	GESTIÓN DE RECURSOS Y SERVICIOS BIBLIOTECARIOS		Código	FO-GS-15
			VERSIÓN	02
	ESQUEMA HOJA DE RESUMEN		FECHA	03/04/2017
			PÁGINA	1 de 1
ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ		
Jefe División de Biblioteca	Equipo Operativo de Calidad	Líder de Calidad		

RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR(ES):

NOMBRE(S): SOLVEY LILIANA APELLIDOS: PUERTA CEBALLOS

NOMBRE(S): ELIANA KARELY APELLIDOS: QUINTANA BAYONA

FACULTAD: CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERIA BIOTECNOLÓGICA

DIRECTOR:

NOMBRE(S): EDWIN JAVIER APELLIDOS: DUARTE GÓMEZ

CO-DIRECTOR:

NOMBRE(S): _____ APELLIDOS: _____

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): PRODUCCIÓN DE BIOCOPPOST A PARTIR DE LOS SUBPRODUCTOS DE LA INDUSTRIA DE CERVEZA ARTESANAL MOTILONA BEER

RESUMEN

En el presente trabajo de grado modalidad monografía se realizó con el fin de implementar un sistema de manejo de residuos sólidos y líquidos en la planta de Cerveza Artesanal Motilona Beer, implementando sistemas agrícolas sostenibles como la elaboración de un biocompost a partir de los desechos o residuos generados en cada lote de producción. Se realizó una revisión bibliográfica de distintos documentos para la elaboración y producción de abonos orgánicos partir de materia orgánica y residuos generados por industrias cerveceras. Este producto se llevó a cabo para que la planta de producción lo utilizara para su propio uso y también para comercialización del mismo.

PALABRAS CLAVE: Biofertilizante, compost, desechos, residuos, bocashi.

CARACTERÍSTICAS:

PÁGINAS: 78 PLANOS: ILUSTRACIONES: CD ROOM: 1

Copia No Controlada

PRODUCCIÓN DE BIOCOMPOST A PARTIR DE LOS SUBPRODUCTOS DE LA
INDUSTRIA DE CERVEZA ARTESANAL MOTILONA BEER

SOLVEY LILIANA PUERTA CEBALLOS
ELIANA KARELY QUINTANA BAYONA

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERIA BIOTECNOLÓGICA
SAN JOSE DE CÚCUTA

2023

PRODUCCIÓN DE BIOCOMPOST A PARTIR DE LOS SUBPRODUCTOS DE LA
INDUSTRIA DE CERVEZA ARTESANAL MOTILONA BEER

SOLVEY LILIANA PUERTA CEBALLOS

ELIANA KARELY QUINTANA BAYONA

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

Ingeniera Biotecnológica

Director:

Msc. EDWIN JAVIER DUARTE GÓMEZ.

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERIA BIOTECNOLÓGICA
SAN JOSE DE CÚCUTA

2023



ACTA DE SUSTENTACION DE UN TRABAJO DE GRADO

FECHA: 02 marzo de 2023

HORA: 10:00 A.M.

LUGAR: UFPS - CUCUTA, NORTE DE SANTANDER – SD 304

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA BIOTECNOLÓGICA

TITULO: "PRODUCCIÓN DE BIOCOMPOST A PARTIR DE LOS SUBPRODUCTOS DE LA INDUSTRIA DE CERVEZA ARTESANAL MOTILONA BEER."

MODALIDAD: MONOGRAFIA

JURADO
PAOLA ANDREA ROMAN HERNANDEZ
GERMAN RICARDO GELVEZ ZAMBRANO
ANA MARIA ARISMENDY PABON

ENTIDAD: UFPS

DIRECTOR: EDWIN JAVIER DUARTE GÓMEZ

NOMBRE DE LOS ESTUDIANTE	CODIGO	CALIFICACION
Solvey Liliana Puerta Ceballos	1610998	4.4
Eliana Karely Quintana Bayona	1611190	4.4

OBSERVACIONES: APROBADO.

FIRMA DE LOS JURADOS

Paola Andrea Román Hernández

German Ricardo Gelvez Zambrano

Ana María Arismendy Pabon

Paola Andrea Román Hernández German Ricardo Gelvez Zambrano Ana Maria Arismendy Pabon

Vo. Bo Coordinador Comité Curricular

Edwin Javier Duarte Gómez

Agradecimientos

El agradecimiento de este proyecto primeramente va dirigido a DIOS; por darnos sabiduría y entendimiento, habernos otorgado el privilegio de culminar con éxito la finalización de este proyecto, a nuestros padres por apoyarnos siempre en cada una de las etapas de nuestro proceso de formación profesional, e inculcarnos perseverancia para alcanzar el éxito en todo lo que nos proyectemos en la vida, a nuestro director Ingeniero Edwin Javier Duarte, por brindarnos su conocimiento, enseñanzas y apoyo incondicional en el transcurrir del tiempo dedicado.

Adicionalmente agradecemos el apoyo a cada una de las personas que fueron partícipes de este proceso, que nos aportaron sus ideas y conocimiento para cada día continuar sin tirar la toalla, a quienes creyeron siempre en nuestro potencial en hacer posible dicho proyecto.

Contenido

	pág.
Introducción	11
1. Problema	14
1.1 Título	14
1.2 Descripción del Problema	14
1.3 Objetivos	18
1.3.1 Objetivo general	18
1.3.2 Objetivos específicos	18
2. Marco Referencial	19
2.1 Antecedentes	19
2.1.1 Antecedentes a nivel nacional	19
2.1.2 Antecedentes a nivel internacional	19
3. Diseño Metodológico	25
3.1 Método de Investigación	25
3.2 Técnicas e Instrumentos de Recolección y Selección de Formación	25
3.3 Fuentes de Información	26
4. Resultados	27
4.1 Estado Actual, Proceso de Elaboración de la Cerveza y Subproductos	27
4.1.1 Métodos de aprovechamiento de subproductos a nivel internacional	37
4.1.2 Métodos de aprovechamiento de subproductos a nivel nacional	47
4.1.3 Métodos de aprovechamiento de subproductos a nivel regional	52

4.2 Metodología Propuesta Materiales Utilizados en la Elaboración del Abono Tipo Bocashi	60
4.2.1 Primera fase (A): recolección de materia prima (subproductos en la industria cervecera)	61
4.2.1.1 Mosto	62
4.2.1.2 Caldo de levaduras	62
4.2.1.3 Melaza de caña	62
4.2.1.4 Tierra común	62
4.2.1.5 Cal agrícola	63
4.2.1.6 Desechos vegetales (materia orgánica)	63
4.2.2 Segunda fase (B): preparación de abono orgánico fermentado tipo bocashi - preparación 10 libras de bocashi	63
4.2.2.1 Proceso de volteo	65
4.2.3 Tercera fase(C): condiciones específicas del manejo del producto	66
5. Conclusiones	68
6. Recomendaciones	70
Referencias Bibliográficas	71

Lista de Figuras

	pág.
Figura 1. Búsqueda de información detalla en la base de datos de Google Académico	26
Figura 2. Malteado	28
Figura 3. Maceración	29
Figura 4. Ebullición	30
Figura 5. Fermentación	30
Figura 6. Equipo de acondicionamiento final de cerveza	31
Figura 7. Sistema de filtración	32
Figura 8. Residuos de cerveza	33
Figura 9. Lúpulo usado	34
Figura 10. Cerveza artesanal Motilona BEER	35
Figura 11. Abono	36
Figura 12. Materiales y residuos utilizados en la elaboración del abono	61
Figura 13. Preparación y montaje del abono orgánico	65
Figura 14. Proceso de volteo	66
Figura 15. Producto final	67

Lista de Tablas

	pág.
Tabla 1. Análisis microbiológico y parasitológico del lodo residual	40
Tabla 2. Resultado del análisis agronómico del ALA de lodo residual y otros bioles	41
Tabla 3. Análisis agronómico del lodo residual comparado con otros tipos de materiales orgánicos	42
Tabla 4. Resultado del análisis agronómico de metales pesados del lodo residual comparado con las normas de la EPA	43
Tabla 5. Comparación de las características de preparación y uso del compost y el bocashi	56
Tabla 6. Características – nivel óptimo para abonos orgánicos	57
Tabla 7. Interpretación para la estabilidad de compost	58

Resumen

En el presente trabajo de grado modalidad monografía se realizó con el fin de implementar un sistema de manejo de residuos sólidos y líquidos en la planta de Cerveza Artesanal Motilona Beer empresa dedicada a la fabricación, elaboración, envasado y distribución de cerveza artesanal, de esta manera se logró la utilización de sistemas agrícolas sostenibles como la elaboración de un biocompost a partir de los desechos o residuos generados en cada lote de producción con el propósito de mitigar la contaminación y dar un excelente aprovechamiento agrícola a los residuos generados en esta planta de producción de cerveza artesanal, previamente se realizó una revisión bibliográfica de distintos documentos para la elaboración y producción de abonos orgánicos partir de materia orgánica y residuos generados por industrias cerveceras. Con el desarrollo de los objetivos propuestos se inició realizando una inspección en la planta de producción con el fin de identificar que tipos de residuos genera la planta y que cantidad de estos se genera mensualmente, posteriormente se desarrolló el plan de trabajo propuesto para la producción y el aprovechamientos de estos residuos, este producto se llevó a cabo para que la planta de producción lo utilizara para su propio uso y también para comercialización del mismo; ya que está ubicada en la finca la Alejandra vía Iscala Norte; sus alrededores constan de zonas verdes; gracias a este trabajo se logró desarrollar con satisfacción los objetivos propuesto dando como resultado final la elaboración de un biocompost tipo bocashi con una buena calidad 100% natural de libre de cualquier producto químico que pueda llegar afectar las plantas y el medio ambiente, cumpliendo con unas características optimas nutricionales para los diferentes cultivos y jardines de la región.

Introducción

La cerveza es un producto de consumo importante en la industria alimentaría que data de 5000 a.c. Por otro lado, se considera a la cerveza artesanal como aquella cerveza elaborada a por plantas a pequeña escala con menos de 6 millones de barriles al año, e independientes, con menos del 25% propiedad de un miembro de la industria de bebidas alcohólicas no artesanal abarcando diferentes estilos según cuestiones culturales de elaboración, llegando volúmenes de producción de 25,9 millones de barriles de cerveza en 2018 en los estados unidos (Salazar, San Martín, Cai & Huang, 2021). Las empresas de cerveza artesanal se consideran como PYME contribuyendo económicamente en los estados unidos el doble que la industria del vino y se estiman 7.500 empresas de cerveza artesanal en la actualidad en Europa, donde la preocupación donde la preocupación por la preservación del medio ambiente ha llevado al mundo a poner atención en el modelo de economía circular que permite reintroducir subproductos de industrias para mantener valor en los bienes de la cadena productiva , reduciendo índices de contaminación y generando valor agregado, principalmente en la gestión de residuos sólidos por lo que la tendencia migra a un modelo circular (Oliveira & Morais, 2021).

El grano gastado de cervecería (BSG) y la levadura gastada de cervecería (BSY) son los principales residuos sólidos derivados durante el proceso de elaboración de la cerveza donde el BSG representa el 85% del total de subproductos producidos en el proceso de fabricación de cerveza, con un estimado de contenido de celulosa de 17,1-20,97% en peso, hemicelulosa 15,18-32,8 %, lignina 13,4-25,62 % y extraíbles 3,5 %, mientras la levadura gastada de cervecería se compone principalmente de extraíbles 5,7 % en peso, carbohidratos, fibras brutas, glucosa, galactosa, xilosa, macronutrientes y micronutrientes (Manolikaki & Diamadopoulos, 2020). En el caso del BSG se estima un uso de 20 kg de granos de cervecería húmedos por cada 100 L de

cerveza producida, siendo un tema crítico pues normalmente carece de aplicaciones económicamente viables (González, Morales & Gullón, 2018).

Las cervecerías rurales pueden donar fácilmente los granos usados a las granjas locales, pero esta opción es más difícil para las cervecerías urbanas, donde el compostaje o la digestión anaeróbica suelen ser las opciones de tratamiento preferidas (Morgan, Styles & Lane, 2021). Ya que los residuos orgánicos, pueden ser un sustrato para la producción de bioproductos de valor agregado mediante la aplicación del proceso de digestión anaerobia (Szaja, Montusiewicz, Lebiocka & Bis, 2021). Teniendo en cuenta que estos residuos son un valioso biorecurso, que se produce anualmente, en muchos países se ha optado en ciertos casos por el compostaje, el cual una tecnología barata, sencilla y ambientalmente aceptable permitiendo generar un producto agrícola útil brindando un valor agregado a estas industrias (Nigam, 2017). El compostaje es un tratamiento biológico en el que en el que los microorganismos aerobios termófilos y mesófilos utilizan la MO como sustrato estabilizándolo y permitiendo a mineralización de la materia orgánica dando paso a la formación de CO_2 , H_2O , NH_4^+ (Silva & Brás, 2017).

En el caso de las grandes cervecerías, sus procesos para optimizar la sostenibilidad ambiental y económica ha sido muy estandarizado, sin embargo, se sabe poco sobre la utilización de subproductos cerveceros entre las cervecerías artesanales donde en muchos países ha experimentado recientemente una rápida expansión en número de cervecerías y ha ganado cuota de mercado frente a las grandes cervecerías nacionales e internacionales, estas cervecerías artesanales han optado por la eliminación de sus flujos de residuos que están a su alcance, tanto financiera como geográficamente (Kerby & Vriesekoop, 2017), por otro lado a esto se le suma un creciente interés por parte de investigadores por los procesos de producción de cerveza artesanal y sus implicaciones económicas ambientales así como sostenibilidad en sus procesos (Baiano,

2021). Esto sumado a las necesidades globales con la agenda global 2030 con los objetivos de desarrollo sostenible a buscar métodos más innovadores en los sistemas alimentarios que implique promover mejores sistemas alimentarios, agricultura sostenible, así como mejores tecnologías para promover la productividad agrícola, han llevado a uso de residuos de cerveza artesanal como biofertilizantes a ser un tema que está tomando poco a poco más interés (United Nations News Services, 2020).

Motilona Beer es una cervecería artesanal en donde nace esta investigación con el propósito de mejorar y hacer aprovechamiento del residuo que se genera a través del proceso de elaboración de cerveza artesanal. Motilona Beer es una empresa familiar netamente nortesantandereana, encargada de fabricar, comercializar y distribuir cerveza artesanal llamada Motilona Beer la cual se comercializa en tres presentaciones cerveza rubia, roja, negra. Motilona Beer es una planta que es destacada por llevar y cumplir la ley de la pureza en bebidas artesanales, esta ley consta que cada producto producido debe llevar únicamente cuatro ingredientes (agua, lúpulo, levaduras, cebadas malteadas) libre de cualquier químico o conservante garantizando a sus consumidores un producto 100 % y con una excelente calidad, esta planta se encuentra ubicada en la finca la Alejandra ubicada en el km 12 vía Iscala Norte, realizando una producción aproximadamente de 1800 litros mensuales de cada producto. También se destaca por innovar en el área realizando la producción de cervezas de temporada con productos orgánicos de la región.

1. Problema

1.1 Título

PRODUCCIÓN DE BIOCOMPOST A PARTIR DE LOS SUBPRODUCTOS DE LA INDUSTRIA DE CERVEZA ARTESANAL MOTILONA BEER.

1.2 Descripción del Problema

La cerveza es la quinta bebida más popular que refuerza la interacción de la sociedad. La producción anual de cerveza en el mundo fue de 1.910 millones de HL (Hecto Litros) en 2019, consumiendo grandes cantidades agua y energía tanto para la limpieza, esterilización y lavado de las zonas industriales de la fábrica de cerveza, las bodegas y el envasado como para la producción, donde La producción de cerveza comprende la mezcla de los extractos de lúpulo la malta, el azúcar y el agua, seguida de la fermentación de la levadura (Nigam, 2017).

Los residuos subproductos producidos por las industrias alimentarias y de bebidas se consideran como uno de los problemas medioambientales más graves, pues en el caso de las cervecerías se produce grandes cantidades de subproductos que incluyen lúpulo gastado, levadura y grano gastado donde producción anual mundial de BSG es de 38 a 39 millones de toneladas, con 3,4 millones de toneladas sólo en la Unión Europea (Assandri, Pampuro, Zara, Cavallo, et al., 2021).

El grano gastado de cervecería (BSG), el principal residuo sólido de la industria cervecera, generado globalmente en grandes cantidades, se estima que hay 45 kg de este residuo por cada 100 L de cerveza producida donde la utilización integral de este residuo lignocelulósico ha seguido siendo un reto debido su compleja estructura resultante de la presencia de polisacáridos

estructurales como la celulosa la hemicelulosa y la lignina (Szaja et al., 2021). Se estima que generan unos 25 millones de toneladas de residuos de granos destilados en la industria del licor, por lo que se necesita un enfoque urgente para su manejo., donde como tecnología ambiental alternativa, el compostaje se está utilizando cada vez más para manejar diferentes tipos de residuos orgánicos y minimizar la contaminación ambiental (Wang, Wang, Sun, Wang, Shen, Tang & Kida, 2021) así como a de otros subproductos como la vinaza de cerveza, que es que requieren un tratamiento previo para evitar la generación de microorganismos patógenos, olor desagradable y posible toxicidad en suelos (Wang, Zhao, Wang, Zhao, Cui & Wei, 2017).

Un método prometedor para manejar estos residuos es el Compostaje Nigam (2017), ya que estos residuos sólidos asociados están asociados al lúpulo utilizado. donde los residuos resultantes difieren en su composición química, que viene determinada por el tipo de materia prima, el pH del entorno y el tiempo de elaboración de la cerveza, así mismo los cambios en la materia orgánica resultantes del compostaje permiten obtener un producto seguro para el medio ambiente y el proceso puede optimizarse y controlarse aún más mediante la selección de sustratos que sean apropiados para la reconocida composición química y la actividad biológica de los residuos de lúpulo (Kopeć, Mierzwa, Gondek, Wolny, Zdaniewicz & Suder, 2021).

El compostaje reduce el volumen y peso de los residuos orgánicos es un proceso aeróbico y exotérmico, lo que conduce a un producto final estabilizado, conocido como compost, que está libre de fitotoxicidad y patógenos y es rico en nutrientes. Por lo tanto, el BSG tiene valor agrícola valor agrícola como fertilizante (Pampuro, Bisaglia, Romano, Brambilla, Pedretti & Cavallo, 2017). Brindando un producto ambientalmente seguro; El reconocimiento de la composición química y la actividad biológica de los residuos de lúpulo permite controlar el compostaje y seleccionar los sustratos para optimizar el proceso; los extractos de lúpulo tienen un efecto

inhibidor en el proceso de metanogénesis y, por lo tanto limitan la posibilidad de descomposición anaeróbica de dichos residuos por lo que ha sido un tema de investigación recurrente (Kopeć, M., Mierzwa, Gondek, Wolny, Zdaniewicz & Jarosz, 2020), algunas barreras de estos procesos han sido el déficit de nitrógeno de los residuos de cebada pero se puede complementar con un material de compostaje como la gallinaza sólida o líquida (Nigam, 2017). Por tanto la valorización de los residuos alimentarios como es el caso de la industria de cerveza artesanal tiene un gran potencial para proporcionar beneficios económicos, sociales y ambientales y varios países ya están promoviendo estrategias de valorización de residuos alimentarios (Garcia, Stone & Rahimifard, 2019).

La industria de la cerveza en el mundo ha presentado diversas dinámicas de cambio y crecimiento provocando una tendencia de formación y expansión de las cervecerías artesanales (Pokrivčák, Supeková, Lančarič, Savov, Tóth & Vašina, 2019), las cuales han transformado los mercados mundiales de la cerveza y el panorama cervecero mundial en las dos últimas décadas brindando diferentes estilos y tipos de cerveza (Garavaglia & Swinnen, 2017). Sin embargo la industria cervecera es responsable de una cantidad relativamente alta de residuos y emisiones de CO₂, a pesar de que han buscado la adopción de eco innovaciones en sus procesos (Chappin, Van Den & Negro, 2020).

Se estima que para una producción mundial de cerveza de 1.940 millones de hectolitros de los cuales se desprenden alrededor de 5.400.000 y 9.700.000 toneladas de residuos en todo el mundo solo en 2018, siendo el grano agostado de cervecería (BSG) es el principal residuo de la industria, lo que ha significado una problemática pues presenta un rápido deteriorar su alto contenido de humedad y contenido de azúcares fermentables, sumado a que 85% del total de subproductos generados corresponden a BSG y aunque este se utiliza tradicionalmente como

alimentación animal, esta aplicación presenta un bajo valor agregado (Borel, Reis, Xavier, Lira & Barrozo, 2020).

La reutilización de esta biomasa ha sido una estrategia que ayuda a reducir residuos vertidos y generados por la industria además de que las empresas cerveceras buscan reducir costos por subproductos, llevando a la necesidad de vías de destinos más sostenibles transformando estos compuestos (Leichtweis, Silvestri, Welter, Vieira, Zaragoza, Chávez & Carissimi, 2021).

Una ampliación prometedora es el uso de estos residuos como compostajes y biofertilizante, debido a su composición ya que el BSG representa una alternativa prometedora para la agricultura siendo rico en C, N, P, K, Ca, Mg, Cobre (Cu), Cobalto (Co), Hierro (Fe), Manganeseo (Mn), Selenio (Se), Sulfato (SO₄), así como vitaminas y aminoácidos (Aboukila et al., 2018), estas aplicaciones van acorde a las necesidades globales planteadas en los Objetivos de desarrollo sostenible por Naciones Unidas donde se basa generar un consumo responsable, industrias innovadoras y mitigación de problemáticas como el hambre (Spencer, 2021), esta aplicación se presenta como un campo prometedor que ha sido poco explorado.

Por ello, esta investigación busca realizar una recopilación de información sobre investigaciones que utilicen este diseño como materia prima para el diseño de biofertilizantes y compostajes para agricultura, con énfasis en las industrias de cerveza artesanal debido a su crecimiento, permitiendo generar una metodología aplicable al uso de los desechos de la cervecería artesanal Motilona Beer ubicado en Norte de Santander Colombia.

El panorama de las industrias de cerveza artesanal en el uso de desechos mediante procesos biotecnológicos representa un área de gran potencia y oportunidades para la innovación y creación de subproductos que generen aportes a gran escala siendo una alternativa bastante viable

para la reutilización de los desechos generados por la elaboración de la cerveza artesanal, disminuyendo el impacto medioambiental que provoca al ser desechado, y generando utilidades potenciales si se comercializa.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general. Plantear una metodología para la producción de un compostaje a partir del aprovechamiento de subproductos de la industria de cerveza artesanal.

1.3.2 Objetivos específicos. Los objetivos específicos se presentan a continuación:

Realizar una revisión bibliográfica sobre el estado actual, procesos y subproductos de la cervecería artesanal.

Recopilar información sobre los métodos usados para el aprovechamiento de subproductos de la industria de cerveza artesanal como fertilizantes agrícolas.

Proponer una metodología para el aprovechamiento de subproductos de la cervecería

2. Marco Referencial

2.1 Antecedentes

2.1.1 Antecedentes a nivel nacional. A continuación, se evidencia los antecedentes a nivel nacional:

Vera & Villamizar (2021). “Plan piloto para el manejo de residuos sólidos orgánicos en el municipio de Chinácota”.

2.1.2 Antecedentes a nivel internacional. Los antecedentes a nivel internacional se presentan a continuación:

Briggs Boulton, Brookes & Stevens (2004). *Brewing: Science and Practice*. In *Brewing:*

Christoph & Bauer (2007). *Flavour of spirit drinks: Raw materials, fermentation, distillation, and ageing*.

Eßlinger (2009). *Handbook of Brewing: Processes, Technology, Markets*.

Zechner, Petravić, Galović, Galović, Filipović. & Srećec (2010). Application of different drying methods on β -glucan isolated from spent brewer’s yeast using alkaline procedure.

Mussatto (2014). Brewer’s spent grain: A valuable feedstock for industrial applications.

Morales (2014). *Investigación Exploratoria: tipos, Metodología y Ejemplos*.

Michelin & Teixeira (2016). Liquid hot water pretreatment of multi feedstocks and enzymatic hydrolysis of solids obtained thereof.

Lutzu, Zhang & Liu (2016). Feasibility of using brewery wastewater for biodiesel production and nutrient removal by *Scenedesmus dimorphus*.

Spinelli, Conte, Lecce, Padalino & Del Nobile (2016). Supercritical carbon dioxide extraction of brewer's spent grain.

Avishek, Hayat & Ferdous (2017). Utilization of By Products from Food Processing as Biofertilizers and Biopesticides.

Bamforth (2017). Progress in brewing science and beer production.

Garavaglia & Swinnen (2017). Economics of the craft beer revolution: A comparative international perspective.

Kerby & Vriesekoop (2017). An Overview of the Utilisation of Brewery By-Products as Generated by British Craft Breweries.

Wilkinson, Smart, James & Cook (2017). Bioethanol Production from Brewers Spent Grains Using a Fungal Consolidated Bioprocessing (CBP) Approach.

Wang, Zhao, Wang, Zhao, Cui & Wei (2017). Reducing nitrogen loss and phytotoxicity during beer vinasse composting with biochar addition.

Pampuro, Bisaglia, Romano, Brambilla, Pedretti & Cavallo (2017). Phytotoxicity and chemical characterization of compost derived from pig slurry solid fraction for organic pellet production.

Olaniran, Hiralal, Mokoena & Pillay (2017). Flavour-active volatile compounds in beer: production, regulation and control.

Nigam (2017). An overview: Recycling of solid barley waste generated as a by-product in distillery and brewery.

Aboukila, Nassar, Rashad, Hafez & Norton (2018). Reclamation of calcareous soil and improvement of squash growth using brewers' spent grain and compost.

Cimini & Moresi (2018). Effect of Brewery Size on the Main Process Parameters and Cradle-to-Grave Carbon Footprint of Lager Beer.

González, Morales & Gullón (2018). Estimating the environmental impacts of a brewery waste-based biorefinery: Bio-ethanol and xylooligosaccharides joint production case study.

Pratap & Parva (2018). Bioconversion of Agricultural Wastes into High Value Biocompost: A Route to Livelihood Generation for Farmers.

Pokrivčák, Supeková, Lančarič, Savov, Tóth & Vašina (2019). Development of beer industry and craft beer expansion.

Ortiz, Torreiro, Molina, Maroño & Sánchez (2019). A Feasible Application of Circular Economy: Spent Grain Energy Recovery in the Beer Industry.

Koren, Kun, Hegyesné, & Kun (2019). Study of antioxidant activity during the malting and brewing process.

Guzmán, Soto, López & Román, A. (2019). Valuation and use of a new variety of barley for brewing craft beer.

Garcia, Stone & Rahimifard (2019). Opportunities for waste valorisation in the food industry – A case study with four UK food manufacturers.

Ainurrafiq & Azhar (2019). Evaluation of brewery waste and its reduction methods. Faktor Presdiposisi Ibu Usia Remaja Terhadap Pemberian ASI Eksklusif Pada Bayi Di Kecamatan Lua hagundre Maniamolo Kabupaten Nias Selatan.

Rodriguez, Vinces, Mata & Del Carpi (2019). Development of an Automatic Equipment for Craft Beer Maceration.

Alves, Gonçalves, Figueira Ornelas, Branco, Câmara & Pereira (2020). Beer volatile fingerprinting at different brewing steps.

Borel, Reis, Xavier, Lira & Barrozo (2020). An investigation on the pyrolysis of the main residue of the brewing industry.

Chappin, Van Den & Negro (2020). An overview of factors for the adoption of energy efficient eco-innovation: The cases of the Dutch brewing and paper industry.

Karlović, Jurić, Ćorić, Habschied, Krstanović & Mastanjević (2020). By-products in the malting and brewing industries-re-usage possibilities.

Kopeć, Mierzwa, Gondek, Wolny, Zdaniewicz & Jarosz (2020). Biological activity of composts obtained from hop waste generated during the brewing.

Manolikaki & Diamadopoulos (2020). Agronomic potential of biochar prepared from brewery byproducts.

United Nations News Services. (2020). Sustainable Development Goals: Goal 2: Zero Hunger.

Assandri, Pampuro, Zara, Bianco, Cavallo & Budroni (2021). Co-composting of brewers' spent grain with animal manures and wheat straw: Influence of two composting strategies on compost quality.

Assandri, Pampuro, Zara, Cavallo & Budroni (2021). Suitability of composting process for the disposal and valorization of brewer's spent grain.

Bai, Zhang, Yin & Sun (2021). Beer lees and ceramsite amendments enhance the two-stage co-composting of green waste.

Baiano (2021). Craft beer: An overview. In *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*.

Kopec, Mierzwa, Gondek, Wolny, Zdaniewicz & Suder (2021). The application potential of hop sediments from beer production for composting.

Leichtweis, Silvestri, Welter, Vieira, Zaragoza, Chávez & Carissimi (2021). Wastewater containing emerging contaminants treated by residues from the brewing industry based on biochar as a new CuFe_2O_4 / biochar photocatalyst.

Morgan, Styles & Lane (2021). Thirsty work: Assessing the environmental footprint of craft beer.

Oliveira. & Morais (2021). Transitioning to a circular economy in developing countries: A collaborative approach for sharing responsibilities in solid waste management of a Brazilian craft brewery.

Salazar, San Martín, Cai & Huang, (2021). Economic and environmental performance of instantaneous water heating system for craft beer production.

Spencer (2021). The sustainable development goals.

Szaja, Montusiewicz, Lebiocka & Bis (2021). A combined anaerobic digestion system for energetic brewery spent grain application in co-digestion with a sewage sludge.

Wang, Wang, Sun, Wang, Shen, Tang & Kida (2021). Biochar addition reduces nitrogen loss and accelerates composting process by affecting the core microbial community during distilled grain waste composting.

3. Diseño Metodológico

La presente monografía se llevó a cabo con la ayuda de la siguiente metodología: selección de base de datos, revisión bibliográfica, selección de información, organización de la información y análisis de la información.

Se buscó la información relacionada a 5 años anteriores a este periodo en artículos de revisión, artículos científicos, tesis de investigación y de doctorado, la información fue analizada para generar contenido grafico respectivo de ser necesarios, y se realizó una síntesis de esta para rescatar los datos más relevantes en coherencia y concordancia con los objetivos planteados.

3.1 Método de Investigación

La investigación exploratoria es una búsqueda de información con el propósito de formular problemas e hipótesis para una investigación más profunda de carácter explicativo. Estos estudios exploratorios, llamados también formularios tienen como objetivo “la formulación de un problema para posibilitar una investigación más precisa o el desarrollo de una hipótesis” (Morales, 2014) por lo tanto esta investigación se enfocara en la recopilación informaciones de los diversos residuos de la cerveza artesanal en su proceso de elaboración así como aplicaciones dirigida a generación de compostaje para agricultura evaluando la posibilidad de diseñar una metodología aplicable a la Cervecería Motilona Beer.

3.2 Técnicas e Instrumentos de Recolección y Selección de Formación

El enfoque de esta investigación será tipo cualitativa debido a que se recopilaran datos relacionados con información descriptiva de procesos y bibliografía disponible, también ser de tipo cuantitativa en cuanto a la recopilación de cifras y porcentajes que vayan en coherencia con

los objetivos planteados, realizando una consulta en las fuentes disponibles.

3.3 Fuentes de Información

Las bases de datos seleccionadas fueron las siguientes: Biblioteca Ufps, Doaj, Elsevier, Google Scholar, Science Direct, Scielo, Scopus, Springer & Web Of Science.



Figura 1. Búsqueda de información detalla en la base de datos de Google Académico

Fuente: Google Académico (2022).

4. Resultados

4.1 Estado Actual, Proceso de Elaboración de la Cerveza y Subproductos

En este trabajo de investigación de modalidad monografía se recopiló información relevante sobre el uso de subproductos de la industria de cerveza artesanal para su aprovechamiento y aplicaciones biotecnológicas que permiten generar productos de valor agregado como bioinsumos para la agricultura y compostaje, de manera que se recopilara información de diversas bases de datos para obtener un panorama general de estas aplicaciones y generar una metodología para la producción de un biofertilizante a partir de los subproductos de la cervecería artesanal Motilona Beer, ubicada en el departamento de Norte de Santander, Colombia.

El proceso de elaboración de la cerveza no ha cambiado en milenios. la mayoría de las cervezas se producen a partir de grano que ha sido malteado, posteriormente horneado para expulsar la humedad, deteniendo así el crecimiento del grano y modificando al mismo tiempo el color y el sabor del grano en beneficio de la cerveza que se elaborará con la malta, posterior a ellos se usa agua caliente para permitir que los gránulos de almidón se gelatinicen y se vuelvan susceptibles de ser digeridos por las amilasas (Bamforth, 2017).

La cebada utilizada para la elaboración de cerveza debe tener altos porcentajes de almidón (entre el 60 y el 80 %), ya que es el compuesto que da lugar al extracto fermentable; además, el tipo de cebada es uno de los factores más importantes en el desarrollo del sabor (Guzmán 2019). Algunos de los pasos más importantes se describen en los siguientes títulos.

Malteado:

El malteado puede describirse como una simulación de la germinación en condiciones controladas de modo a que la cebada u otros cereales utilizados tradicionalmente en la producción de cerveza no tienen enzimas amilolíticas activas que son importantes para el proceso de fermentación, por lo que debe activarse para garantizar que haya niveles satisfactorios de azúcares reducibles para la levadura estableciendo las condiciones del proceso, se fijan las reacciones fisiológicas y bioquímicas en el grano para garantizar la modificación parcial de los granos para obtener la malta (Karlović et al., 2020).

Las etapas tecnológicas del malteado y la elaboración de cerveza tienen un efecto significativo en la composición de las maltas y la cerveza de la cerveza ya que estos pasos no sólo influyen en el extracto el contenido de alcohol o de proteínas del producto final, sino también los componentes bioactivos como los antioxidantes (Koren et al., 2019).



Figura 2. Malteado

Fuente: Calderón (2020).

Maceración:

La cerveza es el resultado de la maceración, fermentación y maduración de cereales y otros granos que tienen almidón, no obstante el paso fundamental en la producción de esta bebida es la maceración, ya que los azúcares que luego se convierten en alcohol se forman al mezclar el agua caliente con la malta previamente molida. (Rodríguez et al., 2019). La transición de cebada malteada a mosto comienza con la molienda de los granos. En esta fase, la molienda se diluye, se filtra y se lleva a ebullición durante una o dos horas (Briggs et al., 2004).



Figura 3. Maceración

Fuente: Calderón (2020).

Ebullición:

El mosto se calienta hasta llevar a ebullición al final de este proceso, el mosto resultante contiene proteínas coaguladas o y fragmentos de lúpulo en suspensión que deben ser eliminados, a menudo utilizando un "tanque de remolino" o "tanque de sedimentación". Una vez enfriado y aireado, el mosto claro se bombea a los depósitos de fermentación, donde se añaden las levaduras (Christoph & Bauer, 2007).



Figura 4. Ebullición

Fuente: INVIA (2022).

Fermentación:

Durante la fermentación, las levaduras las levaduras toman aminoácidos y azúcares del mosto; Los azúcares se metabolizan, en condiciones anaeróbicas, y se convierten principalmente en etanol y dióxido de carbono, además, esta fermentación de carbohidratos genera una huella típica de metabolitos volátiles a niveles relativamente bajos niveles relativamente bajos, como aldehídos, cetonas, alcoholes superiores, ácidos orgánicos y ésteres, que se denominan "subproductos de la fermentación" (Olaniran et al., 2017).

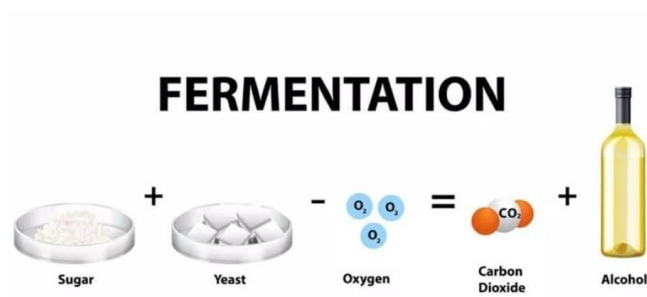


Figura 5. Fermentación

Fuente: Calderón (2020).

Acondicionamiento:

Cuando se agota todo el azúcar fermentable, la fermentación se ralentiza y la levadura comienza a salirse de la suspensión en forma de flóculos por lo que puede separarse en fase líquida llamada "Cerveza Verde" está ahora lista para las últimas fases de procesamiento, que incluyen la maduración, la filtración y el envasado. El acondicionamiento consiste en someter esta cerveza que proceso de fermentación secundaria excluyendo el oxígeno y mantenido a la cerveza a 0°C para eliminar subproductos de como acetaldehído y diacetilo generados por la oxidación parcial (Alves et al., 2020).



Figura 6. Equipo de acondicionamiento final de cerveza

Fuente: Czech, Brewery System (2020).

Filtrado:

Después de la etapa de maduración, la cerveza se conduce a la sala de filtración, donde pasa a través de filtros, para eliminar las partículas en suspensión y desencajar los posibles formadores de turbidez. Este paso es importante para preservar la cerveza de forma que no se produzcan cambios visibles a largo plazo y la cerveza mantenga su aspecto original (Kerlinger, 2009).



Figura 7. Sistema de filtración

Fuente: Pulso Cervecerero (2019).

Residuos de cerveza:

Durante la fabricación de la cerveza se producen una serie de número de sustancias que deben ser eliminadas, evitadas o reprocesadas. Entre ellas se encuentran, en particular, las siguientes: aguas residuales agua, granos y lúpulos usados, turbios calientes, levadura de cerveza residual, lechada de kieselgur; En general, estos residuos presentan una composición rica en materia orgánica y hay varios componentes con importante valor nutricional valor nutricional, como fibras, carbohidratos, proteínas y aminoácidos, vitaminas, compuestos fenólicos y minerales (Ainurrafiq et al., 2019).

El residuo de cerveza (fracción sólida de la malta de cebada) Es el más estudiado y revalorizado residuo de la elaboración de la cerveza debido a su alto contenido en hidratos de carbono (hasta el 50%) y proteínas (hasta el 30%) y suele utilizarse para la alimentación animal. se pueden obtener producto desvalor agregado como compuestos fenólicos y flavonoides (Spinelli et al., 2016) , glucosa (Michelin & Teixeira, 2016), Beta-glucano (Zechner et al., 2010) ,

bioetanol (Wilkinson et al., 2017) entre otros.



Figura 8. Residuos de cerveza

Lúpulo usado:

Su composición incluye fibras compuestas por cadenas de ramnosa, arabinosa, manosa, galactosa xilosa y glucosa y extracto libre de nitrógeno y proteínas lo que hace que por lo general, el lúpulo sea utilizado como abono para el suelo debido a su alto contenido en nitrógeno, así mismo a partir del lúpulo usado se pueden obtener otros compuestos de alto valor añadido de alto valor añadido como aromas, sacáridos y ácidos orgánicos por oxidación o hidrólisis (Mussatto, 2014).



Figura 9. Lúpulo usado

Fuente: Giraldo (2018).

Aguas residuales de cervecería:

En muchas etapas del proceso de elaboración de la cerveza se produce en efluentes líquidos, las aguas residuales pueden considerarse un residuo de la industria cervecera con potencial para la producción de bioenergía como el biodiésel y las pilas de combustible microbianas (Lutzu et al., 2016).

Cerveza artesanal:

Actualmente existe una creciente demanda de cerveza artesanal relacionada con sus características típicas y distinguibles, probablemente potenciadas por el que no está filtrada ni pasteurizada, ya que estas operaciones de acabado operaciones de acabado suelen reducir el sabor y el aroma en la cerveza industriales. Por lo general, la primera es más susceptible que la segunda a la contaminación microbiana, lo que provoca un aumento de la turbidez, la formación de compuestos aromáticos indeseables y una mayor acidez (Cimini & Moresi, 2018).



Figura 10. Cerveza artesanal Motilona BEER

Compost:

La conversión de subproductos de la industria alimentaria en aditivos útiles para el suelo se conoce como compost, que puede utilizarse con éxito como agente mejorador del suelo o biofertilizante. El compostaje es un proceso biológico aeróbico en el que los residuos orgánicos son convertidos por la actividad de los microorganismos en compuestos más simples, estables y similares a los del suelo y reducen el volumen de los residuos. El compost tiene una gran capacidad de retención de agua, una gran cantidad de nutrientes y mejora la estructura y la aireación del suelo, lo que conduce a un aumento de la producción agrícola, (Avishek et al., 2017). Los productos de desecho reciclados podrían ser biocompost, que pueden ser fortificados con consorcios microbianos y material orgánico como aminoácidos, ácido húmico, Fito estimulantes y minerales, etc. Para producir insumos agrícolas bioorgánicos a escala comercial que, en última instancia, también podrían generar medios de vida económicos para generar valor agregado y económico (Pratap Singh & Prabha, 2018).



Figura 11. Abono

Fuente: Rodríguez (2019).

Residuos de cerveza para compost:

Los BSG es a menudo un problema medioambiental, por lo que la reutilización de este subproducto es un tema importante a tratar además de que sus características lo convierten en un buen candidato para su uso en la agricultura debido a que es ácido, rico en proteínas, celulosa, lignina, hemicelulosas, arabinosilano, lípidos y cenizas (Aboukila et al., 2018).

Se ha demostrado que su uso como fertilizante permite tasas más alta de grano gastado aumentó de forma más efectiva la capacidad de retención de agua del suelo, la materia orgánica, los macronutrientes, los micronutrientes, los parámetros de germinación y redujo el pH del suelo (Borel et al., 2020). Además, se recomienda que el estiércol del ganado debería incluirse como material de partida para promover el proceso de compostaje, por lo tanto, se presentan dos hipotéticas mezclas iniciales de BSG más un agente de carga lignocelulósico y estiércol de ganado (Assandri et al., 2021)

4.1.1 Métodos de aprovechamiento de subproductos a nivel internacional. Según los estudios realizados por Brenda et al. (2021) en su investigación “El Sistema Agroalimentario Localizado de la cerveza artesanal de San Carlos de Bariloche, Argentina el enfoque de Sistemas Agroalimentarios Localizados (SIAL)”, el objetivo de este artículo es analizar y caracterizar el sector cervecero artesanal de la ciudad de San Carlos de Bariloche, estudiando su trayectoria histórica, los actores, la cadena de valor y los vínculos existentes, las innovaciones de producto, proceso y comercialización y los avances logrados respecto a la certificación de productos. Se abordaron temas de tales dimensiones para el caso de estudio; esto es, la historia y evolución del mercado de cervezas en Argentina y Bariloche, la cadena de valor local estilo *input-output* identificando ventajas y limitaciones en sus diferentes eslabones, los actores y las redes de relaciones generadas en torno a las principales innovaciones en el sector, y, por último, los avances alcanzados y los que aún faltan en el proceso de certificación de productos.

Las primeras cervecerías surgen a mediados del siglo XVII de la mano de inmigrantes europeos que se abastecían de insumos y materia prima desde su país de origen. En general, se establecieron en las provincias de Buenos Aires, Santa Fe y Córdoba. Hacia 1738 nace la primera cervecería en la ciudad de Buenos Aires. En 1888 se fundó la Cervecería Argentina en la localidad de Quilmes (provincia de Buenos Aires), comercializada bajo la marca Quilmes. Entre los pioneros destaca el alemán Otto Schneider, maestro cervecero de la cervecería Santa Fe desde el año 1912. Casi dos décadas después, cuando la empresa fue adquirida por Cervecería y Maltería Quilmes, renuncia y funda su propia cervecería Schneider. A excepción de las demás, Cervecería Quilmes ha logrado alcanzar un lugar protagónico en el mercado nacional e incluso en países limítrofes.

La aplicación de las diferentes dimensiones de análisis del enfoque SIAL al caso de estudio implica una investigación integral, de tipo cuantitativa y cualitativa. Se efectuó una búsqueda y recolección de información secundaria diversa (informes oficiales, noticias, revistas, libros y espacios digitales de divulgación, publicaciones académicas, etc.) sobre el sector, eventos y los diferentes actores vinculados. La recolección de información primaria se realizó mediante encuestas y entrevistas. En 2015 fue identificado un total de 43 productores de Bariloche que producen y comercializan cerveza artesanal y se logró encuestar a 29 de ellos, entre octubre y diciembre, con un formulario de más de 50 preguntas abiertas y cerradas. Asimismo, se realizaron entrevistas y/o reuniones con diferentes actores de la cadena como productores de lúpulo de El Bolsón, referentes de la oficina Punto Pyme de la Municipalidad de Bariloche, INTI-Bariloche (Instituto Nacional de Tecnología Industrial), Aguas Rionegrinas (Co.Ca.P.R. Hi), Procal, proveedores de insumos, miembros de la Asociación de Cerveceros Artesanales de Bariloche y Zona Andina (.....), entre otros. A su vez, se participó en diferentes eventos como el 8vo y 9no Festival de la Cerveza Artesanal en San Luis (2015) y Bariloche (2016), el Festival de la Cosecha de Lúpulo en El Bolsón, las Jornadas de Ciencia y Cerveza realizadas en Bariloche, entre otros.

Al analizar la cadena de valor local aparecen múltiples ventajas en los diferentes eslabones, aunque también ciertas restricciones que necesitan resolverse para un mayor desarrollo. Como es de esperar, la intensidad de estas ventajas y limitaciones varía según las características de cada grupo de productores. Las principales ventajas localizadas en el acceso a materias primas e insumos son la calidad del agua de la región, la cercanía a los productores de lúpulo y las oportunidades de mercado que se abren ante la posibilidad de comenzar a utilizar levaduras líquidas de origen patagónico. Como desventaja destaca la dependencia del mercado

internacional y la política externa del país por utilizar aún, en gran mayoría, levaduras importadas. El *know-how* de los productores, su dinamismo y capacidad de creatividad e innovación constante son las principales ventajas en la elaboración de cerveza propiamente dicha.

Empresa Maestría En Servicios Diligentes Sac Para Aumentar Los Ingresos” López (2020), quien realizó en su investigación una: “Propuesta De Un Diseño De Una Planta De Compostaje A Partir De Lodos De Filtración Y Afrecho De Cebada Fermentado De La Es en este marco es que existen empresas abocadas a la gestión integral de los residuos generados por dichas empresas, en donde se buscan alternativas de aprovechamiento para disminuir el impacto generado por los residuos y a su vez generar mayores ingresos. En Lambayeque la empresa Maestría en Servicios Diligentes SAC está encargada de la gestión de los residuos industriales generados por una de las mayores empresas cerveceras del Perú, en donde semanalmente se recibe alrededor de 600 toneladas de residuos divididos en su mayoría en: lodos de filtración, afrecho húmedo de cebada y lodos de fermentación con finalidad de buscar un aprovechamiento a los residuos.

Actualmente el principal residuo aprovechado son los lodos de fermentación en la que se obtiene como producto comercial levadura, además el afrecho húmedo se puede comercializar directamente o como afrecho seco luego de un tratamiento, en donde inevitablemente se fermenta pequeñas cantidades durante el proceso. Sin embargo, los lodos de filtración son la problemática actual de esta empresa que aún no cuenta con un aprovechamiento de este residuo, actualmente reciben 65 toneladas a la semana y solo lo acondicionan sobre un terreno para disminuir su volumen, generándole costos de operación y logísticos sin ningún beneficio. Al ser dos residuos que no se tiene aprovechamiento alguno son eliminados por la empresa, el afrecho fermentado se apila en parte de la planta, mientras los lodos son recibidos en pozos en donde después de meses

se evapora el agua quedando en el fondo tierra diatomea. Dentro del marco de empresas que trabajan tratando residuos de otras empresas, en Motupe, destaca 20 años en el mercado la empresa Maestría en Servicios Diligentes SAC (MASD SAC) que se encarga del manejo de los residuos generados por una de las más grandes empresas cerveceras del país. El giro de la empresa es transformar los residuos cerveceros en productos de valor comercial a través de la innovación y creatividad con miras al cuidado del medio ambiente.

Caracterización del lodo residual de la PTAR de industria cervecera:

Los resultados de los análisis microbiológicos de lodos residuales de PTAR se muestran en la tabla 1. Se observa que la cantidad de coliformes totales y coliformes fecales fue baja y que no hubo presencia de parásitos. Esto pudo deberse a que estos lodos residuales provienen del tratamiento de aguas residuales de la producción de cerveza y no se mezclan con el agua residual del alcantarillado donde habría mayor probabilidad de encontrar parásitos y mayor cantidad de coliformes.

Tabla 1. Análisis microbiológico y parasitológico del lodo residual

Parámetros	Lodo residual de PTAR de cervecería
Enumeración de Coliformes Totales (NMP/ml ⁻¹)	23 x 10 ⁴
Enumeración de Coliformes Fecales (NMP/ ml ⁻¹)	90 x 10 ²
Huevos de helmintos	Ausencia

Fuente: Brenda et al. (2021).

Se presentan los resultados del análisis físico-químico de interés agronómico (macronutrientes, micronutrientes y materia orgánica especial) del lodo residual. Los resultados

permitieron evaluar el potencial de los lodos residuales como insumo para la elaboración de abono orgánico.

Tabla 2. Resultado del análisis agronómico del ALA de lodo residual y otros bioles

Parámetro	ALA de lodo residual	BC ¹	BV ²	Fert R.P.C ³	B. <i>Ulva lactuca</i> ⁴
pH	3.73	8.2	7.89	3.6	4.6
..C.E. (dS/m)	34.4	15.3	19.28	16.5	22.3
M.O (%)	12.94	5.4	5.28	148.42	-
Macronutrientes (ppm)					
N	1825.6	980	1876	9485	2214
P ₂ O ₅	600	121	71.20	310	324
K ₂ O	5800	6760	1940	3296	7362
CaO	1640	220.4	104.80	1672	873
MgO	662	53.4	27.60	696	2835
Na	690	542	3400	1072	-
Micronutrientes (ppm)					
Fe	109.8	-	0.16	30	994.5
Cu	1.96	-	2.28	2.25	17.5
Zn	8.7	-	1.36	4.20	30
Mn	6.94	-	14.08	2.40	25.5
B	4.13	-	5.20	21	62.32

¹Siura & Dávila, 2008 (Biol de excretas de cuy); ²Biol Ventanilla Ciudad Saludable; ³Bossio Félix, 2007 (fertilizante orgánico basado en residuos de pescado y roca fosfatada); ⁴Aldón, 2008 (ensilaje de *Ulva lactuca*).

Fuente: Brenda et al. (2021).

Lodo residual tiene un mayor contenido de materia orgánica, macro y micronutrientes con respecto a los bioles de Ventanilla y Casablanca. Pero con respecto a los demás bioles, en general presenta menos concentración de materia orgánica, macro y micro nutrientes, esto debido a la composición de cada sustrato utilizado para elaborar el abono. Además, el ALA de lodo residual

posee una buena cantidad de hierro y supera en el contenido de fósforo y potasio al fertilizante de residuo de pescado y en fósforo y calcio al ensilado de *Ulva lactuca*. Por otro lado, el pH es ácido (menor a 4) y la conductividad eléctrica es elevada como en los bioles elaborados por Bossio (2007), Peralta (2010) y Román (2012).

Tabla 3. Análisis agronómico del lodo residual comparado con otros tipos de materiales orgánicos

Parámetros	Lodo aerobio de cervecería ¹	Estiércol de bovinos ²	Lodo aerobio tratado con cal ²	Estiércol de ovinos ²
pH	8.74	-	-	-
C.E. (dS.m ⁻¹)	6.94	-	-	-
Humedad (%)	95.92	83.5	85	65
Sólidos totales (%)	-	-	-	-
Materia Orgánica - M.O (%)	51.51	14.6	69.4	31.4
Macronutrientes (ppm)				
N	32400	20000-80000	25000	30000-50000
P ₂ O ₅	62800	2000-10000	9000	4000-8000
K ₂ O	5600	10000-30000	2000	1500
CaO	46300	-	-	20000-30000
MgO	7200	10000-15000	-	2000
Na	27100	10000-30000	-	5000
Micronutrientes (ppm)				
Fe	6113	-	-	-
Cu	265	-	-	-
Zn	804	-	-	-
Mn	341	-	-	-
B	68	-	-	-

FUENTE: ¹Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes (LASPAF). ²Miller y Donahue, 1995.

Fuente: Brenda et al. (2021).

El valor de la conductividad eléctrica (C.E.) (6.94 dS.m⁻¹) del lodo residual lo define como un material salino; respecto al pH (8.74) se le considera alcalino. Asimismo, presenta un buen

contenido de materia orgánica (51.51%), cuyo valor es superado solo por el lodo tratado con cal. Según Scora & Chang (1997), estudios de la aplicación de lodos residuales en suelos agrícolas demuestran la posible utilización de lodos debido a la no transferencia de metales pesados a los productos de consumo humano. Adicionalmente, los lodos han sido utilizados en silvicultura para incrementar la productividad forestal, para reforestar y para estabilizar áreas deforestadas o perturbadas por la minería, la construcción, los incendios, el sobrepastoreo, erosión u otros factores (Brown *et al.*, 2003). En la tabla 4 se observa el contenido de metales pesados comparados con los límites permisibles establecidos por la Environmental Protection Agency (EPA).

Tabla 4. Resultado del análisis agronómico de metales pesados del lodo residual comparado con las normas de la EPA

Metales pesados (ppm)	Lodo residual de PTAR de cervecería	Norma EPA 503
Pb	160.3	840
Cd	4.88	85
Cr	300.13	3000
Fe	6113	-
Cu	265	4300
Zn	804	7500
Mn	341	-

Fuente: Brenda et al. (2021).

Pati (2021), “Transformación De Residuos Biodegradables De La Industria Cervecera Mediante la lumbricultura en el Municipio de Viacha del Departamento de la Paz” La presente investigación se llevó a cabo en la comunidad de Jalsuri de Marka Irpa Chico del municipio de Viacha en el departamento de La Paz, Bolivia, en las instalaciones de la empresa LOMBRIBOL, en las gestiones 2020 – 2021. Con el objetivo de transformar los residuos biodegradables de la

industria cervecera mediante la lombricultura. Para el trabajo de investigación se obtuvo material residual biodegradable de la industria cervecera en estado líquido (cerveza) y lodos (tierras de diatomeas saturadas). Se formó 4 tratamientos de estudio, para evaluar el rendimiento, calidad nutricional y presencia de metales pesados en el humus de lombriz obtenido. Para lo cual, se evaluaron los datos semanal y mensualmente realizando el seguimiento del comportamiento de la transformación de los residuos biodegradables de la industria cervecera. El resultado del producto final “humus de lombriz a partir de residuos biodegradables de la industria cervecera” demuestra ser de buena calidad, ya que entra en los parámetros internacionales para abonos orgánicos con los siguientes resultados: sodio intercambiable 0.02%, magnesio intercambiable 0,1%, potasio intercambiable 0.9%, nitrógeno total: 1,10% materia orgánica de 14,13 %, carbono orgánico con 8,19% y fósforo disponible 521 ppm. Así mismo, los resultados obtenidos por el laboratorio reportan que no existe contaminación que atente contra la calidad del producto final. Los datos indican que los metales encontrados están por debajo de los niveles tóxicos. Haciendo que este producto sea de buena calidad, amigable con el medio ambiente y puede ser aplicable como abono orgánico. En conclusión, es posible aprovechar los desechos biodegradables de la industria cervecera en la transformación en abonos orgánicos a través de la lombricultura, sin atentar contra el medio ambiente. Este trabajo tiene relación en cuanto a innovación y aprovechamiento de residuos de empresas cerveceras, junto con su transformación biodegradable en esta industria.

Cupe & Juscamaita (2017), en su investigación “Tratamiento de lodos residuales de una industria cervecera a través de fermentación homoláctica para la producción acelerada de abono orgánico”. Obtuvo la realización de abono Líquido Acelerado (ALA), usando dichos lodos residuales, a través de fermentación homoláctica, empleando para ello el consorcio microbiano B-lac y melaza. Veinticuatro combinaciones diferentes y un control fueron tratados por 5 días a

40 °C, bajo un Diseño Completo al Azar con arreglo factorial 5x5. La etapa experimental de este estudio se llevó a cabo en el Laboratorio de Biotecnología Ambiental y Biorremediación del Departamento de Biología de la Facultad de Ciencias en la Universidad Nacional Agraria la Molina – UNALM. Insumos para elaboración de abono orgánico El consorcio microbiano B-lac®, cultivo que contiene un consorcio de bacterias ácido lácticas (BAL), fue elaborado en el laboratorio de Biotecnología Ambiental y Biorremediación de la Facultad de Ciencias de la UNALM. La melaza de caña se obtuvo del establo de la UNALM. El lodo biológico residual de industria cervecera fue provisto por la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa AMBEV Perú S.A.C. ubicada en San Juan de Lurigancho - Lima. Tratamiento del lodo residual Los lodos residuales fueron ensayados con insumos de estudio denominados factor melaza y factor B-lac (inóculo de bacterias ácido lácticas), en las proporciones de 5%, 10%, 15% y 20% para cada factor en combinación con los lodos residuales, como se muestra en la tabla. Se obtuvieron un control y 24 tratamientos, con tres repeticiones cada uno, los cuales contenían 500 g de mezcla por cada unidad experimental. Se observa también la codificación usada a lo largo del trabajo de investigación. El lodo residual tratado se dispuso en envases cerrados herméticamente para evitar contaminaciones y crear un ambiente anaeróbico cubriendo la superficie del preparado con una lámina de un plástico fino. Cada tratamiento fue incubado a 40 °C por 5 días. Esta investigación planteada tiene relación en cuanto a la producción de abono orgánico de la mano de tratamiento para su respectivo aprovechamiento.

Escobal & Garro (2020, en su investigación “Efecto del porcentaje de *Saccharomyces Cerevisiae* en la calidad y tiempo del compost obtenido con biomasa residual del Mercado Corralón”. El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar el efecto del porcentaje de *Saccharomyces Cerevisiae* en la calidad y tiempo del compost obtenido con

biomasa residual del Mercado Corralón, el cual, busco tratar la biomasa residual que se genera a diario producto de las diferentes actividades. El tipo de investigación es experimental en la cual se manipuló la variable porcentaje de *Saccharomyces Cerevisiae* y además se realizó el análisis de macronutrientes y micronutrientes del compost obtenido. El presente trabajo tuvo como población de estudio todos los residuos que se generó en el mercado el corralón durante todo el día, de los cuales se tomaron como muestra no probabilística 17 Kg de biomasa residual del mercado Corralón.

Para el desarrollo de la investigación se utilizó los diferentes porcentajes 0.5%, 0.7%, 0.9% de *Saccharomyces Cerevisiae* con un grupo testigo en la producción del compost a partir de la biomasa residual del mercado Corralón y también se cuantifico la composición de cada pila de compostaje para que la masa sea igual para todas las pilas. Para el análisis de los resultados estadístico se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis, ya que nuestros datos no cumplen con la prueba de normalidad y homogeneidad, demostrando que la dosis utilizada de 0.5, 0.7 y 0.9% de *Saccharomyces Cerevisiae* no hay diferencia significativa, mientras que para los parámetros de calidad si existe diferencia significativa siendo estos parámetros como la conductividad eléctrica, materia orgánica y la relación de C/N. Debido al problema de la contaminación de los residuos orgánico que va aumentando, se necesita acciones inmediatas, es por ello la necesidad de buscar soluciones para minimizar dicha contaminación. Este proyecto de investigación da como alternativa el uso de la levadura (*saccharomyces cerevisiae*), para la degradación del compost, siendo una alternativa para los agricultores y empresas; así mismo, al utilizar estos residuos desechados, contribuiríamos a reducir el volumen que es llevado al botadero El Milagro. Tiene relación investigativa respecto a los problemas generados, que se busca generarles una solución planteando una alternativa que sea de innovación y aprovechamiento.

4.1.2 Métodos de aprovechamiento de subproductos a nivel nacional. Pacheco, Martínez & Pascuas (2022), en su trabajo de investigación “¿cómo aportar al desarrollo sostenible haciendo un buen uso y aprovechamiento de subproductos como el bagazo de las micro cervecerías en Bogotá d.c.?” Propusieron posibles productos alternos, aprovechando el residuo del bagazo generado por las micros cervecerías en Bogotá D.C. En este trabajo se investigó el potencial de revalorización del bagazo que se produce de la fabricación de cerveza artesanal en Bogotá, Partiendo de que el altiplano cundiboyacense son los departamentos más fuertes productores de cebada, siendo Cundinamarca el segundo cosechando aproximadamente 2.8 toneladas por hectárea, por otro lado, teniendo en cuenta que el 95% del consumo nacional de la cebada es para la industria cervecera. Lo que se busca es proponer una alternativa de desarrollo sostenible a partir de un sector o una industria en particular que se encuentra en crecimiento, como lo es la micro cervecería, específicamente en la ciudad de Bogotá D.C., y como mediante el uso de un subproducto del proceso cervecero, como lo es el bagazo, podemos optar por un modelo de tomar, hacer y reciclar, generando nuevos productos que pueden ser implementados en el mercado, usando residuos como materia prima, y así disminuir la cantidad de desechos, en este caso sólidos, que tienen como destino final los rellenos sanitarios. Se relaciona con dirección al aprovechamiento de los residuos generados y su importancia en el área de innovación biotecnológica y desarrollo sostenible.

García, Calvache & Anacona (2017), en su investigación presentada “Desarrollo de un paquete tecnológico para la elaboración de abonos, a base de residuos orgánicos de la cadena piscícola de apropesca en el municipio de Silvia, Cauca.” Proponen una preparación de tratamientos para el aprovechamiento de subproductos derivados de la producción piscícola y la elaboración de abonos orgánicos tipo bocashi enriquecidos; con la finalidad que los productores

conozcan diferentes alternativas para mejorar sus suelos. Se presenta un menú de tres alternativas de tratamientos para las vísceras de pescado, que incluyen: caldo microbial, caldo fortificado de aminoácidos, hidrolizado (ensilado) biológico; además de la elaboración de tres abonos tipo bocashi enriquecidos cada uno con un tratamiento.

Se busca minimizar la contaminación de fuentes hídricas y suelos a través del aprovechamiento de residuos generados en la producción truchícola, además de incrementar los rendimientos de cultivos orgánicos, con el fin de trascender hacia unidades productivas más competitivas, mediante la implementación de prácticas de manejo amigables con el ambiente. Se incluyen conceptos generales y los resultados prácticos obtenidos durante un año de investigación apoyados por los Programas de Ecología y Administración de Empresas Agropecuarias de la Fundación Universitaria de Popayán, la Asociación productora y comercializadora de productos acuícolas y agrícolas de Silvia, Cauca – APROPESCA y auspiciados por el Proyecto Red de Talento humano para Innovación social y productiva en el departamento del Cauca – Innovación Cauca. Fruto de este proyecto se pretende la apropiación del conocimiento ligado a los resultados benéficos que se han obtenido, los cuales están fundamentados en trabajos de investigación realizados en varios países de Centro y Suramérica (FAO, 1997; Bejarano y Restrepo, 2002; Restrepo, 2010, Jaramillo y Zapata, 2008), adaptándolos a las características ambientales de nuestro territorio, los diferentes tipos de residuos generados en la cadena piscícola y a las particularidades y necesidades en general de la comunidad asociada a APROPESCA-Silvia. Este proyecto de investigación se ve relacionado con la importancia de mejorar la actividad biológica del suelo, especialmente con organismos que convierten la materia orgánica en nutrientes dándoles un plus para su aprovechamiento.

Rodríguez & Rodríguez (s,f). En su investigación “Utilización de tierras diatomáceas recicladas de la industria cervecera como medio de transporte de macronutrientes”. Reporta la caracterización físico-química de tierras diatomáceas recicladas de la industria cervecera, y su uso como medio de transporte de macronutrientes (Nitrógeno, Fósforo, Potasio (NPK)), con el fin de dar una alternativa amigable con el ambiente, a los desechos generados en el subproceso de filtración de la cerveza. Para la conformación de las muestras (pellets) por extrusión, se utilizó como aglutinantes carboximetilcelulosa (CMC) y fécula de maíz, mientras que la humectación se llevó a cabo usando una solución líquida comercial con 15 % de NPK, en concentración baja, media y alta, la cual se agregó durante el proceso de conformado de los pellets. La caracterización química de las muestras se realizó usando espectroscopía de absorción atómica (AA), y microanálisis mediante espectroscopia de energías dispersas (EDS), la morfología superficial se estudió usando microscopia electrónica de barrido (MEB). El comportamiento de la capacidad de devolución de los macronutrientes a un medio acuoso se llevó a cabo por medio del análisis de la conductividad eléctrica (EC) y sólidos totales disueltos (TDS) en función del tiempo mediante el multiparámetro SI Analytics 680 K. Se encontró que la muestra que no presentó pérdida de su estructura en medio acuoso fue la conformada por 60% de diatomita, 10% de CMC y 30% de fécula de maíz (% w/w). También se evidenció un incremento en el tiempo de la EC y TDS de la solución acuosa cuando se sumergían los pellets activados, infiriéndose que éstos son un buen medio de transporte de macronutrientes, los cuales podrán ser usados como abono en aplicaciones agrícolas coadyuvando al medio ambiente.

La constante búsqueda del aprovechamiento de los recursos disponibles, hace necesario adentrarse en el descubrimiento de nuevas opciones que lleven a la solución de un mismo problema y que tengan modelos más eficientes y comprometidos con el ambiente; Por lo anterior,

esta investigación busca una alternativa al uso de las tierras diatomáceas recicladas de la industria cervecera, con el fin de producir un material tipo pellets, que sirva de medio de transporte de macronutrientes NPK. Lo que relaciona en la investigación presente, su nivel de investigación y dicha importancia en el área del medio ambiente, su aplicación y aprovechamiento de estos recursos, lo que despierta el interés de dar alternativas de importancia medioambiental.

Gómez (2018), en su trabajo de investigación “Evaluación de impacto ambiental en la empresa Urban Beer & Cyder”, planteó un análisis transversal a cada una de las actividades que realiza la empresa, donde se producen y comercializan bebidas fermentadas artesanales; evaluando cada proceso, los impactos ambientales generados de los mismos sean negativos o positivos; Proponiendo soluciones para corregir, minimizar, prevenir, mitigar o compensar ambientalmente el entorno. La evaluación de impactos ambientales diagnosticados en las actividades contempladas en la producción de bebidas fermentadas permitió identificar factores importantes corregibles y mejorables, en los procesos productivos de Urban Beer & Cyder S.A.S.

Dentro de los objetos de evaluación planteados, se valoraron los efectos previsibles de la producción de cerveza, directos e indirectos, sobre la población: fauna, flora, aire, agua y servicios públicos, planteando medidas preventivas de reducción, eliminación o compensación de posibles efectos ambientales negativos; con el fin de identificar e interpretar los impactos ambientales que tiene la cervecería. Se realizó una evaluación ambiental se realiza con el fin de diagnosticar el impacto ambiental y los efectos previsibles de la producción de bebidas fermentadas, directas e indirectas, sobre la población (fauna, flora, aire, agua y servicios públicos), planteando medidas preventivas de reducción, eliminación o compensación de posibles efectos ambientales negativos; con el fin de identificar e interpretar los impactos ambientales que tiene la productora. Las bebidas fermentadas en las tradiciones culturales han tomado gran

importancia, y a partir de los consumos en grupo han surgido grandes industrias y productores de bebidas fermentadas, Bogotá no ha sido ajeno a ello, a partir de la Colonia y la prohibición de la producción de bebidas fermentadas se ha tenido una regulación frente a la producción de estas, como la chicha y el guarapo, no obstante con la masificación de comercio artesanal en los años 2000, la producción de bebidas artesanales han recuperado su valía, por ende enfoque comercial, de la misma manera las autoridades ambientales también han hecho parte de esta importancia, la preocupación por el cuidado del ambiente, para las comunidades futuras, y el agotamiento de los recursos naturales, por eso Urban Beer & Cyder S.A.S., hace parte de empresas comprometidas con el medio ambiente y permiten fortalecer en su empresa en conjunto con la academia, en calidad de pasante el conocimiento aprendido a partir de la Evaluación de Impacto Ambiental, aplicando esto procederán a la conformación del departamento ambiental y a la implementación de un Plan de Manejo Ambiental. Su impacto de relación investigativa tiene relacionado darles un impacto que genere el plus de aprovechamiento, aplicación de nuevas propuestas que generen impacto ambiental, y aprovechando estos efectos de producción de esta industria cervecera.

González, Ortega & Camelo (2022), en su investigación “Elaboración de cerveza artesanal tipo lager mediante la infusión de pitaya y reutilización de la biomasa como fuente de aprovechamiento” se obtuvo una reutilización de la biomasa generada por la producción de la cerveza como enfoque principal la malta usada que queda como residuo orgánico y que hoy en día no se usa como reprocesamiento en la fabricación del producto. Es por ello, que se quiere generar un papel reciclado que se puede optar por la etiqueta de la cerveza o en como un producto secundario de la producción de la cerveza, con esto se quiere lograr un enfoque sostenible y que opte por las normativas ODS en la producción de responsable. Una de las razones por la cual se lleva a cabo el proyecto es por la gran cantidad de desechos o pérdidas que

se genera en la elaboración de cerveza, tanto a nivel industrial como artesanal. Las mayores pérdidas de todo el proceso se evidencian en el agua. El agua es el principal componente durante toda la elaboración de la cerveza y es la que mayor cantidad de pérdidas tiene. La primera pérdida importante en el proceso está en la maceración. Cuando se calienta el agua a unos 70°C y se introduce el grano molido para dejar macerando por aproximadamente una hora. El agua en el proceso se va evaporando poco a poco y el volumen inicial dejaría de ser el mismo que al final del proceso. Tiene investigación relevante de acuerdo a factores investigativos de interés biotecnológico y su aporte de aprovechamiento en diferentes procesos.

4.1.3 Métodos de aprovechamiento de subproductos a nivel regional. “Plan piloto para el manejo de residuos sólidos orgánicos en el municipio de Chinácota”, Vera & Villamizar (2021). Investigación que realizaron en el municipio logró aplicar técnicas agroecológicas para el manejo adecuado de residuos sólidos orgánicos generados por los pequeños productores agropecuarios, establecimientos de comercio de la zona sur, barrios San Nicolás, Urbanización La Catalana área urbana del Municipio de Chinácota.

Esta investigación se mostró significativa; ya que se determinaron técnicas convenientes según su utilidad, para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos, dando Propuestas de alternativas eficientes que contribuyan a la obtención de productos rentables y ecológicos disminuyendo el uso de químicos, favoreciendo a los suelos de las zonas objeto de estudio, realizando capacitación a la población objetivo, para dar a conocer las técnicas básicas agroecológicas para el manejo de residuos sólidos orgánicos. La relación de esta investigación con nuestro proyecto se ve involucrada en temas del mismo interés, ya que se investigaron aportes y planes de manejos para la producción de biocompost, logrando un aporte sobre todo con el medio ambiente; junto con su aprovechamiento y manejo adecuado de los residuos, dándoles un plus

para convertirlos en subproductos que generen un impacto a nivel biotecnológico en la localidad de Chinácota, Norte de Santander-Colombia.

Pacheco (2018) en su investigación “Proyecto piloto de recuperación y aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos para la obtención de compost en el batallón de infantería n°15 general Francisco de Paula Santander”. Tuvo como propósito la recuperación y aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos generados en el batallón de infantería n°15 general Francisco de Paula Santander, para la obtención de compost o abono orgánico, ya que la cantidad de residuos generados en esta institución es muy elevada por lo cual se hace necesario un respectivo tratamiento, y evitar enviar gran parte de estos residuos innecesariamente al relleno sanitario. El aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos para la obtención de compost en el batallón de infantería n°15 general francisco de paula Santander, es promover el adecuado manejo de los residuos sólidos y orientar la unidad hacia el modelo de desarrollo sostenible, logrando así la sensibilización del personal y generar acciones de gestión ambiental, y cumplir metas e indicadores que son propuestos por la brigada para mejorar la calidad ambiental y mitigar los impactos ambientales generados, esta propuesta de investigación se relaciona con el propósito del aprovechamiento de los residuos generados y darles su respectivo aprovechamiento final.

Palacios & Gonzáles (2021), Cúcuta en su proyecto de investigación “Medir parámetros de calidad en el proceso de elaboración de un abono orgánico compostado a base de cascarilla de arroz, ceniza de cascarilla de arroz y gallinaza., Cúcuta”. Evaluaron parámetros de calidad en el proceso la elaboración de un abono orgánico utilizando restos de la de producción agroindustrial de arroz en el molino Oro de Coagronorte y se estimaron los costos de producción de una tonelada del producto elaborado. Se elaboró y evaluó un abono orgánico sólido tipo compost en donde se utilizaron los desechos del proceso de producción de arroz blanco del molino Oro de

Coagronorte en el km 8 vía al Zulia, para evitar contaminar el medio que rodea la instalación, disminuyendo área ocupada por estos residuos y aprovechar sus nutrientes y propiedades. Se utilizaron las características fisicoquímicas de las materias primas como; ceniza de cascarilla de arroz, cascarilla e impurezas de arroz y gallinaza, también organismos eficientes como Trichox (*Trichoderma harzianum*), los cuales fueron agregados y mezclados para la conformación de tres pilas con 62,9 toneladas de gallinaza, se utilizó el minicargador CASE 220, para iniciar el proceso de descomposición aerobio. Se dispuso de un área en donde se trabajó y permitió determinar variables llevando así una trazabilidad del producto, se midieron y registraron desde el inicio o creación de pilas de abono hasta los días de su maduración, lo que permitió realizar labores y aplicaciones de gua cuando lo requirió. Se logró observar diferencias a corto plazo por el uso de organismos eficientes como *Trichoderma harzianum* en un tratamiento por medio de las variables temperatura, pH, humedad y olor, evidenciando una mejor eficiencia de la descomposición de los materiales en comparación con tratamientos sin el microorganismo. Esta investigación te relación en cuanto al propósito de aprovechamiento de residuos que se generan de diferentes tipos de industrialización; y de esta manera darles su respetivo aprovechamiento obteniendo resultados eficientes.

Pruebas de campo Las pruebas de laboratorio suelen ser poco accesibles para los pequeños productores. Por eso, es recomendable establecer también mediciones de calidad que puedan realizarse en el campo. Algunas de estas pruebas pueden ser:

a. Olor: el olor característico del abono orgánico es fácilmente identificable y conocido, como el olor a suelo de bosque. Puede utilizarse como indicador de madurez.

b. Color: en general, el abono tendrá una coloración café oscura o negra.

c. Tamaño de partículas: el tamaño de partícula es pequeño, menor a 2 mm.

d. Madurez: una de las pruebas de madurez es la prueba de germinación.

e. Contenido nutricional y crecimiento en potes: para determinar el contenido de nutrientes potenciales de un abono, la mejor práctica sigue siendo evaluar el material con plantas en potes, en diferentes relaciones compost: suelo. Se recomienda evaluar al menos cuatro mezclas: solo abono, solo suelo, 25:50 y 50:50.

Carvajal (2019), en su trabajo de investigación “Evaluación del efecto de diferentes aditivos sobre la calidad del abono bocashi bajo las condiciones del municipio de Pamplona” La presente investigación tuvo como finalidad evaluar el efecto de los aditivos de levadura, microorganismos eficientes (EM) y suero de leche en el proceso de elaboración de un abono tipo bocashi bajo las condiciones de Pamplona, Norte de Santander, obtenido a partir de los residuos vegetales producidos en el centro de acopio y plazas de mercado del municipio, para contribuir al medio ambiente. Se realizó la comparación de las variables fisicoquímicas, la identificación de la biodiversidad microbiana mediante análisis microbiológicos, se evaluó el tiempo de maduración en cada una de las formulaciones y se determinó el contenido nutricional de macronutrientes. No se realizó un diseño experimental como tal, pero se desarrollaron 4 tratamientos, en 4 montones de bocashi con incorporación de los diferentes aditivos. Los tratamientos consistieron el primero (T1) como testigo, el segundo (T2) con levadura, el tercero (T3) con ME y cuarto (T4) con suero de leche. Se prepararon 100 kg de bocashi en cada tratamiento. Para la toma de muestras de laboratorio y medición de las variables de temperatura y humedad, se establecieron 3 puntos de muestreo para cada tratamiento correspondientes a 3 repeticiones. Para los datos de las variables de temperatura y humedad de la primera semana, se realizaron graficas mediante el programa

Microsoft Excel 2016, y se realizó un análisis estadístico de varianza unifactorial (ANOVA), a partir de los datos obtenidos después de los 7 DDE, dicho análisis también se realizó a pH, para las UFC de las poblaciones de microorganismos obtenidos en los resultados de los análisis microbiológicos y para las variables del contenido nutricional como MO, N, P, K, Ca y Mg. La comparación de medias se analizó mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$) por medio del software IBM SPSS Statistics versión 25. De acuerdo a lo anterior, la finalidad del presente trabajo fue la elaboración y caracterización desde el punto de vista químico y microbiológico un abono orgánico bocashi a partir de la influencia de los aditivos de microorganismos eficientes, levadura y lacto suero, como alternativa para el aprovechamiento de los residuos orgánicos del municipio de Pamplona, en búsqueda de obtener un producto de buenas características de calidad y que pueda ser una opción para los agricultores. Esta medida se relaciona con la investigación por su importancia de obtener un producto mejorado a partir de residuos que se aprovecharon y les da alternativas para mejoras con el medio ambiente y su relación con cada proceso de aprovechamiento.

En este documento se presentan las variables más comúnmente utilizadas para determinar la calidad de los abonos, así como los rangos que hasta la fecha se han considerado óptimos.

Tabla 5. Comparación de las características de preparación y uso del compost y el bocashi

Característica	Compost	Bocashi
Producto final	Materia orgánica estable	Materia orgánica en descomposición
Temperaturas máximas en proceso	65-70 °C	45-55 °C
Humedad	60% durante todo el proceso de compostaje	Se inicia con 60%, pero luego se deja secar el material
Frecuencia de volteo	Determinada por la humedad y la temperatura de la cama	Una a dos veces al día para evitar temperaturas muy altas
Duración del proceso	De 1 a 3 meses, dependiendo de la materia prima y la frecuencia de volteo	De 1 a 2 semanas
Temperatura luego de aplicado en campo	Estable	Material se recalienta al humedecerse de nuevo

Fuente: Carvajal (2019).

Cómo medir la calidad de los abonos orgánicos:

Pruebas de laboratorio: El abono orgánico como fuente de nutrimentos En la mayoría de los países de América Latina, el uso principal de los abonos orgánicos es como fertilizantes, especialmente como fuente de nutrimentos de lenta liberación. A continuación, se describen los parámetros más comunes para determinar la calidad de un abono como fuente de nutrimentos:

Análisis químico de laboratorio de suelos: Al llevar los abonos orgánicos al laboratorio de suelos, los productores tienen la posibilidad de realizar dos tipos de análisis a sus abonos: a. Análisis de suelo: tradicionalmente, determina el contenido de nutrientes en la solución del suelo y los que entrarían rápidamente en la solución del suelo disponibles para las plantas. Utiliza una solución extractora que simula la capacidad de extraer de las plantas en el corto plazo.

Análisis foliar o de digestión total: este análisis es una digestión total de la muestra, por lo que va a determinar el contenido total de nutrientes. Sin embargo, como se sabe que la tasa de liberación de nutrimentos de los abonos no es tan rápida, este valor sobrestima el aporte de los abonos orgánicos en el corto plazo.

Contenidos de niveles óptimos para abonos orgánicos:

Tabla 6. Características – nivel óptimo para abonos orgánicos

Característica	Nivel óptimo
% nitrógeno	> 2
% fósforo	0,15 – 1,5
CICE (meq/100g)	75-100
C : N	< 20
Humedad	< 40%
Color	Negro a café oscuro
Olor	Tierra

Fuente: Carvajal (2019).

Indicadores de madurez o estabilidad. Otra medida de la calidad de los abonos son los indicadores de madurez o estabilidad del producto. Los indicadores más comúnmente utilizados son:

Respiración. La respiración es una medida de la actividad microbiana en el producto final. Si el material está estable, la actividad microbiana y las tasas de respiración serán menores.

Relación carbono-nitrógeno. Se considera un compost maduro el que tenga una relación < 20-25 Este parámetro debe manejarse con cuidado, ya que algunas materias primas sin compostar, como la broza de café, pueden tener relaciones C: N similares. Se debe utilizar este parámetro como un indicador junto con otras variables de madurez.

Relación amonio/nitratos. Esta relación varía dependiendo de las materias primas, pero, en general, un compost inmaduro tendrá mayores niveles de amonio que de nitratos. En compost maduros, en estudios realizados por Hirai et al. (1983) se encontraron variaciones del 0,03 a 18,9 en la relación $\text{NH}_4^+ \text{-N}/\text{NO}_3\text{-N}$.

Tabla 7. Interpretación para la estabilidad de compost

Tasa de respiración (mg CO ₂ /g SV t)	Estabilidad	Características
<2	Muy estable	Compost bien terminado. No continúa la descomposición. Sin producción de olor. Sin potencial para fitotoxicidad.
2-8	Estable	Compost terminado. Producción de olor poco probable. Limitado potencial de fototoxicidad. Impacto negativo mínimo sobre la dinámica del C y N del suelo.
8-15	Moderadamente estable	Compost sin terminar. Producción de olor mínima. Potencial de fitotoxicidad. Impacto negativo mínimo moderado sobre la dinámica de C y N del suelo. No recomendado para semilleros.
15-40	Inestable	Compost sin terminar. Producción de olor. Alto potencial de fitotoxicidad. Alto potencial de tener un impacto negativo sobre la dinámica del C y N del suelo. No recomendado para semilleros, uso posible como <i>mulch</i> .
> 40	Material sin esterilizar	Material extremadamente inestable. Producción de olor esperada. Alto potencial para fitotoxicidad. Impacto negativo esperado sobre la dinámica de C y N del suelo. No recomendado como compost.

Fuente: Carvajal (2019).

Según la educadora Gamboa (2023), en su experiencia como docente y experiencia de investigación y transformación del territorio en el marco del día mundial de la educación ambiental.

Las acciones educativas gestadas en la zona rural de Mutiscua son modelo en Norte de Santander y producto del desarrollo de Proyectos Ambientales Escolares (PRAE) y de procesos sólidos de investigación, obtuvieron recientemente el Premio Santurbán a la Sostenibilidad Ambiental, en las categorías Institución Educativa e Investigación Aplicada, otorgado por Corponor. De acuerdo con las cifras que maneja Corponor, en Norte de Santander hay PRAE en todos los municipios y según su director, Gregorio Angarita Lamk, del proyecto base que nace en las instituciones educativas se desprenden entre cinco y diez más que se dinamizan en las sedes. Así mismo, en Cúcuta, hay 20 de estos proyectos que reciben acompañamiento de Corponor en el marco de la Política Nacional y el Plan Departamental de Educación Ambiental. El abono para los mismos es producido por ellos. Además, vienen desarrollando investigaciones que han compilado en documentos como el álbum de especies de flora de la zona.

Gamboa, tiene un completo material sobre cultivos, manejo de residuos sólidos orgánicos que es la base para la producción del abono, un gran proceso de reciclaje que aporta los insumos para el embellecimiento de escenarios, la construcción de muros de contención, la adecuación del sendero y la elaboración de artesanías. De acuerdo a las investigaciones realizadas por la docente Gamboa vale la pena relacionar con esta investigación ya que cumple con la relevancia de aportar e innovar con diferentes formas de aprovechamientos de los residuos que se generen de acuerdo a las clasificaciones de los mismos y su importancia de tener parámetros de calidad en los procesos de elaboración de un abono orgánico.

4.2 Metodología Propuesta Materiales Utilizados en la Elaboración del Abono Tipo Bocashi

Preparación obtenida para 10 bultos de Bocashi:

1. Residuos de mosto: por cada lote de cerveza en cocción se tiene una aproximación de residuo sólido de 2 bultos aboneros.
2. 2 galones de caldo de levadura (residuo líquido de fermentación alcohólica).
3. 1 galón de melaza de caña natural.
4. 2 bultos de tierra cernida limpia libre de materia orgánica.
5. Desechos sólidos urbanos en este caso de cocina (cascarillas de huevo, plátano y yuca).
6. Hoja rasca.
7. Una bolsa de cal agrícola de 500 gr.
8. Herramientas agrícolas: machete, pala, azadón o suaché, plástico negro (el tamaño depende la cantidad de abono o del tamaño de la abonera), madera para construir el techo de la pila.



Figura 12. Materiales y residuos utilizados en la elaboración del abono

En la elaboración de este abono orgánico fermentado se realizó como proceso una semi-descomposición aeróbica (presencia de oxígeno) de residuos orgánicos propios por medio de poblaciones de microorganismos quimiorganotrofos que existen en residuos de la industria cervecera Motilona Beer ubicada en la vereda Iscala Norte en el municipio de Chinácota Norte de Santander, con el fin de desarrollar los objetivos propuestos y de tener como finalidad un producto de excelente calidad libre de productos químicos 100% natural que brinden condiciones favorables en la utilización de plantas para cultivo y al mismo tiempo ayudar a nutrir los suelos. Con la información obtenida y recopilada en el transcurso de este trabajo se llevó a cabo la planeación del proceso de elaboración del abono implementando la utilización y manejo de tres fases distintas las cuales son:

4.2.1 Primera fase (A): recolección de materia prima (subproductos en la industria cervecera). En esta fase se implementó la recolección de los subproductos de la producción de

cerveza artesanal Motilona Beer, en cada lote de producción de cerveza rubia, roja y negra se obtuvieron dos residuos principales:

4.2.1.1 Mosto. Se obtuvo a partir de la primera etapa de producción de cerveza artesanal llamada cocción, básicamente es la recolección de afrecho o cascarilla de cebadas malteadas destacada por sus características nutricionales las cuales favorecen las características físicas del suelo facilitando la aireación, la absorción de humedad, incremento de la actividad macro y microbiológica de la tierra, además de esto este residuo industrial aporta unas fuentes ricas en silicio, fósforo, potasio los cuales favorecen el crecimiento de vegetales a la hora de implementarse como un producto agregado del compost y también beneficia los suelos en su actividad simbiótica con la rizosfera.

4.2.1.2 Caldo de levaduras. En la fase de fermentación de la cerveza artesanal se produce una solución madre de caldo de levaduras, este subproducto se constituye como la principal fuente de inoculación microbiológica para la elaboración de abonos orgánicos fermentados.

4.2.1.3 Melaza de caña. Hace parte de la principal fuente energética para la fermentación de los biofertilizantes, tiene la capacidad de favorecer la multiplicación de la actividad microbiológica de los suelos, rica en potasio, calcio, fósforo, magnesio y contiene algunos micronutrientes esenciales como el boro, zinc, magnesio y hierro.

4.2.1.4 Tierra común. La tierra ocupa una tercera parte de volumen total en la producción de abono que se desea elaborar, tiene la función de dar un mayor homogeneidad física del abono y distribuir su humedad con su volumen, aumenta el medio propicio para el desarrollo de la actividad microbiológica del abono, logrando una buena fermentación ya que funciona como esponja al tener la capacidad de retener, filtrar y liberar gradualmente los nutrientes a las plantas

de acuerdo con las necesidades de estas. Puede aportar microorganismos inoculadores y otros elementos minerales indispensables para el desarrollo normal de los vegetales.

4.2.1.5 Cal agrícola. Su función principal es regular la acidez que se presentó durante todo el proceso de fermentación en elaboración del biofertilizante agrícola, este producto propicia las condiciones ideales para el buen desarrollo de la actividad y reproducción microbiológica que se genera durante todo el proceso de fermentación de este abono.

4.2.1.6 Desechos vegetales (materia orgánica). Se utiliza algunos desechos sólidos urbanos residuos procedentes de cocina como cáscaras de huevos, cáscaras de plátano, hojarasca para darle un plus a la producción del abono con el fin de poder obtener los nutrientes que pueden ofrecer este tipo de materia orgánica al pasar por el proceso de descomposición biológica.

4.2.2 Segunda fase (B): preparación de abono orgánico fermentado tipo bocashi - preparación 10 libras de bocashi. En la finca donde está ubicada la planta de cerveza artesanal Motilona Beer se adecuo una zona especial donde cumple con los requisitos mínimos de espacio para la elaboración y producción de abonos orgánicos, una zona libre de roedores, con un amplio espacio, alejada de cualquier fuente de humedad que pueda alterar la producción del proceso de fermentación del abono entre otras condiciones más.

Como paso inicial para llevar acabo la solución de los objetivos propuestos en la elaboración del abono se procedió a mezclar los tres productos principales, melaza y caldo de levaduras en esta fase del proceso normalmente se acostumbra agregar agua pero en este tipo de abono no es necesario verter el líquido directamente a esta solución debido a que el caldo de levadura es un residuo líquido que se genera en la producción de cerveza en el proceso de la fermentación, el cual viene como solución madre ya activa lista para la utilización de este producto.

Teniendo la zona totalmente limpia, libre de cualquier tipo de maleza se procedió a formar el monto de cada escala de producto el cual se agregó en un orden consecutivo para poder realizar el volteo.

1. Cascarilla o afrecho de cebadas malteadas (mosto).
2. Tierra.
3. Materia orgánica (residuos sólidos).
4. Hojarasca.
5. Cal agrícola.
6. Solución de melaza y caldo de levaduras.

La altura abonera no debe ser superior a los 50 cm, el proceso de preparación y mezcla de los materiales, se realiza en forma ágil, la miel se preparó el forma de agua miel y se aplicó poco a poco de manera que quede bien distribuida por toda la abonera, esto se agregara junto al caldo de levadura se agregaba a la mezcla homogénea poco a poco en pocas cantidades tratando de vestirla por toda la abonera, luego de este proceso se procede agregar capas de hojarasca y materia orgánica con este proceso se pretende incorporar las bacterias que se encargaran de realizar el proceso de fermentación de la abonera. Los materiales se mezclaron en proporciones: 60% de materiales secos y 40% de materiales húmedos, se tuvo en cuenta la cantidad de materiales verdes en comparación con los materiales secos ya que de esto dependió la humedad de la abonera, la humedad que genera los materiales utilizados influye sobre la regulación de temperatura lo que puede efectuar el desarrollo de las bacterias que realizan el proceso de fermentación del abono.



Figura 13. Preparación y montaje del abono orgánico

4.2.2.1 Proceso de volteo. Este proceso se realizó con ayuda de una pala con el fin de remover y realizar una respectiva mezcla homogénea de los productos y subproductos utilizados para esta elaboración con el fin de realizar una torre de mezcla o llamada coloquialmente un montón. Finalmente, después de la preparación el abono debe quedar completamente extendido protegido del sol y la lluvia para poder hacer efectivo este proceso se implementó la construcción de un techo de madera de aproximadamente de 2 metros de alto con el fin de mitigar la presencia de roedores y la presencia de lluvia que pueda alterar el proceso de fermentación de este proceso.

En la preparación de este abono se tuvo como recomendación inicial que el abono no quedara expuesto a la penetración de rayos solares y del agua lluvia, por lo cual se implementó la utilización de un techo y la superficie se realizó en cemento con el fin de poder hacer regularmente el volteo de los productos y subproductos utilizados todo esto se produjo con el fin de obtener un abono de excelente calidad.



Figura 14. Proceso de volteo

4.2.3 Tercera fase(C): condiciones específicas del manejo del producto. Se volteo los materiales de 2 a 3 veces al día, esto permitió regular la temperatura la cual no debe excederse de los 45°C una forma práctica de verificar la temperatura es introduciendo un machete dentro de los materiales durante 5 minutos, al sacarlo se toca con la mano si este se encuentra caliente se debe proceder a voltearlo de una vez en caso de lo contrario si esta frío es necesario implementar más materiales a una altura promedio de 70 cm con la finalidad de aumentar la temperatura, con una aeración de dos a tres veces al día podemos obtener un abono maduro en cuestión de 7 días y a los 8 días ya está frío. Se utilizó plástico para proteger la abonera de la lluvia y el sol recubriéndolo por completo para mitigar cualquier exposición que pueda dañarlo.



Figura 15. Producto final

5. Conclusiones

A partir de la información recolectada en las diferentes plataformas digitales como revistas, artículos científicos, trabajos de grado se logró plantear una metodología adecuada para obtención de residuos sólidos, y el aprovechamiento de los subproductos generados en la producción de cerveza artesanal MOTILONA BEER con el fin de mitigar la contaminación ambiental que genera la mala disposición de desechos y a su vez darle un valor económico agregado a la producción de abonos orgánicos para su correcta comercialización generando un impacto agroecológico sostenible.

Se logró conocer e implementar una metodología de producción de abono orgánico tipo bocashi a partir de los residuos líquidos y sólidos generados en la planta de producción de cerveza artesanal Motilona Beer, utilizando algunos materiales necesarios para la producción y fabricación de compost como residuos sólidos urbanos generados por cocina (cáscaras de vegetales, cáscaras de huevo) ricos en nutrientes esenciales, también se realizó la utilización de tierra abonera, melaza de caña y cal agrícola la cual se utilizó con una función específica que es regular la acidez de todo el proceso de fermentación del abono. Respecto a los parámetros propuestos del manejo y utilización de los residuos generados en la industria cervecera, se generó y dio un aprovechamiento agroecológico dado la utilización de estos subproductos para un sistema agrícola sostenible.

Los subproductos de la producción de cerveza artesanal Motilona Beer, se convirtieron en un recurso valioso para la elaboración de biocompost a partir de estos desechos; por su riqueza en nutrientes; capacidad de favorecer la multiplicación de microorganismos en los suelos rica en diferentes micronutrientes como el boro, zinc magnesio y hierro necesarios para el crecimiento y

desarrollo normal de las plantas, que aportan un gran valor agregado y valorización a estos residuos, dándoles un aprovechamiento biotecnológico.

El tipo de abono que se generó con estos residuos de la industria cervecera fue un abono orgánico tipo bocashi debido a que este abono se obtuvo a partir de la fermentación de materiales secos y mezclados rico en nutrientes necesario para el desarrollo de cultivos y también en el fortalecimiento nutricional de los suelos, dándole un plus a esta proceso se utilizó el caldo de levadura un residuo líquido generado en el proceso de fermentación de cada lote de producción de cerveza artesanal, básicamente este caldo fue el encargado de activar la fermentación del producto junto a la melaza de caña ayudando como fuente energética principal para la fermentación de este biofertilizante.

Se incentivo a la planta de producción la comercialización del producto final con el fin de lograr un valor económico agregado y darle un uso agroecológico sostenible a los residuos y desechos generados en cada lote producción, no solo para el uso de la misma planta en sus zonas verdes si no para la venta de este producto en la región donde está ubicada, favoreciendo el cuidado y aprovechamiento del medio ambiente, brindando al cliente un producto de excelente calidad completamente natural libre de cualquier producto químico que pueda llegar afectar el cultivo y los suelos.

6. Recomendaciones

Los desechos orgánicos de la cocina siempre se deben compostar para que se transformen en abono, cuando se depositan en la abonera, junto a otros componentes, se deben cubrir con tierra o material seco (pastos, hojas), para que no sean fuente de atracción de insectos y roedores.

Se deben adquirir buenas prácticas de higiene al manipular los desechos y restos orgánicos: usar guantes, lavarse las manos, limpiar prendas, calzados y herramientas, que hayan estado en contacto con los mismos.

Para la utilización de los subproductos de la cerveza artesanal es recomendable manejar la producción en un espacio tapado libre de cualquier tipo de humedad alejado de aguas lluvia debido a que esto puede alterar el proceso de fermentación y dañar el biocompost.

En la producción de abono orgánico tipo bocashi cómo es un abono orgánico con fermentación lenta se deben tener en cuenta unos parámetros esenciales cómo el pH de la fermentación, el volteo continuo de la materia orgánica ya que el sitio donde se realizó el plan piloto es una zona con humedad y regularmente es un sector lluvioso estas condiciones pueden generar alteración en el producto final.

Referencias Bibliográficas

- Aboukila, E., Nassar, I., Rashad, M., Hafez, M. & Norton, J. (2018). Reclamation of calcareous soil and improvement of squash growth using brewers' spent grain and compost. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 17(4), 1-15.
<https://doi.org/10.1016/j.jssas.2016.09.005>
- Ainurrafiq, R. & Azhar, M. (2019). Evaluation of brewery waste and its reduction methods. *Faktor Presdiposisi Ibu Usia Remaja Terhadap Pemberian ASI Eksklusif Pada Bayi Di Kecamatan Lua hagundre Maniamolo Kabupaten Nias Selatan*, 2(2), 1-15.
- Alves, V., Gonçalves, J., Figueira, J. A., Ornelas, L. P., Branco, R. N., Câmara, J. & Pereira, A. (2020). Beer volatile fingerprinting at different brewing steps. *Food Chemistry*, 326(2), 1-15..
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126856>
- Assandri, D., Pampuro, N., Zara, G., Bianco, A., Cavallo, E. & Budroni, M. (2021). Co-composting of brewers' spent grain with animal manures and wheat straw: Influence of two composting strategies on compost quality. *Agronomy*, 11(7), 13-23.
<https://doi.org/10.3390/agronomy11071349>
- Assandri, D., Pampuro, N., Zara, G., Cavallo, E., & Budroni, M. (2021). Suitability of composting process for the disposal and valorization of brewer's spent grain. In *Agriculture Switzerland*, 11(1), 1-15. <https://doi.org/10.3390/agriculture11010002>
- Avishek, D., Hayat, U. & Ferdous, Z. (2017). Utilization of By Products from Food Processing as Biofertilizers and Biopesticides. In *Food Processing By Products and their Utilization*, 4(2), 13-29. <https://doi.org/10.1002/9781118432921.ch8>

- Bai, Y., Zhang, L., Yin, Z. & Sun, X. (2021). Beer lees and ceramsite amendments enhance the two-stage co-composting of green waste. *Bioresource Technology*, 335(2), 1-15.
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.125288>
- Baiano, A. (2021). Craft beer: An overview. In *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(2), 1-10. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12693>
- Bamforth, C. W. (2017). Progress in brewing science and beer production. In *Annual Review of Chemical and Biomolecular Engineering*, 4(8), 1-12. <https://doi.org/10.1146/annurev-chembioeng-060816-101450>
- Borel, D., Reis, A., Xavier, P., Lira, T. & Barrozo, A. S. (2020). An investigation on the pyrolysis of the main residue of the brewing industry. *Biomass and Bioenergy*, 140(2), 1-5.
<https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2020.105698>
- Briggs, D., Boulton, C., Brookes, P. & Stevens, R. (2004). Brewing: Science and Practice. In *Brewing: Science and Practice*,. 4(2), 1-15. <https://doi.org/10.1533/9781855739062>
- Calderón, V. (2020). Micercraft proceso de fermentación cervecera. *Revista Cervecera*, 4(2), 1-15.
- Chappin, M., Van Den, V. & Negro, S. (2020). An overview of factors for the adoption of energy efficient eco-innovation: The cases of the Dutch brewing and paper industry. *Journal of Cleaner Production*, 275(2),1- 5. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124122>
- Christoph, N. & Bauer, C. (2007). Flavour of spirit drinks: Raw materials, fermentation, distillation, and ageing. In *Flavours and Fragrances: Chemistry, Bioprocessing and Sustainability*, 4(2), 1-12. https://doi.org/10.1007/978-3-540-49339-6_10

- Cimini, A. & Moresi, M. (2018). Effect of Brewery Size on the Main Process Parameters and Cradle-to-Grave Carbon Footprint of Lager Beer. *Journal of Industrial Ecology*, 22(5), 11-30
<https://doi.org/10.1111/jiec.12642>
- Eßlinger, H. (2009). Handbook of Brewing: Processes, Technology, Markets. In *Handbook of Brewing: Processes, Technology*, 4(1), 1-15. <https://doi.org/10.1002/9783527623488>
- Garavaglia, C. & Swinnen, J. (2017). Economics of the craft beer revolution: A comparative international perspective. *Economic Perspectives on Craft Beer: A Revolution in the Global Beer Industry*, 2(2), 1-15. https://doi.org/10.1007/978-3-319-58235-1_1
- Garcia, G., Stone, J. & Rahimifard, S. (2019). Opportunities for waste valorisation in the food industry – A case study with four UK food manufacturers. *Journal of Cleaner Production*, 211(2), 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.269>
- González, S., Morales, P. & Gullón, B. (2018). Estimating the environmental impacts of a brewery waste-based biorefinery: Bio-ethanol and xylooligosaccharides joint production case study. *Industrial Crops and Products*, 123(4), 1-5.
<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.07.003>
- Guzmán, F., Soto, A., López, P. & Román, A. (2019). Valuation and use of a new variety of barley for brewing craft beer. *Ingeniería Agrícola y Biosistemas*, 11(1), 81-95.
- Karlović, A., Jurić, A., Ćorić, N., Habschied, K., Krstanović, V., & Mastanjević, K. (2020). By-products in the malting and brewing industries-re-usage possibilities. In *Fermentation*, 6(3), 1-15.. <https://doi.org/10.3390/FERMENTATION6030082>

- Kerby, C. & Vriesekoop, F. (2017). An Overview of the Utilisation of Brewery By-Products as Generated by British Craft Breweries. *Beverages*, 3(2), 1-10.
<https://doi.org/10.3390/beverages3020024>
- Kopeć, M., Mierzwa, M., Gondek, K., Wolny, K., Zdaniewicz, M. & Jarosz, R. (2020). Biological activity of composts obtained from hop waste generated during the brewing. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 4(12), 1-22 <https://doi.org/10.1007/s13399-020-00746-6>
- Kopeć, M., Mierzwa, M., Gondek, K., Wolny, K., Zdaniewicz, M. & Suder, A. (2021). The application potential of hop sediments from beer production for composting. *Sustainability Switzerland*, 13(11), 1-15. <https://doi.org/10.3390/su13116409>
- Koren, D., Kun, S., Hegyesné, B., & Kun, G. (2019). Study of antioxidant activity during the malting and brewing process. *Journal of Food Science and Technology*, 56(8), 1-10.
<https://doi.org/10.1007/s13197-019-03851-1>
- Leichtweis, J., Silvestri, S., Welter, N., Vieira, Y., Zaragoza, P., Chávez, A. & Carissimi, E. (2021). Wastewater containing emerging contaminants treated by residues from the brewing industry based on biochar as a new CuFe₂O₄ / biochar photocatalyst. *Process Safety and Environmental Protection*, 1503(20), 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2021.04.041>
- Lutzu, G., Zhang, W. & Liu, T. (2016). Feasibility of using brewery wastewater for biodiesel production and nutrient removal by *Scenedesmus dimorphus*. *Environmental Technology (United Kingdom)*, 37(12), 1-15. <https://doi.org/10.1080/09593330.2015.1121292>

- Manolikaki, I. & Diamadopoulos, E. (2020). Agronomic potential of biochar prepared from brewery byproducts. *Journal of Environmental Management*, 255(2), 1-15.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109856>
- Michelin, M. & Teixeira, J. A. (2016). Liquid hot water pretreatment of multi feedstocks and enzymatic hydrolysis of solids obtained thereof. *Bioresource Technology*, 216(1), 1-15.
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.06.018>
- Morales, N. (2014). Investigación Exploratoria: tipos, Metodología y Ejemplos. *Investigación Exploratoria*, 4(2), 1-15.
- Morgan, D., Styles, D. & Lane, E. (2021). Thirsty work: Assessing the environmental footprint of craft beer. *Sustainable Production and Consumption*, 27(2), 1-15.
<https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.11.005>
- Mussatto, S. (2014). Brewer's spent grain: A valuable feedstock for industrial applications. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(7), 1-15. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6486>
- Nigam, P. (2017). An overview: Recycling of solid barley waste generated as a by-product in distillery and brewery. In *Waste Management*, 62(3), 1-15.
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.02.018>
- Olaniran, A., Hiralal, L., Mokoena, M. & Pillay, B. (2017). Flavour-active volatile compounds in beer: production, regulation and control. In *Journal of the Institute of Brewing*, 4(2), 1-15.
<https://doi.org/10.1002/jib.389>
- Oliveira, W. & Morais, D. (2021). Transitioning to a circular economy in developing countries: A collaborative approach for sharing responsibilities in solid waste management of a

Brazilian craft brewery. *Journal of Cleaner Production*, 319(2), 1-15.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128703>

Ortiz, I., Torreiro, Y., Molina, G., Maroño, M. & Sánchez, J. M. (2019). A Feasible Application of Circular Economy: Spent Grain Energy Recovery in the Beer Industry. *Waste and Biomass Valorization*, 10(12), 1-13. <https://doi.org/10.1007/s12649-019-00677-y>

Pampuro, N., Bisaglia, C., Romano, E., Brambilla, M., Pedretti, E. & Cavallo, E. (2017).

Phytotoxicity and chemical characterization of compost derived from pig slurry solid fraction for organic pellet production. *Agriculture (Switzerland)*, 7(11), 1-15.

<https://doi.org/10.3390/agriculture7110094>

Pokrivčák, J., Supeková, S. C., Lančarič, D., Savov, R., Tóth, M. & Vašina, R. (2019).

Development of beer industry and craft beer expansion. *Journal of Food and Nutrition Research*, 58(1), 1-22

Pratap, D. & Prabha, R. (2018). Bioconversion of Agricultural Wastes into High Value

Biocompost: A Route to Livelihood Generation for Farmers. *Advances in Recycling & Waste Management*, 02(03), 1-15. <https://doi.org/10.4172/2475-7675.1000137>

Rodriguez, L., Vinces, L., Mata, N. & Del Carpio, C. (2019). Development of an Automatic

Equipment for Craft Beer Maceration. *2019 Congreso Internacional de Innovación y Tendencias En Ingeniería, CONIITI 2019 - Conference Proceedings*.

<https://doi.org/10.1109/CONIITI48476.2019.8960840>

Salazar T., M. B., San Martín, M, Cai, H. & Huang, J. (2021). Economic and environmental performance of instantaneous water heating system for craft beer production. *Food and*

Bioproducts Processing, 127(2), 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2021.04.006>

Spencer, J. (2021). The sustainable development goals. In *Design for Global Challenges and Goals*, 4(1), 1-15. <https://doi.org/10.4324/9781003099680-3>

Spinelli, S., Conte, A., Lecce, L., Padalino, L. & Del Nobile, M. (2016). Supercritical carbon dioxide extraction of brewer's spent grain. *Journal of Supercritical Fluids*, 107(2), 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2015.08.017>

Szaja, A., Montusiewicz, A., Lebiocka, M. & Bis, M. (2021). A combined anaerobic digestion system for energetic brewery spent grain application in co-digestion with a sewage sludge. *Waste Management*, 135(2), 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.09.034>

United Nations News Services. (2020). *Sustainable Development Goals: Goal 2: Zero Hunger*. Recuperado de: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/hunger/>

Vera, K. & Villamizar, R. (2021). *Plan piloto para el manejo de residuos sólidos orgánicos en el municipio de Chinácota*. Tesis de grado. Universidad Francisco de Paula Santander. Cúcuta, Colombia.

Wang, S. P., Wang, L., Sun, Z. Y., Wang, S. T., Shen, C. H., Tang, Y. & Kida, K. (2021). Biochar addition reduces nitrogen loss and accelerates composting process by affecting the core microbial community during distilled grain waste composting. *Bioresource Technology*, 337(3), 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.125492>

Wang, X., Zhao, Y., Wang, H., Zhao, X., Cui, H. & Wei, Z. (2017). Reducing nitrogen loss and phytotoxicity during beer vinasse composting with biochar addition. *Waste Management*, 61(3), 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.12.024>

Wilkinson, S., Smart, K. A., James, S. & Cook, D. (2017). Bioethanol Production from Brewers Spent Grains Using a Fungal Consolidated Bioprocessing (CBP) Approach. *Bioenergy Research*, 10(1), 1-15. <https://doi.org/10.1007/s12155-016-9782-7>

Zechner, V., Petravić, V., Galović, P., Galović, V., Filipović, J. & Srećec, S. (2010). Application of different drying methods on β -glucan isolated from spent brewer's yeast using alkaline procedure. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 75(1), 1-25.