obtenidos para las variables CPA, GP y CA en la fase de crecimiento y acabado muestran que no existen diferencias significativas ($P>0.05$) para estas variables según los tratamientos, lo cual significa que el orujo de cerveza deshidratado consigue sustituir parte de la ración convencional sin afectar el normal crecimiento y desarrollo de los pollos.

Con relación a las variables de acabado (Tabla 6), los resultados de los análisis de varianza muestran que no se encontró efecto significativo de los tratamientos en ninguna de ellas. Este nos lleva a corroborar lo señalado anteriormente para el consumo, ganancia de peso y conversión alimenticia: la inclusión de OCD no deprime el comportamiento de los pollos.

Morillas (2019) informa que con la inclusión de este subproducto se produce un valor favorable de mejora del indicador productivo GMD, con 27.1 g/día en la etapa de inicio, además obtuvo un CPA de 443.3 g, obteniendo así una CA de 3.3. Por otra parte, con la adición de 600 g de *Saccharomyces cerevisiae* por cada tonelada de alimento, Seminario y Cuenca (2018) lograron una respuesta competitiva con el resto de los tratamientos, registrando un incremento en peso total de 3001.5 g/ave, una conversión alimenticia promedio de 1.3 esto con un CPA de 843 g, y un costo-beneficio de $ 1,50 por pollo.

Cuando el nivel de inclusión de este subproducto fue 1kg por tonelada de alimento, Zambrano et al. (2017) informaron un incremento en peso de 2455g en toda la crianza, donde se evidencio un CPA de 425.32 con una CA de 1.71, el cual fue superior comparado con los niveles de 0.5 y 1.5 kg/t probados en ese estudio.

En la Tabla 7 se presentan los niveles de inclusión tolerados de los subproductos de la industria cervecera para cada una de las especies de animales. Se puede apreciar que, en los rumiantes en las categorías de levante, engorde y producción de leche, asimilan altos niveles de inclusión en la dieta de los tres subproductos valorados en este trabajo.

Los animales monogástricos aves y cerdos, solamente aprovechan estos subproductos en niveles de inclusión bajos, hasta 15%; sin embargo, la raicilla de malta y la levadura de cerveza son muy bien aprovechados. Los cerdos lo pueden utilizar en las categorías después del destete, crecimiento y gestación.

Tabla 7. Porcentajes óptimos de inclusión de los diferentes subproductos de la industria cervecera en las especies animales de interés zootécnico.

Subproductos	% de Inclusión	Especie animal de interés zootécnico				Referencias
		Bovino	Ovino	Cerdo	Aves	
Bagazo de cerveza	3	+	-	+	+	(FEDNA, 2019)
	8	+	-	+	+	
	15	+	-	-	-	
	20	+	-	-	-	
	22	+	+	-	-	
	25	-	+	-		
Levadura de cerveza	0,5	-	-	-	+	(Rodríguez, 2016)
	1	-	-	+	+	
	1,5	-	-	+	+	
	6	-	-	-	+	(FEDNA, 2019)
	9	+	-	-	-	(Montero, 2010)
	50	-	-	-	+	
	75	+	-	-	-	(Cajamarca, 2015)
Raicillas de Malta	1	-	-	-	+	(FEDNA, 2019)
	2	-	-	+	+	
	4	-	-	+	+	
	6	-	-	+	+	
	10	+	+	+	-	(Fernández, 2015)
	20	+	+	+	-	
	30	+	+	-	-	
	40	+	-	-	-	

(+): Aceptable (-): No aceptable

Conclusiones

- Los principales residuos generados de la industria cervecera para la alimentación animal constituyen el bagazo de cerveza que es resultante del proceso de prensado y filtración del mosto, obtenido tras la sacarificación del grano de cebada malteado, rico en proteína y fibra alimentaria; la levadura de cerveza que se retira de los fermentadores, generalmente con agotada actividad fermentativa, pero con alto contenido en polifenoles y antioxidantes, y las raicillas de malta, ricas en fibra, según la información recopilada mediante el estudio bibliográfico realizado estos subproductos constituyen fuentes de elevada disponibilidad física y nutricional para su inclusión en la alimentación alternativa de especies de interés económico.

- Acorde con la revisión bibliográfica según la especie de interés y la etapa en que se encuentre se puede incluir los diferentes residuos de la industria cervecera en la dieta de los animales, destacando que el principal subproducto utilizado en la alimentación animal bovina y ovina es el bagazo de cerveza, pues presenta excelentes resultados en las ganancias de pesos vivos. Las raicillas de malta en el ganado bovino, porcino, pollos y conejos, tiene una adecuada aceptación, en especial en la etapa de gestación en los cerdos; las levaduras al ser ricas en proteína altamente digerible y en vitaminas del grupo B son excelentes para la alimentación de los peces.

Recomendaciones

- Divulgar y promover el conocimiento actualizado de los subproductos de la industria cervecera entre los criadores de ganado de la región, a fin de incrementar su empleo en la alimentación animal.

- Se recomienda evaluar otros valores de eficiencia productiva en las diferentes especies animales y publicar el presente ensayo bibliográfico en una fuente que publique artículos de reseña científica.

REFERENCIAS

Aceijas, W. (2017). Uso de *Saccharomyces cerevisiae* en el alimento de cerdos en acabado (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Zootecnia. Lima. Perú. 35 p.

Aguirre, H. (2018). Diseño de una micro cervecería con una producción de 10.000 hL anuales. (Trabajo de Fin de Grado). Universidad de Sevilla, España. 99 p.

Álvarez, M. (2018). Control del proceso de fermentación de cerveza artesanal (Trabajo de Fin de grado). Universidad de Buenos Aires, Argentina. 36 p.

Álvarez, S., Méndez, P. y Fresno, Marichu. (2013). Ensilado de subproductos de la industria cervecera y harinera para la alimentación animal. Recuperado de: https://www.icia.es/icia/GanAfrica/Ensilado_Cerveza.pdf

Araujo, M. (2019). Aprovechamiento de residuos de una cervecería artesanal como insumo para la industria de la panificación (Tesis de pregrado). Universidad de las Américas, Ecuador. 60 p.

Balaguer, D. (2017). Diseño de una planta de elaboración de cerveza artesanal (Trabajo de grado). Universidad Técnica de Cataluña. Barcelona. España. 100 p.

Blanco-Callancho F., Loza-Murguia M., Achu-Nina C. y Chura- Limachi F. (2018). Producción de leche en vacas mestizo Holstein (Bos taurus L.,) pastoreadas en paraderas nativas en comparación con las suplementadas con borra de cerveza y maíz amarillo. *J. Selva Andina Anim Sci., 5*(2):*65-78.*

Cajamarca, W. (2015). Utilización de tres niveles de levadura de cerveza como prebiótico de origen natural en la dieta de pollos parrilleros. Universidad Politécnica Salesiana, sede Cuenca. Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Cuenca, Ecuador. 70 p.

Cárdenas, C. (2016). Diseño de un filtro para cerveza artesanal (Tesis de pregrado). Universidad Austral de Chile, Chile. 100 p.

Castro, C., Vivas, A. y Coronel, J. (2020). Importancia de la Producción Pecuaria Ecuatoriana. Entre la Autosuficiencia Alimentaria y el Impacto Ambiental. Recuperado de:

https://www.researchgate.net/publication/340364202_Importancia_de_la_produccion_pecuaria_ecuatoriana_Entre_la_autosuficiencia_alimentaria_y_el_impacto_ambiental

Cerveceros de México. (2017). Recuperado de: https://cervecerosdemexico.com/2017/11/13/mosto-cerveza-proceso/

Choque, C. L. (2019). Efecto de tres niveles de levadura de cerveza (Saccharomyces cervevisiae) en la producción de carne en ganado bovino en la Estación Experimental de Choquenaira. Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 67 p.

Cifuentes, O. y Gonzales, Y. (2013). Evaluación de la levadura (Saccharomyces cerevisiae) en la ganancia de peso de ovinos criollos. *Conexión Agropecuaria JDC, 3*(1): 41-49.

Coca, M. (2012). Sistemas de Engorde de Toretes Mestizos en el Trópico Húmedo (Tesis de Grado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias Pecuarias. Riobamba. Ecuador. 75 p.

Cortina, Y. (2017). Diseño del sistema de control automático en la sala de cocimientos de la Cervecería "Antonio Díaz Santana" (Tesis de pregrado). Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas, Cuba. 120 p.

Crespo, A. (2018). Diagnóstico de la cadena de valor: División Alimentos Balanceados en la Provincia del Guayas. Periodo 2013 – 2017 (Tesis de pregrado). Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador. 113 p.

Cruz, C. (2010). Conservación de la Masilla a través de los Silos de Pastel Inoculada con la levadura de cerveza (*Saccharomyces cerevisiae*) (Tesis de pregrado). Buenavista, México. 53 p.

Del Águila, R., Reyes. C. A., Suárez, W. E., Rondón, J., Delgado, A. y Clavo, Z. M. (2018). Efecto de la utilización de subproducto de cervecería y sales minerales en vacas cruzadas en ordeño en el trópico peruano. *Rev. Inv. Vet. Perú; 29*(2): 706-712. http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v29i2.14474

Díaz, D. (2018). Elaboración de cerveza artesanal tipo Ale, a partir de malta preparada con amaranto y otros cereales (Tesis de pregrado). Universidad de las Américas, Ecuador. 76 p.

Domene, A. (2018). Guía para elaborar tu propia cerveza. España: Edhasa. Recuperado de: https://www.edhasa.es/view/pdf/268

Espinoza, F. (2011). Caracterización de subproductos derivados de la fabricación de la cerveza destinados para la alimentación animal (Tesis de pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. 41 p.

FEDNA. (2019a). Bagazo de Cerveza. Fundación española para el desarrollo de la Nutrición Animal. Recuperado de http://www.fundacionfedna.org/subproductos_fibrosos_humedos/bagazo-de-cerveza-h%C3%BAmedo

FEDNA. (2019b). Raicillas de malta. Fundación española para el desarrollo de la Nutrición Animal. Recuperado de http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/raicillas-de-malta-19-pb

FEDNA. (2011). Levadura de Cerveza. Fundación española para el desarrollo de la Nutrición Animal. Recuperado de http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/levadura-de-cerveza-actualizado-nov-2011

Fernández, A. (2014). Transformación de subproductos y residuos de agroindustria de cultivos templados, subtropicales y tropicales en carne y leche bovina. Buenos Aires, Argentina: INTA. Recuperado de: http://www.produccion-animal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/120-Transformacion_de_subproductos.pdf

Fernández, A. (2013). Utilización de levaduras en acuicultura con peces. Bioaquafloc. Recuperado de: https://www.bioaquafloc.com/aquamimicry/uso-de-levaduras-en-acuicultura-simbiotica-nuevas-tecnicas-acuicolas/

Fernández, A. (2015). Efectos del pellet o raicilla de cebada (hordeum vulgare) sobre la producción de carne. Recuperado de: http://www.produccion-animal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/117-pellet-o-raicilla-de-cebada.pdf

Ferrari, J. (2017). Bagazo de Cerveza, una alternativa para alimentar al ganado. Contexto ganadero. Recuperado de: https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/bagazo-de-cebada-una-alternativa-para-alimentar-al-ganado

Ferrari, J. L., Villagra, S., Claps, L. y Tittonel, P. (2017). Reutilización de bagazo de cebada cervecera por secado y pelletización como suplemento forrajero. Recuperado de: https://inta.gob.ar/sites/default/files/imagenes/articulo_ferrari.pdf

Fremu, P., Bede, E., Dass, A., Julius, O. & Gana. A. (2017). Nutritional Value of Spent Brewers' Yeast (*Saccharomyces cerevisiae*): A Potential Replacement for Soya Bean in Poultry Feed Formulation, *Rev. Researcher, 9*(6):40-44. doi:10.7537/marsrsj090617.07.

García, E. (2015). Efecto de Saccharomyces cerevisiae en la alimentación de cerdos mejorados en la fase de precebo Moquegua 2013. Tesis de Médico Veterinario y Zootecnista. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann-Tacna. 76 p.

Gisbert, M. (2016). Diseño del proceso industrial para la elaboración de la cerveza (Trabajo de Fin de Grado). Universidad Politécnica de Valencia, España. 78 p.

Gonzáles, B. (2018). Plan de negocio de una Fábrica de Cerveza Artesanal (Tesis de pregrado). Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, Madrid, España. 180 p.

Guerrero. A., Fuentes, J., García, J. y López, R. (2011). Subproductos de Cervecería en la Suplementación Alimenticia de Toretes Charolais. *Agraria -Nueva Época, 8*: 31-35.

Jamaica, A. (2018). Raicillas de Malta (19% PB). SCRIB. Recuperado de https://es.scribd.com/document/386972281/Raicillas-de-Malta

Jurado, M. (2017). Fraccionamiento del bagazo cervecero bajo el concepto de biorrefinería (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador. 74 p.

Jurado, S. (2018). Aprovechamiento del bagazo de malta de cebada como insumo en la elaboración de una barra de cereales alta en fibra (Tesis de Pregrado). Universidad Técnica del Norte. Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales. Ibarra. Ecuador. 89 p.

Karl, A. (2016). Manual de elaboración de cerveza artesanal. Fundación Valle de Azapa. Recuperado de: https://fundacionvalledeazapa.cl/data/documents/CERVEZA-DE-ELABORACION-ARTESANAL.pdf

MALTOSAA. (2020). Ventajas de filtrar la cerveza. MEXICAN PREMIUM MALT MALTOSAA. Recuperado de: https://maltosaa.com.mx/filtrar-la-cerveza/#:~:text=El%20filtrado%20tambi%C3%A9n%20remueve%20peque%C3%B1as,limpio%20y%20una%20mejor%20claridad.

Molina, A. (2019). Probióticos y su mecanismo de acción en alimentación animal. *Agronomía Mesoamericana, 30*(2):601-611.

Montero, G. (2010). Respuesta productiva de vacas lactantes alimentadas con dietas adicionadas con subproductos de cervecería. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Dirección de Postgrado. Buena Vista, Saltillo, Coahuila, México. 76 p.

Morillas, T. (2019). Utilización de tres niveles de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) como prebiótico de origen natural en la dieta de pollos parrilleros en la comunidad Wituponte Guanay (Tesis de pregrado). Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz. Bolivia. 93 p.

Peña, B. y Posadas M. (2016). Supplementation Spent Grain from Waste Brewery in the Diet of Household Ovine System in the State of Mexico. *Journal of Fisheries & Livestock Production, 4* (4). DOI: 10.4172/2332-2608.1000200

Pollable S. A. (2020). Cebadilla de cerveza. Recuperado de: https://www.poballe.com/alimentacionanimal/home/2-cebadilla-de-cerveza.html

Quispe-Paxipati, J., Loza-Murguía, M., Achu-Nina, C. y Quispe-Nina, E. (2019). Suplementación con borra de cerveza y maíz amarillo en engorde de toretes (Bos taurus L.) pastoreados en pradera. *J. Selva Andina Anim. Sci., 6*(2):74-84.

Rendón, L., & Balcázar, J. L. (2016). Uso de levaduras en acuicultura simbiótica. Utilización de levaduras en acuicultura con camarón. Referencia: https://www.bioaquafloc.com/aquamimicry/uso-de-levaduras-en-acuicultura-simbiotica-nuevas-tecnicas-acuicolas/

Revista Líderes. (2016). Las ventas en el sector de la cerveza bajan. Revistas líderes. Recuperado de: https://www.revistalideres.ec/lideres/produccion-ventas-cerveza-mercado.html

Rivas, M., Herrera, R., Santos, R., Herrera, A., Escalera, F. y Martínez, S. (2017). Bagazo húmedo de cervecería como sustituto de cereales en la suplementación de ovinos. *Abanico Veterinario, 7*(3):21-29. http://dx.doi.org/10.21929/abavet2017.73.2

Rodríguez, C. (2012). Producción de biogás a partir del bagazo cervecero (Tesis de Pregrado). Universidad de Chile, Santiago, Chile. 40 p.

Rodríguez, I. (2016). Levadura seca de cervecería como promotor de crecimiento en la dieta de cerdos destetados (Tesis de Pregrado). Universidad Autónoma agraria Antonio Narro, División de Ciencia Animal. Buena Vista, Saltillo, Coahuila, México. 54 p.

Rosales, M. (2018). Inclusión de diferentes niveles de orujo de cervecería deshidratada en la ración para pollos parrilleros Cobb 500 en la fase de crecimiento y acabado en Tingo María (Tesis de Pregrado). Universidad Agraria de la Selva. Facultad de Zootecnia. Tingo María. Perú. 73 p.

Sacakli, P., Koksal, B., Ergun, A. & Ozsoy, B. (2013). Usage of brewer's yeast (Saccharomyces cerevisiae) as a replacement of vitamin and trace mineral premix in broiler diets. *Revue de Medecine Veterinaire. 164* (1):39-44

Sánchez, D. (2020). Evaluación del comportamiento productivo de cerdos en la etapa de engorde, suplementados con varios niveles de levadura de cerveza (Saccharomyces cerevisiae) (Tesis de Pregrado). Universidad Estatal de Bolívar, Facultad de Ciencias Agropecuarias Recursos Naturales y del Ambiente. Guaranda. Ecuador. 101 p.

Seminario, S. y Cuenca, M. (2018). Levadura de cerveza (*Saccharomyces cerevisiae*) en la alimentación de pollos Broilers. *REDVET - Revista electrónica de Veterinaria, 19*(2), 1-10.

Senthilkumar et al., (2010). Chemical composition of brewers spent grain a review. *International Journal of Science, Environment and Technology, 3*(6): 2109 – 2112.

Stanisław, M., Roman, W., Bożena, Z., Joanna, M., Zenon, T. y Andrzej K. (2013). Effect of Saccharomyces cerevisiae dried yeast on the meat performance traits and selected indicators of humoral immunity in lambs. *ACTA VET, 82:* 147–151. doi:10.2754/avb201382020147

Silva, R. (2019). Efecto de un flushing energético-mineral para aumentar la tasa de fecundidad en vacas Brown Swiss x Bos Indicus. Proyecto de investigación como requisito previo a la obtención del Título de Ingeniero Agropecuario en la Universidad Estatal Amazónica. 44 p.

Suarez, C., Garrido, N. y Guevara, C. (2016). Levadura *Saccharomyces cerevisiae* y la producción de alcohol. Revisión bibliográfica. ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, 50(1), 20-28.

Tenemaza, M. (2018). Desarrollo de cerveza artesanal estilo stout para maridaje de postres a base de café (Tesis de pregrado). Universidad de las Américas, Ecuador. 104 p.

Tisalema, I. (2014). Utilización de *Saccharomyces cerevisiae* y enzimas digestivas (0,04; 0,06 y 0,08 %) en cerdos en la etapa de crecimiento y engorde y su influencia en la ganancia de peso en la provincia de Bolívar (Tesis de pregrado). Universidad Estatal de Bolívar. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente. Guaranda. Ecuador. 183 p.

Torrente, S. (2019). Aprovechamiento de los subproductos generados en la industria cervecera (Trabajo de Fin de Grado). Universidad Complutense, Madrid, España. 20 p.

Turc, X. (2018). Diseño de una planta de fabricación de cerveza artesanal (Trabajo de Fin de Grado). Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Barcelona, Barcelona, España. 76 p.

Vallecilla, F. (2015). Experiencias en el uso de residuos de la industria de cerveza en Colombia y Ecuador. Engormix. Recuperado de: https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/experiencias-uso-residuos-industria-t31927.htm

Vargas, Y.A. & Pérez, L.I. (2018). Aprovechamiento de Residuos Agroindustriales para el Mejoramiento de la Calidad del Ambiente. *Facultad de Ciencias Básicas, 14*(1), 59-72

Velazco, B. y Alvarado, P. (2019). La mejora genética del ganado se retoma. Ecuador: El Comercio. Recuperado de: https://www.elcomercio.com/actualidad/mejora-genetica-ganado-ecuador-mercado.html

Westendorf, M. L. & Wohlt, J. E. (2002). Brewing by-products: Their use as animal feeds. VCNA. *Food Animal Practice, 18*(2): 233-252. doi.org/10.1016/s0749-0720 (02)00016-6.

Wondifraw, Z. & Tamir, B. (2013). The effect of feeding different levels of brewer's dried grain yeast mixture on the performance of white leghorn chicks. *International Journal of Livestock Production, 5*(1): 10-14.

Zambrano, R., Gómez, J., Rodríguez, J., Alvarado, H., Quezada, L., Filian, W., Avellaneda, J. (2017). Evaluación de tres niveles de mananos oligosacáridos (Sacharomices cerevisiae) en los parámetros productivos y salud intestinal en pollos de

engorde. European Cientific Journal. Recuperado de: http://eujournal.org/index.php/esj/article/view/9111/8650

Zhenyu, D. & In, K. (2020). Effect of brewer's yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) supplementation on growth performance, nutrient digestibility, and fecal score of growing pigs. *Korean journal of agricultural science, 47*:395-402.

Zicarelli, F., Addi, L., Tudisco, R., Calabró, S., Lombardi, P., Cutrignelli, M. I. et al. (2016). The Influence of Diet Supplementation with *Saccharomyces cerevisiae* or *Saccharomyces cerevisiae* Plus *Aspergillus oryzae* on Milk Yield of Cilentana Grazing Dairy Goats. *Small Ruminant Research, 135* (Supplement C), 90-94.

ANEXOS

Anexo 1. Valores promedios, máximos y mínimos de la composición nutricional de los subproductos de la industria cervecera.

Bagazo de cerveza				
Nutrientes	**Media**	**±EE**	**Valores mínimos**	**Valores máximos**
PB	17,13	4,67	11,02	26,30
FB	11,44	3,25	7,10	17,80
MS	68,63	21,81	25,00	90,44
Ceniza	2,49	0,72	1,53	3,90
FND	34,64	12,90	8,92	49,20
FAD	13,83	5,57	2,70	19,40
EM	2,26	0,27	1,90	2,78
Levadura de cerveza				
PB	45,19	4,40	38,01	53,20
FB	5,97	1,42	4,31	8,80
MS	87,70	5,45	76,79	93,30
Ceniza	8,14	3,20	4,70	14,53
FND	57,03	6,57	44,00	65,00
FAD	27,33	4,33	20,00	35,00
EM	5,88	3,18	2,60	12,23
Raicillas de malta				
PB	21,02	2,01	19,01	25,05
FB	12,40	0,31	12,09	13,01
MS	91,37	1,20	89,03	93,01
Ceniza	6,04	0,01	6,03	6,05
FND	31,34	4,49	25,00	40,02
FAD	12,38	1,32	11,05	15,01
EM	2,58	0,10	2,40	2,74

Fuente: elaboración propia