

ESTRATEGIAS DE BIOECONOMÍA CIRCULAR: REVISIÓN DE APLICACIÓN SOBRE COMPLEJO AGROINDUSTRIAL CÁRNICO BOVINO

Rocio Lujan Gonzalez¹
Santiago Agustín Pérez²
Ferro Moreno Santiago³
Mariano Roberto Carlos⁴

Circular bioeconomy strategies: review of application
on the bovine meat agroindustrial complex.

ISSN: 1850-7255 - ISSN (En línea): 1853-6646

Esta obra se encuentra bajo la licencia Creative Commons <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



Resumen

El patrón lineal de producción, que involucra tomar, hacer y desechar, se considera insostenible a corto plazo. En respuesta a esta problemática, ha surgido el concepto de bioeconomía circular, que busca reemplazar este enfoque por el reciclaje, recuperación, reducción y reutilización de recursos. La agroindustria cárnica bovina es de gran importancia a nivel mundial, desde el punto de vista socioeconómico y alimentario. Sin embargo, enfrenta el desafío de gestionar de manera sostenible la generación de residuos y coproductos. La industria cárnica se clasifica como de alto impacto ambiental, lo que resalta la necesidad de incorporar estrategias bio-circulares para optimizar el uso de recursos y reducir el impacto ambiental. El objetivo de este trabajo es identificar y analizar estrategias bio-circulares aplicables a la agroindustria cárnica bovina en Argentina. Se llevó a cabo una revisión bibliográfica con el fin de identificar estrategias y un análisis de oportunidades y limitaciones. Las estrategias fueron clasificadas en tres categorías: productos alimentarios, no alimentarios y generación de energía. Las oportunidades identificadas incluyen la diversificación de productos, la generación de energía renovable y la promoción de la sostenibilidad ambiental. Sin embargo, existen desafíos relacionados con la inversión en tecnología, regulaciones, concientización y colaboración entre actores de la cadena.

Palabras clave: sostenibilidad ambiental, agregado de valor, desarrollo, nuevos modelos de negocios.

Abstract

The linear pattern of production, which involves taking, making and throwing away, is considered unsustainable in the short term. In response to this problem, the concept of circular bioeconomy has emerged, which seeks to replace this approach with the recycling, recovery, reduction and reuse of resources. The bovine meat agroindustry is of great importance worldwide, from a socioeconomic and food point of view. However, it faces the challenge of sustainably managing the generation of waste and co-products. The meat industry is classified as having high environmental impact, which highlights the need to incorporate bio-circular strategies to optimize the use of resources and reduce environmental impact. The objective of this work is to identify and analyze bio-circular strategies applicable to the bovine meat agroindustry in Argentina. A bibliographic review was carried out in order to identify strategies and an analysis of opportunities and limitations. The strategies were classified into three categories: food products, non-food products and energy generation. Identified opportunities include product diversification, renewable energy generation and promotion of environmental sustainability. However, there are challenges related to investment in technology, regulations, awareness and collaboration between actors in the chain.

Keywords: *environmental sustainability, value addition, development, new business models.*

INTRODUCCIÓN

En el contexto de los negocios en general, y específicamente en el sector agroalimentario, se ha observado una creciente preocupación por el manejo responsable de los recursos, la reducción del impacto ambiental y la optimización en la gestión de subproductos, residuos y desechos (Amato, 2023). Actualmente, el esquema de producción predominante sigue un patrón lineal que consiste en tomar, hacer y desechar (Schröder et al., 2020). Sin embargo, este sistema es considerado insostenible en el corto y mediano plazo (Tan y Lamers, 2021), ya que genera residuos y subproductos que no son reintegrados al circuito productivo (Kirchherr et al., 2017). Por lo tanto, se vuelve crucial encontrar alternativas que permitan el aprovechamiento y el agregado de valor, optimizando el uso de recursos y alargando al máximo su ciclo de vida (Stegmann et al., 2020).

Para abordar estos desafíos desde una perspectiva del desarrollo sostenible, ha surgido el concepto de bioeconomía circular, el cual ha cobrado relevancia en los últimos años (Amato, 2023). Si bien no existe una única definición para este concepto, Kirchherr et al. (2017) la describen como un sistema económico que busca reemplazar el concepto de fin de vida de materiales en los procesos de producción, transformación, distribución y consumo por los conceptos de reciclaje, recuperación, reducción y reutilización. Asimismo, se utilizarán los términos "despojos" y "co-productos" para referirse a los residuos, mermas, subproductos y efluentes generados en los procesos productivos (Toldrá et al., 2016).

En el sistema agroalimentario mundial, y de Argentina en particular, el sector cárnico bovino es de gran importancia territorial. Además de ser un bien alimenticio básico, contribuye significativamente al PBI nacional y provincial, genera empleo, obtiene divisas por exportaciones y representa una fuente de arraigo en el interior del país (Perez et al., 2022). Dentro de este entramado productivo, el sector agroindustrial de primera transformación juega un papel clave, permitiendo el agregado de valor desde el ganado bovino en pie hasta la obtención de productos finales como la carne bovina o sus cortes. No obstante, este sector también enfrenta el desafío de afrontar sosteniblemente la generación de una gran cantidad de residuos peligrosos y mermas (Amicarelli et al., 2021).

La industria cárnica en Argentina se encuentra clasificada en la categoría III, considerada de alto impacto ambiental, lo que agrupa a las agroindustrias relacionadas con la matanza de animales, preparación y conservación de la carne, incluida la elaboración de subproductos comestibles de origen animal (MAGyP, 2022). Ante esta situación, es de vital importancia incorporar estrategias bio-circulares que permitan un mejor aprovechamiento de estos recursos y reduzcan el impacto ambiental.

Es interesante destacar que, paradójicamente, los despojos y co-productos pueden ser parte de nuevos modelos de negocios (Fundación Ellen MacArthur, 2021). Algunos subproductos tienen la cualidad de poder utilizarse como materia prima para la elaboración de otros productos. En el caso específico de la industria cárnica, existen fuentes de proteínas poco procesadas como alimentos, como los huesos de despostada, la sangre y sus derivados (Toldrá et al., 2016).

El objetivo del presente trabajo es realizar una revisión bibliográfica centrada en identificar mecanismos biocirculares aplicables a la agroindustria cárnica bovina, y analizar sus oportunidades y limitaciones. Para ello, se plantean los siguientes objetivos específicos: a) identificar estrategias bio-circulares para el sector agroindustrial cárnico bovino; b) clasificar y analizar la revisión de estrategias; c) identificar oportunidades y limitaciones para el sector. El desarrollo del trabajo se estructura comenzando por el marco conceptual de las estrategias bio-circulares, seguido por la metodología propuesta para alcanzar los objetivos. Luego, se presentan los resultados obtenidos, abordando las estrategias identificadas en la revisión y abordando oportunidades y limitaciones para el aprovechamiento. Finalmente, se presentan las conclusiones y reflexiones finales del estudio realizado.

2. ESTRATEGIAS BIO-CIRCULARES

Los mecanismos de economía circular más destacados se centran en aumentar la vida útil de los productos, residuos o subproductos, y en impulsar la circulación de materiales al final de su vida útil (Fundación Ellen MacArthur, 2021; Tam y Lamers, 2021). Estas estrategias son consideradas restauradoras y regenerativas, ya que buscan mantener los componentes, materiales y productos en su máxima utilidad y, al mismo tiempo, reducir gradualmente el consumo de recursos finitos (Ghisellini, 2016).

La economía circular (EC) y sus conceptos y herramientas están ganando cada vez más atención en sectores agrícolas, urbanos e industriales, impulsando modelos de negocios innovadores para optimizar el uso de recursos, procesos y políticas de desarrollo (Santagata et al., 2020). Cuando un sistema lineal adopta la perspectiva de la economía circular, se comienza a considerar la relación entre el uso y la disposición de los recursos (Varella Miranda et al., 2021), lo que aporta al desarrollo económico, productivo, tecnológico y social a lo largo de las cadenas productivas (Hernández y Céspedes, 2020; Van Hoof et al., 2022). Según Varella Miranda et al. (2021), la *circularización* de las empresas agroalimentarias resulta de factores tanto externos, como la regulación y las características del mercado y los consumidores, como internos, incluyendo las capacidades de gestión de la innovación, las políticas de recursos humanos y los contratos con consultores externos.

En el marco de la bioeconomía, surge el concepto de la bioeconomía circular, una nueva perspectiva de desarrollo económico que combina los principios de la economía circular con la utilización sostenible de los recursos biológicos (Hadley Kershaw et al., 2021; Amato, 2023). La bioeconomía circular puede incorporar actividades económicas relacionadas con la invención, desarrollo, producción y uso de productos y procesos biológicos para energía, materiales y productos químicos (Biofuture Platform (2018); Stegmann et al., 2020). La idea central es aprovechar de manera eficiente y sostenible los recursos biológicos para generar valor económico y minimizar los impactos ambientales (Tan y Lamers, 2021). Stegmann et al. (2020) presentan diferentes perspectivas de la bioeconomía circular, considerándola como: a) una parte de la economía circular; b) la intersección entre la economía circular y la bioeconomía; y c) más que una simple combinación de economía circular y bioeconomía.

Este enfoque promueve el uso de procesos y tecnologías que permitan cerrar los ciclos de los materiales biológicos, es decir, recuperar, reutilizar, reciclar o compostar los productos y subproductos biológicos en lugar de desecharlos (Amato, 2023). De esta manera, se fomenta la creación de cadenas de valor circulares en las que los residuos de un proceso se convierten en materias primas o recursos para otros.

Las estrategias bio-circulares tienen como objetivo lograr un desarrollo económico sostenible mientras se protege el medio ambiente y se conservan los recursos naturales (Tam y Lamers, 2021). La combinación de los principios de la economía circular con el enfoque sostenible de la bioeconomía ofrece oportunidades significativas para transformar las prácticas empresariales y promover la conservación de los recursos en los diferentes sectores económicos (Stegman et al., 2020). Al adoptar este enfoque, las empresas pueden contribuir de manera más significativa a la mitigación de impactos ambientales negativos y a la creación de modelos de negocio innovadores y sostenibles.

3. METODOLOGÍA

La metodología de investigación adoptada para este estudio es de tipo mixta, empleando tanto herramientas de investigación cualitativa como cuantitativa. Inicialmente, se llevó a cabo una revisión

sistemática de la bibliografía utilizando tres plataformas de bases de datos reconocidas: *Google Scholar*, *Scopus* y *Science Direct*. La búsqueda se centró en artículos de revistas científicas en español e inglés que abordaron los temas de aprovechamiento y valorización de residuos, estrategias circulares, industria cárnica, desperdicios, mermas y subproductos. El horizonte temporal se estableció desde el año 2000 hasta la actualidad.

Se estructuraron cuatro ecuaciones de búsqueda, donde se emplearon operadores lógicos o booleanos como AND y OR, así como comillas para recuperar frases o palabras compuestas. Las ecuaciones de búsqueda las utilizadas fueron las siguientes:

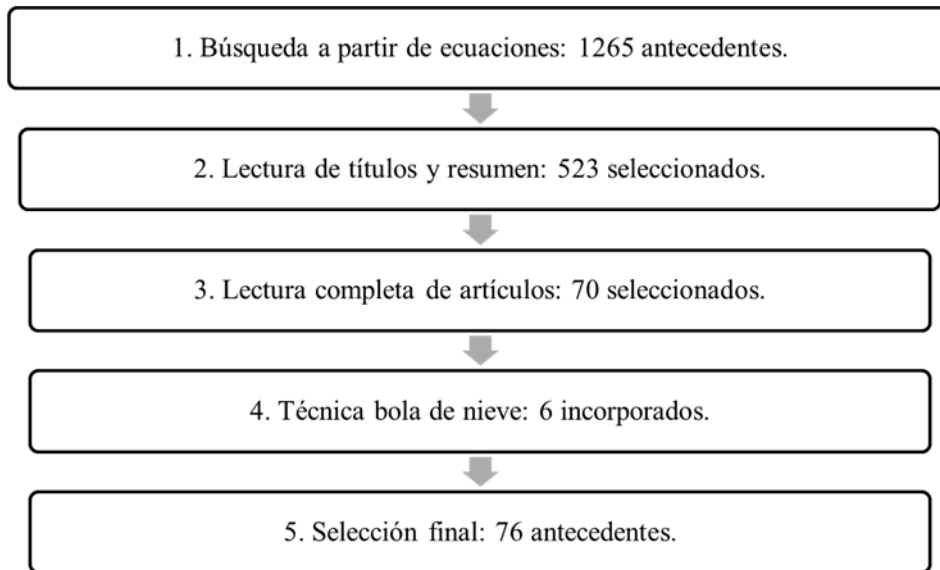
1. (("estrategias circulares") AND ("industria cárnica bovina") OR ("agroindustria cárnica bovina")).
2. (("industria cárnica bovina") AND ("aprovechamiento de desperdicios") OR ("valorización de residuos")).
3. (("valorización de desperdicios") AND ("industria cárnica bovina") AND ("economía circular")).
4. (("Industria cárnica") AND ("mermas") AND ("subproductos") AND ("efluentes") AND ("valorización") OR ("aprovechamiento")).

El proceso de búsqueda resultó en un total de 1265 artículos, tras eliminar publicaciones duplicadas y aquellas que no se ajustaban a los criterios establecidos, se identificaron 523 artículos relevantes. Luego, se realizó una revisión detallada de los títulos y resúmenes de estos artículos, y tras una selección manual se obtuvo una muestra de 70 artículos para un análisis más profundo.

Posteriormente, se procedió a una lectura completa de estos artículos seleccionados, identificando aquellos que contribuyen en su totalidad al objetivo del trabajo. Asimismo, se aplicó la metodología de bola de nieve, lo que permitió identificar autores citados en estos artículos y que eran relevantes para la temática en estudio. Gracias a este proceso, se incorporaron 6 artículos adicionales para un análisis exhaustivo.

Finalmente, se obtuvo un total de 76 publicaciones que sirvieron como base para la revisión bibliográfica realizada en este trabajo. En la figura 1 se presenta el procedimiento de selección de artículos. La metodología mixta adoptada permitió recopilar información significativa tanto en términos cualitativos como cuantitativos, enriqueciendo el análisis y la comprensión de las estrategias bio-circulares aplicables en la agroindustria cárnica. Para esto se desarrolló un análisis descriptivo considerando el año de la publicación, país de origen del autor, tipo de despojo y co-producto aprovechado y el tipo de estrategia general.

Figura 1: Metodología de revisión bibliográfica.



Fuente: Elaboración propia.

4. RESULTADOS

4.1 ESTRATEGIAS BIO-CIRCULARES

En base a la revisión de la literatura se subdividieron los resultados de estrategias bio-circulares en base los residuos, desechos y subproductos obtenidos de la industria frigorífica cárnica bovina. Para esto se estructura en siete despojos y co-productos obtenidos del complejo productivo.

La sangre de bovinos de carne es una fuente valiosa de proteínas, hierro y aminoácidos, aproximadamente constituyendo alrededor del 4% de su peso corporal (Wan et al., 2002). Sin embargo, su uso en la industria de procesamiento de productos cárnicos ha sido limitado debido a su color oscuro y sabor característico, lo que ha llevado a separarla en dos fracciones durante el faenamiento: plasma (60-80%) y células rojas (20-40%) (Tarté, 2009).

En diversos países de Europa y Asia, la sangre ha encontrado aplicaciones diversas, siendo utilizada como complemento en la elaboración de pan, galletas y embutidos, tanto en estado líquido como sólido (Ghost, 2001; Bhaskar et al., 2007; Tarté, 2009; Hsieh y Ofori, 2011). Se ha empleado como emulsionante, aditivo, estabilizador, nutriente, clarificador, sustituto de la leche y suplemento proteico en productos alimenticios (Silva y Silvestre, 2003). Gracias a su contenido en minerales, también es apropiada para la elaboración de harina de sangre destinada a la alimentación animal (Marti y Johnson, 2012).

El plasma sanguíneo, por otro lado, ha encontrado aplicaciones en la elaboración de jamón cocido y en la mejora del color de embutidos (Márquez et al., 2006). Además, puede utilizarse como estabilizante de color, siempre que esté congelado y en una concentración adecuada. También ha sido empleado como sustituto de huevos en la elaboración de productos, debido a su propiedad espumante (Ghost, 2001;

Hernandez Montenegro y Mendoza Pineda, 2009). Algunos componentes de la sangre, como la fibrinolisina, la kalekrenina y las inmunoglobulinas, son aislados para usos químicos en alimentos y medicina (Young y Lawrie, 2007).

La sangre también puede separarse en diversas fracciones con propiedades terapéuticas, utilizadas como nutrientes para medios de cultivo de tejidos y en aplicaciones microbiológicas (Kurbanoglu, 2004). La albúmina bovina purificada se utiliza para reponer sangre o líquidos en animales, así como en pruebas de factor Rh en seres humanos y como estabilizador de vacunas. También ha encontrado uso en pruebas de sensibilidad a antibióticos (Young y Lawrie, 2007).

Cabe destacar que la sangre ha sido empleada en la elaboración de adhesivos, termoplásticos y coagulantes industriales, lo que muestra su potencial en diversos campos de aplicación (Bier et al., 2012; Piazza et al., 2012; Bier et al., 2013; Mekonnen et al., 2016; Li et al., 2018; Adhikari et al., 2018). Estas aplicaciones en diferentes industrias resaltan la importancia de explorar y desarrollar estrategias de aprovechamiento y valorización de la sangre en la industria cárnica, contribuyendo así a promover prácticas más sostenibles y circulares en el manejo de subproductos de este sector.

Los subproductos generados por la faena y desposte de los animales en la industria cárnica presentan un potencial considerable para ser aprovechados como insumos en la elaboración de productos alimenticios y farmacéuticos. Haciendo referencia a todas aquellas **menudencias y tejidos** bovinos.

El páncreas, tras someterse a procesos químicos y físicos, se emplea en la industria farmacéutica con fines terapéuticos, ya que contiene sustancias beneficiosas para regular el metabolismo y tratar la diabetes, así como para mejorar la cicatrización después de cirugías o lesiones (Jayathilakan et al., 2012).

Los intestinos son valiosos para la fabricación de suturas quirúrgicas y también se utilizan para producir heparina, que es un importante anticoagulante empleado en la medicina (Shirsath y Henchion, 2021).

El hígado, por su parte, es una fuente de extracto de hígado, rico en vitamina B12 y utilizado tanto en la industria farmacéutica como en suplementos nutricionales para tratar diferentes tipos de anemia (Devatkal et al., 2004). Además, el hígado se utiliza como anticoagulante y en la elaboración de harina de carne, alimentos para animales y fertilizantes (Galanakis, 2019).

La bilis del ganado bovino se procesa para obtener extractos secos o líquidos que son empleados en medicina, especialmente para el tratamiento de problemas digestivos y del tracto biliar. Los cálculos biliares, por otro lado, tienen propiedades afrodisíacas y son utilizados en la elaboración de adornos como collares y colgantes.

Las glándulas pineales son una fuente de la hormona melatonina, la cual está siendo evaluada para su uso en el tratamiento de trastornos del sueño, retraso mental y esquizofrenia (Devatkal et al., 2004; Jayathilakan et al., 2012).

Estas aplicaciones muestran cómo la industria cárnica tiene la oportunidad de aprovechar diversos subproductos en el desarrollo de productos alimenticios y farmacéuticos, contribuyendo así a una mayor sostenibilidad y uso responsable de los recursos en la cadena productiva.

Por otro lado, los **huesos y las pezuñas** bovinas son valiosos subproductos que se utilizan para la elaboración de diversos productos, contribuyendo así al aprovechamiento sostenible en la industria cárnica.

La harina de huesos es un producto importante obtenido a partir de los huesos bovinos y se utiliza como insumo en alimentos balanceados para animales (Jayathilakan et al., 2012). Además, se extrae colágeno de estos elementos, el cual se emplea para estimular la coagulación de la sangre en humanos y animales.

Por otro lado, se produce la elaboración de gelatinas a partir de huesos y pezuñas con el objetivo de espesar, gelificar y estabilizar alimentos (Fajardo Acuña, 2009). La gelatina también es utilizada como agente aglutinante y compuesto en la fabricación de tabletas y pastillas medicinales (Jayathilakan et al., 2012). Mediante tratamientos físicos y químicos, las pezuñas se transforman en colágeno y queratina, los cuales tienen aplicaciones en la industria farmacéutica y alimentaria (Sanchez Perez, 2016).

Además, la transformación de pezuñas junto con cueros se aprovecha para la elaboración de harinas, utilizadas en fertilizantes para cultivos (Eulloque Guerrero, 2013).

El colágeno, la gelatina y la glicerina extraídos de estos subproductos pueden encontrar múltiples usos en diversas industrias, como adhesivos, barnices, pinturas, anticongelantes, surfactantes, abrillantadores y limpiadores (Pearl, 2004). También se obtienen polihidroalcanoatos biodegradables que pueden servir como sustituto del petróleo en la producción de plásticos (Titz et al., 2012; Ryder et al., 2015).

Estas aplicaciones demuestran cómo la industria cárnica puede generar productos de alto valor añadido a partir de subproductos que, de otro modo, podrían ser desechados, contribuyendo así a una gestión más sostenible y responsable de los recursos.

El procesamiento de **grasa** a través de la hidrólisis abre diversas posibilidades para su aprovechamiento en diferentes industrias, contribuyendo así a una gestión más sostenible de los recursos.

Uno de los productos resultantes de la hidrólisis de la grasa es la producción de enzimas, las cuales pueden utilizarse en la generación de energía (Mora et al., 2014; Toldrá et al., 2016). Asimismo, las enzimas tienen aplicaciones en la industria cosmética para la elaboración de jabones, lociones, cremas y productos de baño.

Por otro lado, las grasas están compuestas por ácidos grasos que encuentran diversas aplicaciones en diferentes sectores industriales. Los ácidos grasos son utilizados para la polimerización de caucho y plástico, lo que contribuye a la fabricación de una amplia gama de productos, como suavizantes, lubricantes y plastificantes (Ockerman y Basu, 2006).

Además, la grasa procesada se convierte en un insumo esencial para la fabricación de biodiesel, un combustible alternativo y renovable que cumple con los estándares internacionales y reduce las emisiones de SO₂ y CO₂ (Arévalo et al., 2008).

Estos usos múltiples y diversos de la grasa derivada de la industria cárnica demuestran cómo los subproductos pueden ser transformados en productos valiosos, contribuyendo así a una economía más circular y sostenible. El aprovechamiento responsable de estos subproductos puede reducir la dependencia de recursos no renovables y minimizar el impacto ambiental, convirtiendo la gestión de los residuos en una oportunidad para la generación de valor añadido en diversas industrias.

El **cuero** es un subproducto valioso de la industria cárnica que puede someterse a distintos procesos para obtener diversos productos. Al ser curado y procesado químicamente, se obtienen artículos como bolsos, zapatos, equipamiento deportivo, cosméticos, cuero crudo, tripas de embutidos, pegamento y gelatina comestible (Benjakul et al., 2009; Ockerman y Basu, 2006). Estos productos tienen una amplia variedad de aplicaciones en diferentes industrias, lo que demuestra la versatilidad y valor de este material.

Además, el cuero deshidratado es utilizado en la industria de la curtiembre para obtener colágeno, un componente valioso que tiene múltiples usos en diferentes sectores. Olle et al. (2013) explican que el cuero deshidratado es empleado para la obtención de colágeno, utilizado en la industria de la curtiembre.

Por otro lado, los despojos y co-productos también pueden ser utilizados para la producción de energía a través de diferentes procesos. Bujak (2015) destaca que la incineración es una opción que permite obtener energía a partir de estos materiales. Asimismo, la digestión anaerobia es una técnica que genera biogás y biocombustibles a partir de los despojos (Jayathilakan et al., 2012; Salminen y Rintala, 2002; Bustillo-Lecompte y Mehrvar, 2017; Toldrá et al., 2016).

Además, estos subproductos pueden ser utilizados para la producción de compost, ecofosfato y aditivos del suelo, lo que contribuye a la mejora de la fertilidad de los suelos agrícolas y a la gestión más eficiente de los residuos. Bujak (2015) menciona que el compost puede ser obtenido a partir de la conjunción de despojos y co-productos, y Mirabella et al. (2014) indican que estos subproductos pueden ser utilizados como aditivos del suelo para mejorar su calidad.

Es importante destacar que gran parte de las investigaciones e innovaciones en el aprovechamiento de estos coproductos y despojos se enfocan en la industria no alimentaria. Esto se debe, en parte, a las preocupaciones por la salud humana relacionadas con posibles enfermedades derivadas de un incorrecto manejo, almacenamiento o procesamiento de estos materiales. Por lo tanto, es fundamental implementar prácticas adecuadas de gestión y aprovechamiento de los subproductos de la industria cárnica para asegurar su valorización y contribuir a la sostenibilidad y eficiencia de todo el proceso productivo.

El **estiércol** bovino ofrece diversas oportunidades de aprovechamiento que contribuyen tanto a la producción de energía renovable como al enriquecimiento de la alimentación animal y la mejora de la fertilidad del suelo.

Una de las principales aplicaciones del estiércol bovino es la generación de biogás a través de la fermentación anaeróbica (Bustillo-Lecompte y Mehrvar, 2017). El biogás es una fuente de energía renovable que puede utilizarse para sustituir combustibles fósiles, contribuyendo así a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y a la transición hacia una matriz energética más sostenible.

Además, se ha estudiado el potencial del estiércol como alimento para bovinos a través de la fermentación anaeróbica y el ensilado (Gavilán y Vienebra, 2014). Se han identificado diversas opciones para incorporar alimentos a base de estiércol en la dieta de los bovinos, ya sea de forma directa o indirecta, lo que puede ser beneficioso para mejorar la nutrición del ganado y reducir los costos de alimentación.

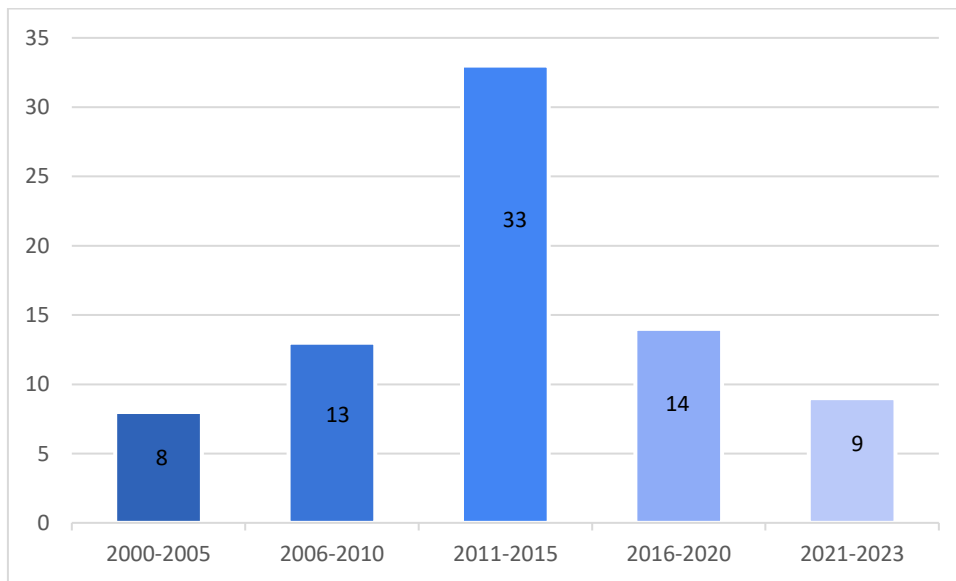
Otro uso destacable del estiércol bovino es su utilización en la producción de fertilizantes y sustratos (Bujak, 2015; Mirabella et al., 2014; Salminen y Rintala, 2002). Estos productos pueden contribuir a mejorar la fertilidad del suelo y promover un manejo agrícola más sostenible. Asimismo, el estiércol puede ser utilizado como sustrato para la producción de humus, que es una fuente valiosa de nutrientes para las plantas (Cajas Sanchez, 2009).

El estiércol bovino ofrece diversas oportunidades para su aprovechamiento en la producción de biogás, la mejora de la alimentación animal y el enriquecimiento del suelo con fertilizantes y sustratos. Estas prácticas no solo contribuyen a una gestión más sostenible de los residuos de la industria cárnica, sino que también tienen un impacto positivo en la generación de energía renovable, la eficiencia de la producción ganadera y la agricultura sustentable.

El aprovechamiento del **contenido ruminal** ha sido objeto de investigaciones que han explorado diversas estrategias. Entre ellas, el ensilaje, propuesto por Benavides Arteaga (2011), ha demostrado ser una opción viable para la conservación y posterior utilización de este recurso. Además, se ha investigado su potencial en la formulación de alimentos balanceados (Benavides Arteaga, 2011; Cendales Ladino, 2011; Rios y Ramirez, 2012; y Sanchez Martinez, 2016). Asimismo, se ha destacado su utilidad como abono orgánico, contribuyendo a la fertilización de suelos de manera sostenible, tal como lo planteó Benavides Arteaga (2011). Otra estrategia promisoría es la producción de vermicompost que demuestra el potencial de transformar el contenido ruminal en un valioso fertilizante orgánico (Eulloque Guerrero, 2013). Por último, el aprovechamiento para la generación de biogás, propuesto, abre una perspectiva adicional en la valorización de este recurso, ofreciendo una fuente de energía renovable a partir de un subproducto ganadero (Cendales Ladino, 2011). Estos antecedentes reflejan un amplio espectro de posibilidades para el aprovechamiento del contenido ruminal, subrayando su relevancia en la búsqueda de estrategias biocirculares en el sector ganadero.

En cuanto a la evolución sobre las publicaciones relevadas, se ha observado un notable incremento en la producción de publicaciones relacionadas con los antecedentes de estrategias biocirculares (figura 2). Entre los años 2000 y 2005, se registraron ocho trabajos que abordaban este tema, reflejando un incipiente interés en la aplicación de enfoques biocirculares. Sin embargo, el periodo de 2006 a 2010 marcó un importante crecimiento, con un total de trece publicaciones, indicando un aumento sustancial en la investigación y desarrollo de estrategias sostenibles. Esta tendencia ascendente continuó en la siguiente década, de 2011 a 2015, donde se contabilizaron un notable total de 33 trabajos dedicados a los antecedentes de las estrategias biocirculares (el mayor periodo). A medida que avanzamos en el tiempo, el periodo de 2016 a 2020 mantuvo un enfoque constante en este ámbito, con un total de catorce publicaciones. Los años más recientes, de 2021 a 2023, muestran una consolidación de este campo, con ocho publicaciones que demuestran un interés continuo y un compromiso con la evolución de las estrategias biocirculares. Este crecimiento en la producción de investigaciones refleja un claro avance hacia prácticas más sostenibles y la promoción de modelos económicos y ambientales más equitativos y eficientes.

Figura 2: Evolución anual de publicaciones.

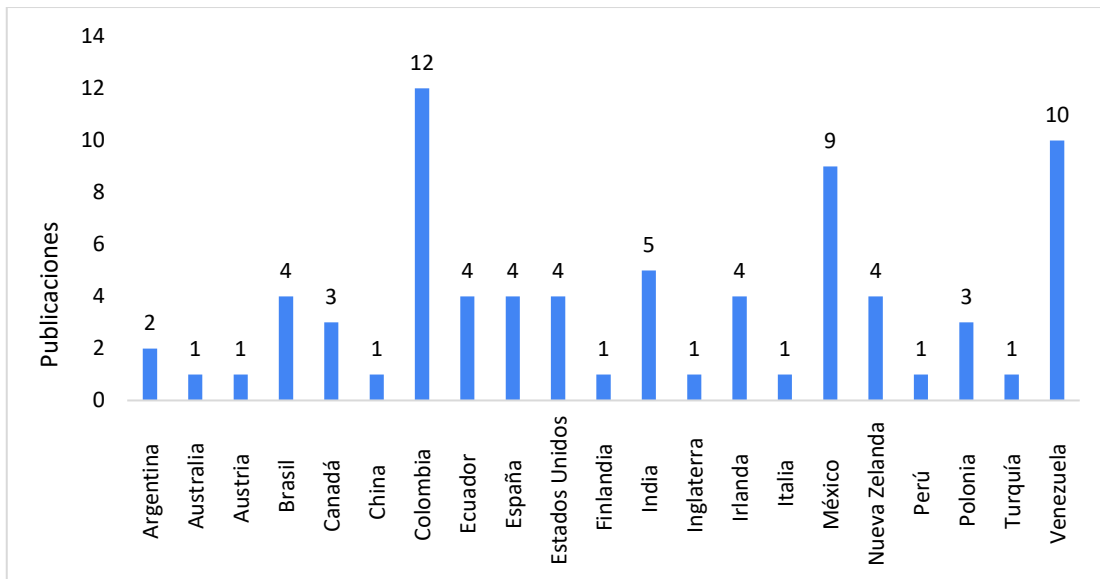


Fuente: Elaboración propia.

El total de países relevados con antecedentes de publicaciones de estrategias biocirculares presenta una distribución global diversa, con un 21 países relevados (figura 3). Colombia se destaca como el país líder en este campo, con un total de doce trabajos dedicados a estas estrategias. Venezuela y México también muestran un compromiso significativo, con diez y nueve publicaciones respectivamente. Los Estados Unidos, Brasil e India siguen de cerca, cada uno contribuyendo con cuatro investigaciones. Países

como Canadá, Ecuador, España, Irlanda y Nueva Zelanda muestran una participación entre tres y cuatro publicaciones cada uno, resaltando la relevancia global de las estrategias biocirculares en la industria ganadera. Además, naciones como Argentina, Australia, Austria, China, Finlandia, Inglaterra, Italia, Perú, Polonia y Turquía también están contribuyendo al avance de este campo con al menos una publicación cada una. Este panorama demuestra un interés y esfuerzo mundial en la búsqueda de soluciones sostenibles para el complejo ganadero bovino.

Figura 3: Publicaciones por país.

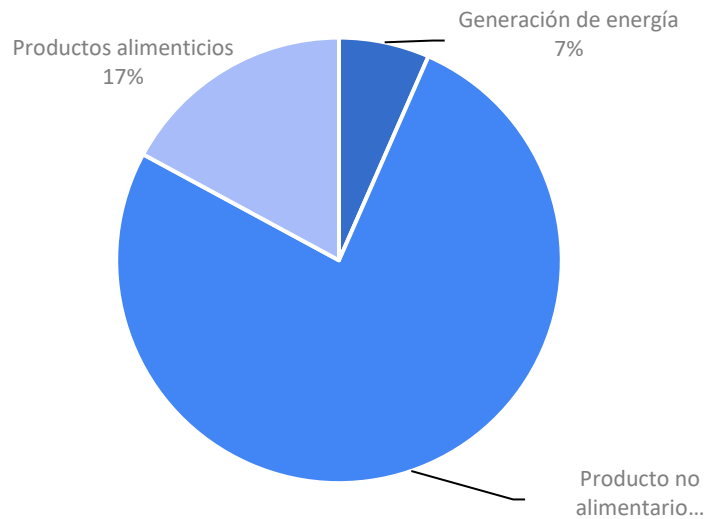


Fuente: Elaboración propia.

La distribución de trabajos por tipo de estrategia biocircular en el entramado ganadero bovino refleja una notable diversidad de enfoques (figura 4). La generación de energía emerge como un área de interés destacada, con un total de cinco publicaciones, subrayando la importancia de la sostenibilidad energética. Por otro lado, el desarrollo de productos no alimentarios se erige como el tema más abordado, con un total de cincuenta y ocho estudios dedicados a la creación de alternativas y subproductos valiosos a partir de los recursos ganaderos. Asimismo, la producción de alimentos a través de estrategias biocirculares también representa un área significativa, con trece investigaciones que exploran formas innovadoras y sostenibles de obtener productos alimenticios a partir del complejo ganadero bovino. La distribución de las estrategias por tipo de despojo y/o co-productos (figura 5), el aprovechamiento de la sangre se presenta como el más estudiado, con un total de treinta y cuatro investigaciones, indicando un interés significativo en la optimización de este recurso. Le siguen en importancia las menudencias y tejidos, con nueve trabajos que exploran formas innovadoras de utilizar estos componentes. Tanto el contenido ruminal como los huesos y pezuñas muestran un interés equitativo, con ocho investigaciones cada uno. Por otro lado, el estiércol también juega un papel relevante con once estudios dedicados a su aprovechamiento. La grasa y el cuero,

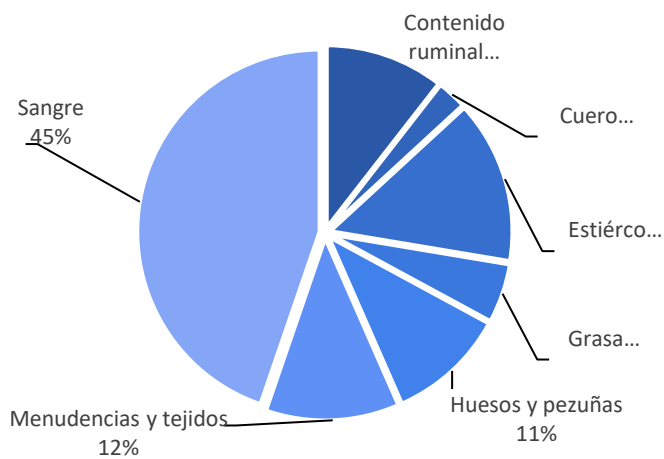
se presentan con menor cantidad de investigaciones y con un interés emergente en su valorización con cuatro y dos trabajos respectivamente. Esta distribución detallada refleja la amplitud de recursos disponibles de residuos y co-productos en el entramado ganadero bovino y el interés en encontrar formas innovadoras y sostenibles de aprovecharlos.

Figura 4: Distribución de estrategias biocirculares según clasificación.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5: Distribución de estrategias circulares según despojo y coproducto.



Fuente: Elaboración propia.

4.2. OPORTUNIDADES Y DESAFÍOS

El faenamiento vacuno descarta hasta el 50% del peso del animal en huesos, sangre, piel, menudencias entre otros (INTI, 2016). Por ejemplo, si nuestro país procesa por completo el desecho de sangre bovina de la industria cárnica, podría generar 30 mil toneladas de proteínas (que equivalen a las proteínas que brindan 170 mil toneladas de carne). Similar situación sucede con los huesos de desposte, que, aun conteniendo distintos minerales, y un 90% de proteína de colágeno, gran parte de este material es descartado. También con la producción del cuero, que por cada tonelada de piel vacuna genera 630 kilos de residuos sólidos (INTI, 2016).

La agroindustria cárnica bovina enfrenta diversas oportunidades y desafíos relacionados con el manejo y aprovechamiento de desechos, mermas y subproductos generados durante el proceso de faena (Borges et al., 2021). El análisis cuantitativo de los subproductos obtenidos revela la magnitud de estos recursos y destaca la importancia de una gestión eficiente y sostenible para maximizar su valor económico y ambiental. A continuación, se exponen las principales oportunidades para la cadena bovina de carne se relacionan con:

1. **Bioeconomía circular:** La implementación de un enfoque de bioeconomía circular podría convertir los desechos y subproductos en valiosos insumos para otras industrias, como la farmacéutica, alimentaria y energética. La valorización de estos recursos permitiría reducir la dependencia de materias primas no renovables y fomentar la economía circular en la provincia.

2. **Diversificación de productos:** La amplia variedad de subproductos generados, como grasa, tejido, huesos y vísceras, brinda oportunidades para diversificar la oferta de productos y desarrollar nuevos mercados, como la producción de cosméticos, medicamentos, fertilizantes y bioplásticos, entre otros.

3. **Generación de energía renovable:** El aprovechamiento de efluentes y estiércol para la producción de biogás y energía eléctrica representa una oportunidad para mitigar la huella ambiental de la industria y contribuir al desarrollo de fuentes de energía renovable en la región.

4. **Sostenibilidad ambiental:** La adecuada gestión de desechos y subproductos puede reducir la contaminación ambiental, disminuir la emisión de gases de efecto invernadero y proteger los recursos naturales, contribuyendo así a la sostenibilidad ambiental de la cadena bovina de carne.

5. **Nuevos modelos de negocio:** La valorización de subproductos podría abrir nuevas oportunidades de negocio y colaboración entre diferentes actores de la cadena, fomentando la creación de sinergias y cadenas de valor más integradas y sostenibles.

Los principales desafíos para la agroindustria cárnica bovina son:

1. **Inversión y tecnología:** La implementación de mecanismos circulares requiere de inversiones significativas en tecnología y equipamiento adecuado para el tratamiento y aprovechamiento de los subproductos. Estos desafíos económicos podrían requerir incentivos y políticas de apoyo por parte del gobierno.

2. **Regulación y normativas:** Es necesario contar con un marco regulatorio que promueva y regule el aprovechamiento responsable de los subproductos, garantizando la calidad y seguridad de los nuevos productos generados y asegurando el cumplimiento de estándares ambientales.

3. **Concientización y educación:** La concientización sobre la importancia del manejo adecuado de desechos y subproductos, así como la educación sobre las oportunidades de la economía circular, son fundamentales para promover una cultura de sostenibilidad en toda la cadena bovina de carne.

4. **Mercado formal para subproductos:** La creación de un mercado formal y estructurado para los subproductos podría impulsar su valorización y fomentar su comercialización, incentivando así a los actores de la cadena a adoptar prácticas más sostenibles.

5. **Colaboración, coordinación y gobernanza entre actores:** La colaboración y coordinación entre los diferentes actores de la cadena, desde los productores hasta los procesadores y los comercializadores, son esenciales para maximizar el aprovechamiento de los subproductos y desarrollar soluciones integradas y efectivas.

Es evidente que la industria cárnica genera una amplia gama de residuos, subproductos y mermas, y a través de una gestión adecuada y estrategias de aprovechamiento, estos pueden convertirse en recursos valiosos para diversas industrias. El enfoque hacia la bioeconomía circular y la valorización de estos materiales no solo contribuye a reducir los impactos ambientales, sino que también abre oportunidades para la creación de nuevos modelos de negocios y sinergias entre distintas cadenas productivas. Además, es importante destacar que la utilización responsable de estos recursos puede contribuir a mejorar la eficiencia y sostenibilidad de la industria cárnica y de otras industrias relacionadas.

La agroindustria cárnica bovina enfrenta una serie de oportunidades y desafíos relacionados con el aprovechamiento de desechos, mermas y subproductos. La implementación de mecanismos circulares y una visión de bioeconomía circular pueden ser clave para aprovechar plenamente estos recursos y avanzar hacia una cadena más sostenible, rentable y ambientalmente responsable. Sin embargo, para lograrlo, es necesario el compromiso y la colaboración de todos los actores involucrados, así como un marco regulatorio adecuado y políticas de apoyo por parte del gobierno.

5. CONCLUSIONES

La bioeconomía circular debe verse como un concepto emergente que apunta a abordar el debate sobre la contribución definitiva de la economía circular y la bioeconomía para resolver los desafíos de la sostenibilidad. El entramado de carne bovina despliega, en su proceso productivo-comercial habitual, una amplia producción de subproductos y despojos, los cuales, mediante una gestión adecuada, pueden ofrecer valiosas oportunidades para una economía circular sostenible. En este estudio, se llevó a cabo una revisión integral de la literatura científica relacionada con el aprovechamiento de los subproductos de la

industria cárnica bovina, considerando su potencial para la generación de alimentos, productos farmacéuticos, energías renovables y la sustitución de plásticos. La investigación se enmarca en la perspectiva de la bioeconomía circular, que busca optimizar la utilización de los recursos y promover la sostenibilidad ambiental.

La cadena de carne bovina en La Pampa, Argentina, presenta un panorama desafiante y lleno de oportunidades para avanzar hacia una producción más sostenible y circular. A lo largo de este estudio, se ha analizado exhaustivamente el procesamiento y aprovechamiento de desechos, mermas y subproductos generados por la industria cárnica, identificando una amplia gama de posibilidades para su valorización en distintos sectores.

Como cierre, a modo de reflexiones finales, se destacan los aspectos clave que pueden guiar el camino hacia una cadena de carne bovina más eficiente y ambientalmente responsable:

1. Economía Circular para la valorización de subproductos: La adopción de principios de economía circular en la cadena de carne bovina de La Pampa ofrece una oportunidad única para optimizar la utilización de los recursos y minimizar el impacto ambiental. El aprovechamiento de desechos y subproductos en la producción de alimentos, productos farmacéuticos, energías renovables y materiales biodegradables puede contribuir significativamente a la sostenibilidad de la industria y al desarrollo de nuevos modelos de negocio.

2. Diversificación y agregado de valor en origen: La amplia variedad de subproductos generados durante el proceso de faena ofrece oportunidades para diversificar la oferta de productos y agregar valor a la producción de carne bovina. La transformación de subproductos en insumos para otras industrias, como la farmacéutica, cosmética y de alimentos, abre nuevos mercados y promueve la generación de productos innovadores y de alto valor agregado.

3. Desafíos tecnológicos y regulatorios: La implementación exitosa de mecanismos circulares y el aprovechamiento de subproductos requieren inversiones en tecnología adecuada y cumplimiento de normativas regulatorias. El desarrollo de un marco normativo que promueva y regule la valorización de subproductos es esencial para garantizar la calidad y seguridad de los nuevos productos generados.

4. Colaboración, sinergias y conciencia del sector: La colaboración entre los distintos actores de la cadena, desde los productores hasta los procesadores y comercializadores, es fundamental para maximizar el aprovechamiento de subproductos y fomentar prácticas sostenibles en toda la industria. Asimismo, es crucial promover la conciencia sobre la importancia de la gestión adecuada de desechos y subproductos, así como la adopción de enfoques circulares en toda la cadena.

5. Beneficios ambientales y económicos: La valorización de desechos y subproductos no solo contribuye a la sostenibilidad ambiental, reduciendo la contaminación y las emisiones de gases de efecto invernadero,

sino que también puede generar beneficios económicos significativos para los actores de la cadena y la región en su conjunto.

6. Nuevos modelos de negocio y sinergias: La integración de mecanismos circulares puede generar nuevas oportunidades de negocio y sinergias entre distintas industrias y cadenas de valor. El desarrollo de productos derivados de subproductos puede impulsar la creación de nuevos mercados y la colaboración entre diferentes sectores, fomentando la economía circular a nivel regional y nacional.

El aprovechamiento de desechos, mermas y subproductos en la agroindustria cárnica bovina representa una oportunidad única para avanzar hacia un sistema de producción más sostenible, eficiente y rentable. La adopción de enfoques de bioeconomía circular, la inversión en tecnología y el fortalecimiento de la colaboración entre actores clave son elementos fundamentales para materializar estas oportunidades y enfrentar los desafíos presentes. El camino hacia una cadena de carne bovina sostenible y circular en La Pampa requiere de un compromiso conjunto de la industria, el gobierno y la sociedad en su conjunto, pero sus beneficios a largo plazo serán clave para asegurar un futuro más sostenible y resiliente para la agroindustria cárnica bovina en la región.

Se identificaron diversas estrategias de aprovechamiento de subproductos, incluyendo el procesamiento del cuero para obtener productos de alto valor como bolsos, zapatos, cosméticos y gelatina comestible. Además, se destacó la obtención de colágeno a partir del cuero deshidratado, el cual tiene múltiples aplicaciones en la industria de la curtiembre y farmacéutica.

Asimismo, los despojos y co-productos de la industria cárnica bovina fueron considerados como valiosos recursos para la generación de energía renovable, como el biogás y biocombustibles mediante la digestión anaerobia. También se mencionaron oportunidades en la producción de compost y ecofosfato a partir de estos subproductos, beneficiando la fertilidad del suelo y promoviendo una gestión responsable de los residuos.

Además de su importancia para la economía circular, el aprovechamiento adecuado de estos subproductos puede abordar desafíos ambientales asociados a la industria cárnica bovina, como la reducción de emisiones y la protección de la biodiversidad. No obstante, la implementación de mecanismos circulares también presenta desafíos, como la necesidad de un marco regulatorio adecuado, la identificación de mercados formales y la superación de altos costos iniciales de inversión y logística.

Es fundamental considerar que la implementación exitosa de mecanismos circulares puede generar cambios en la cadena productiva, impactando la demanda y la distribución de los productos generados a partir de los subproductos. Asimismo, se destacó la importancia de analizar económicamente y evaluar el ciclo de vida de cada mecanismo circular para determinar su viabilidad y beneficios a lo largo de la cadena cárnica bovina.

En cuanto a futuras investigaciones, se recomienda realizar análisis más precisos y actualizados de la cuantificación de los residuos generados por la industria cárnica bovina a través de encuestas a las empresas del sector. También se sugiere explorar nuevos despojos y co-productos que puedan ser aprovechados a lo largo de la cadena cárnica bovina de Argentina. En este contexto, la bioeconomía circular emerge como un paradigma prometedor para optimizar la utilización de los recursos y promover un desarrollo sostenible en la industria cárnica bovina y otros sectores relacionados. El aprovechamiento sostenible de los subproductos de esta industria puede ofrecer nuevas oportunidades económicas, sociales y ambientales, contribuyendo así a una economía más circular y resiliente en el contexto global.

6. ANEXO

En la tabla 1 se identifican un resumen de las estrategias biocirculares en base al residuo, subproducto y merma de la industria cárnica con el objetivo de identificar estrategias para su aprovechamiento. Dichas estrategias forman parte de otras cadenas productivas generando sinergias y nuevos modelos de negocios.

Tabla 1: resumen mecanismos de circularidad desechos agroindustria cárnica bovina.

DESPOJOS Y CO-PRODUCTOS	MECANISMO
SANGRE	<ul style="list-style-type: none"> • Pan, galletas y embutidos (Ghost, 2001; Benitez et al., 2002; Yousif et al., 2003; Márquez et al., 2006; Benitez et al., 2008; Tarté, 2009; Hernandez Montenegro y Mendoza Pineda, 2009; Hsieh y Ofori, 2011; Jayathilakan et al., 2012; Balcazar, 2023). • Harina de sangre transformada (Lescano Vera, 2008; Marti y Johnson, 2012; Piazza et al., 2012; Mekonnen et al., 2016; Li et al., 2018). • Alimentos balanceados (Villeda Lanuza, 2011; Arellano et al., 2014; Balcazar, 2023; Loureiro et al., 2017). • Emulsionante, aditivo, estabilizador, nutriente, clarificador, sustituto de la leche y suplemento proteico en productos alimenticios (Silva y Silvestre, 2003; Márquez et al., 2006; Márquez et al., 2008; Yu et al., 2010; Bier et al., 2012; Benítez et al., 2013; Barragán Arango, 2013). • Uso microbiano (Kurbanoglu, 2004). • Químicos y medicos (Young y Lawrie, 2007; Benitez et al., 2013; Lafarga y Hayes, 2017; Anzani et al., 2020), • Adhesivos y plásticos (Bier et al., 2012; Piazza et al., 2012; Bier et al., 2013; Benitez et al., 2013; Mekonnen et al., 2016; Li et al., 2018; Adhikari et al., 2018). • Cosméticos (Benítez et al., 2013). • Sueroalbumina bovino (Borges et al., 2021).
MENUDENCIAS y TEJIDOS	<ul style="list-style-type: none"> • Harina de carne como insumo de alimento balanceado (Rafaelli et al, 2006; Shirsath y Henchion, 2021).

	<ul style="list-style-type: none"> • Regulación del metabolismo, tratamiento de diabetes y mejora de la circulación (Galanakis, 2019). • Heparina (Borges et al., 2021). • Alimentos para humanos (Viana et al., 2005). • Acetato de celulosa y carbohidratos (Martínez et al, 2018). • Suplementos nutricionales y vitamina B12 (Devatkal et al., 2004). • Suturas quirúrgicas (Jayathilakan et al., 2012; Shirsath y Henchion, 2021). • Fertilizantes (Cascarosa et al ., 2012).
HUESOS y PEZUÑAS	<ul style="list-style-type: none"> • Harina de huesos para alimento balanceado (Eulloque Guerrero, 2013). • Alimentos para humanos (Jayathilakan et al., 2012; Ryder et al., 2015). • Limpiadores, adhesivos y pinturas (Pearl, 2004) • Fabricación de sustitutos de cueros (Sathish et al., 2017). • Sustituto de petróleo (polihidroalcanoatos biodegradables) (Titz et al., 2012). • Gelatina para consumo humano (Gómez-Guillén et al., 2011). • Harina para fertilizante de cultivos (Guillen Salcedo y Tecs Solórzano, 2021). • Colageno y queratina (Barragán Arango, 2013)
GRASA	<ul style="list-style-type: none"> • Producción de energía (Mora et al., 2014; Toldrá et al., 2016). • Polimerización de caucho, plásticos, lubricantes y suavizantes (Ockerman y Basu, 2006). • Fabricación de biodiesel (Arévalo et al., 2008). • Productos cosméticos (Toldrá et al., 2016)
CUERO	<ul style="list-style-type: none"> • Colágeno para la industria de curtiembre (Ollé et al., 2023). • Fertilizante (Kuligowski et al., 2023). • Indumentaria, cosméticos, cuero crudo pegamento y gelatina comestible (Benjakul et al., 2009).
ESTIÉRCOL	<ul style="list-style-type: none"> • Fertilizantes (Salminen y Rintala, 2002; Mirabella et al., 2014; Barragán Arango, 2013; Bujak, 2015; Tamayo Pereyra, 2022). • Biocombustible y biogás (Salminen y Rinatala, 2002; Jayathilakan et al., 2012; Laines Canepa y Sosa Oliver, 2013; Arellano et al., 2014; Bujak, 2015; Toldrá et al., 2016; Bustillo-Lecompte y Mehrvar, 2017; Orozco et al., 2017). • Alimentación para bovinos (Gavilán y Vienegro, 2014). • Sustrato para la producción de Humus (Cajas Sanchez, 2009).
CONTENIDO RUMINAL	<ul style="list-style-type: none"> • Ensilaje (Benavides Arteaga, 2011). • Alimento balanceado (Benavides Arteaga, 2011; Cendales Ladino, 2012; Ríos y Ramirez, 2012; Sanchez Martinez, 2016). • Abono orgánico (Benavides Arteaga, 2011). • Vermicompost (Eulloque Guerrero, 2013). • Biogas (Cendales Ladino, 2012; Borges et al., 2021).

Fuente: Elaboración propia.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adhikari, B, Chae, M., & Bressler, D. (2018). Utilization of Slaughterhouse Waste in Value-Added Applications: Recent Advances in the Development of Wood Adhesives. *Polymers*, 10(176), 2-28.
- Amato, C. N. (2023). Economía circular para el desarrollo productivo local: Discusión teórica y análisis conceptual. *Territorios Productivos*, 1(1). <https://territoriosproductivos.unvm.edu.ar/ojs/index.php/territoriosproductivos/article/view/616>
- Amicarelli, V., Rana, R., Lombardi, M., & Bux, C. (2021). Material Flow análisis and sustainability of the Italian meat industry. *Journal of Cleaner Production*, 299. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126902>
- Anzani, C., Boukid, F., Drummond, L., Mullen, A. M., & Álvarez, C. (2020). Optimising the use of proteins from rich meat co-products and non-meat alternatives: Nutritional, technological and allergenicity challenges. *Food Research International*, 137, 109575.
- Arellano, L., Cruz Rosales, M., & Huerta, C. (2014). *El estiércol, material de desecho, de provecho y algo más*. Instituto de Ecología, A.C. México, 40 pp.
- Arévalo, P., Ulloa, J., & Astudillo, S. (2008). Obtención de biodiesel a partir de grasa bovina La Granja. *Revista de Ciencias de la Vida*, 8(2), 9-16.
- Balcazar, B. (2023). *Diseño del proceso de producción de comida húmeda canina a partir de sangre bovina*. Universidad Central del Ecuador.
- Barragán Arango, P. (2013). *Estudio del plasma sanguíneo bovino para fermentación sumergida y sistemas alimentarios*. Universidad de Caldas.
- Benavides Arteaga, S. (2011). *Análisis sobre la utilización de subproductos en la central ganadera de Medellín*. Informe de práctica para optar al título de Industrial Pecuario. Corporación Universitaria la Sallista.
- Benítez B., Archile A., Rangel L., Bracho M., Hernández M., & Márquez E. (2002). Calidad nutricional y aceptabilidad de un producto formulado con carne de pollo deshuesada mecánicamente, plasma y glóbulos rojos de bovino. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 52(3), 307-312.
- Benítez B., Archile A., Rangel L., Ferrer K., Barboza Y., & Márquez E. (2008). Composición proximal, evaluación microbiológica y sensorial de una galleta formulada a base de harina de yuca y plasma de bovino. *INTERCIENCIA*, 33(1), 61-65.
- Benítez B., Marquez S. E., Barboza Y., Izquierdo P., & Arias, B. (2013). Formulación y características de productos cárnicos elaborados con subproductos de la industria animal. *Revista científica Facultad de Ciencias Veterinarias- Universidad del Zulia*, 10(4): 321-327.
- Benjakul, S., Oungbho, K., Visessanguan, W., Thiansilakul, Y., & Roytrakul, S. (2009) Characteristics of gelatin from the skins of bigeye snapper, *Priacanthus tayenus* and *Priacanthus macracanthus*. *Food Chemistry*, 116(2): 445-451.
- Bier, J. M., Verbeek, C. J. R., & Lay, M. C. (2012). An eco-profile of thermoplastic protein derived from blood meal Part 1: allocation issues. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 17, 208–219
- Bier, J. M., Verbeek, C. J., & Lay, M. C. (2013). Using synchrotron FTIR spectroscopy to determine secondary structure changes and distribution in thermoplastic protein. *Journal of Applied Polymer Science*, 130(1), 359–369.
- Biofuture Platform (2018). *Creating the Biofuture: A Report on the State of the Low Carbon Bioeconomy*.
- Borges, M., Deana, A.; Pittaluga, Bailan L., Rodriguez, A. (2021). Contribución de la bioeconomía a la recuperación pospandemia de COVID-19 en el Uruguay: biotecnología y valorización de subproductos agropecuarios y agroindustriales. Serie Recursos Naturales y Desarrollo, N° 208 (LC/TS.2021/112), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

- Bujak, J. W. (2015). New insights into waste management: Meat industry. *Renewable Energy*, 83, 1174-1186.
- Bustillo-Lecompte, C. F., & Mehrvar, M. (2017). Treatment of actual slaughterhouse wastewater by combined anaerobic-aerobic processes for biogas generation and removal of organics and nutrients: An optimization study towards a cleaner production in the meat processing industry. *Journal of Cleaner Production*, 141, 278-289.
- Cajas Sanchez, S. (2009). *Efecto de la utilización de aserrín en combinación con estiércol bovino como sustrato en la producción de humus de lombriz eisenia foétida (lombriz roja californiana)*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Cascarosa, E., Gea, G., & Arauzo, J. (2012). Thermochemical processing of meat and bone meal: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(1), 942-957.
- Cendales Ladino, D. E. (2011). *Producción de biogás mediante la cogestión anaeróbica de la mezcla de residuos*. Tesis para optar por el título de Magíster en Ingeniería Mecánica. Universidad Nacional de Colombia.
- Devatkal, S., Kumar Mendiratta, S., & Kondaiah, N. (2004). Quality characteristics of loaves from buffalo meat, liver and vegetables. *Meat Science*, 67(3): 377-383.
- Eulloque Guerrero, J. (2013). *Caracterización física, química, biológica y valoración agronómica del vermicompost de eisenia foetida obtenido del contenido ruminal de bovino*. Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR.
- Fajardo Acuña, L. (2009). *Posible sustitución de proteína animal por vegetal en la elaboración de gelatina*. Trabajo final para optar por el título de Tecnólogo en Química Industrial. Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales. Colombia.
- Fundación Ellen MacArthur (2021). Towards the circular economy. Economic and business rationale for an accelerated transition. *Journal of Industrial Ecology*, 14(3).
- Galanakis, C. (2019). *Sustainable Meat Production and Processing*. Academic Press.
- Gavilán, P., & Vienegra, G. (2014). *Potencial del uso del estiércol en la alimentación de los bovinos*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Ghisellini, P., Cialani, C., & Ulgiati, S. (2016). A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production*, 114 (15): 11-32.
- Ghosh, R. (2001), Fractionation of biological macromolecules using carrier phase ultrafiltration. *Biotechnol. Bioeng*, 74: 1-11.
- Gómez-Guillén, M. C., Giménez, B., López-Caballero, M. E., & Montero, M. P. (2011). Functional and bioactive properties of collagen and gelatin from alternative sources: A review. *Food Hydrocolloids*, 25(8), 1813-1827.
- Instituto Nacional de Tecnología Industrial (2016). El valor de los residuos. Trabajos de investigación y asistencia técnica del INTI, sobre los distintos modos de Reducir, Reutilizar, Reciclar y Revalorizar residuos industriales. 1a ed. Libro digital.
- Kershaw, E. H., Hartley, S., McLeod, C., & Polson, P. (2021). The sustainable Path to a Circular Bioeconomy. *Trends in Biotechnology*, 36 (6): 542-545.
- Hernandez Montenegro, A., & Mendoza Pineda, S. (2009). *Aprovechamiento del plasma sanguíneo líquido de bovino, como sustituto parcial de clara de huevo y huevo completo en la elaboración de ponqué y galleta*. Universidad de La Salle, Bogotá.
- Hernández, R. E., & Cespedes, J. (2020). Bioeconomía: una estrategia de sostenibilidad en la cuarta revolución industrial. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 7(2): 126-133.
- Hsieh, Y. H. P., & Ofori, J. A. (2011). Blood-derived products for human consumption. *Revelation and Science*, 1(1).
- Jayathilakan, K., Sultana, K., Radhakrishna, K., & Bawa, A. (2012). Utilization of byproducts and waste materials from meat, poultry and fish processing industries: a review. *Journal of Food*

- Science and Technology*, 49, 278–293.
- Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, 127, 221-232.
 - Kuligowski, K., Cenian, A., Konkol, I., Świerczek, L., Chojnacka, K., Izydorczyk, G., Skrzypczak, D., & Bandrów, P. (2023). Application of Leather Waste Fractions and Their Biochars as Organic Fertilisers for Ryegrass Growth: Agri-Environmental Aspects and Plants Response Modelling. *Energies*, 16, 3883.
 - Kurbanoglu, E. B., & Kurbanoglu, N. I. (2004). Utilization as peptone for glycerol production of ram horn waste with a new process. *Energy Conversion and Management*, 45(2), 225–234.
 - Lafarga, T., & Hayes, M. (2016). Bioactive protein hydrolysates in the functional food ingredient industry: Overcoming current challenges. *Food Reviews International*, 33(3), 217–246.
 - Laines Canepa, J. R., & Sosa Olivier, J. A. (2013). Degradación anaerobia del contenido gástrico ruminal bovino para la obtención de biogás, en un biodigestor tipo cúpula. *Ingeniería*, 17(1), 57-65.
 - Lascano Vera, J. F. (2008). *Elaboración de cuatro tipos de harinas a base de subproductos de matadero en el camal Frigorífico Municipal de Riobamba*. Riobamba.
 - Li, X., Li, J., Luo, J., & Gao, Q. (2018). A Novel Eco-friendly Blood Meal-based Bio-adhesive: Preparation and Performance. *Journal of Polymers and the Environment*, 26, 607–615. <https://doi.org/10.1007/s10924-017-0976-7>
 - Loureiro, K. D. C., Haese, D., Kill, J. L., Pires, A. F., Fernandes, D. R., Colnago, G. L., & Gama, G. O. (2017). Ingredients derived from the slaughter of bovines in dog food. *Ciência Rural*, 47(6). <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20150778>
 - Lopez Alvarado, D. (2022). Utilización de contenido ruminal de bovinos en finalización obtenido del rastro para incorporación a dietas de finalización de ovinos. Universidad Autónoma de Baja California.
 - Márquez E., Arévalo E., Barboza Y., Benítez B., Rangel L., & Archile A. (2006). Formulación de un Embutido con Agregado de Piel de Pollo Emulsificada con Sangre de Bovino. *Revista Científica (Maracaibo)*, 16(4), 315-324.
 - Márquez E. Arévalo E., Barboza Y., Benítez B., Rangel L., & Archile, A. (2008). Estabilidad de productos cárnicos reestructurados crudos con agregado de transglutaminasa y plasma de bovino. *Revista Científica (Maracaibo)*, 18(5), 618-623.
 - Marti, D., & Johnson, R. (2012). Where's the (not)meat? byproducts from beef and pork production. *Journal of Current Issues in Globalization*, 5(4), 397-423.
 - Martinez, M., Renones, L., Rodriguez, L., Majul, L., & García Mansilla, M. (2018). *Agregado de valor a un residuo de la industria cárnica*. II Simposio de Residuos Agropecuarios y Agroindustriales del NOA y Cuyo en la Argentina.
 - Mekonnen, T., Mussone, P., & Bressler, D. (2016). Valorization of rendering industry wastes and co-products for industrial chemicals, materials and energy: review. *Critical Reviews in Biotechnology*, 36(1), 120-131.
 - Mirabella, N., Castellani, V., & Sala, S. (2014). Current options for the valorization of food manufacturing waste: a review. *Journal of Cleaner Production*, 65, 28–41.
 - Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de Argentina -MAGyP- (2022). *Gestión ambiental en la industria cárnica*. Promoción de la Calidad Alimentaria.
 - Mora, L., Reig, M., & Toldrá, F. (2014). Bioactive peptides generated from meat industry by-products. *Food Research International*, 65, 344–349.
 - Ockerman, H., & Basu, L. (2006). Edible rendering—rendered products for human use. En Meeker, D. *Essential rendering: All About The Animal By-Products Industry*.
 - Ollé, L., Sorolla, S., Casas, C., & Bacardit, A. (2013). Developing of a dehydration process for bovine leather to obtain a new collagenous material. *Journal of Cleaner Production*, 51, 177–183.
 - Orozco, K. T., Rojas Carpio, A. S., Cabeza Rojas, I., & Hernández Pardo, M. A. (2017). Potencial de

- biogás de los residuos agroindustriales generados en el departamento de Cundinamarca. *Revista ION*, 29(2), 23-36.
- Pearl, G. (2004). Tech Topics: Meat and bone meal usage in modern swine diets. *Render*, 33(2), 50-53.
 - Perez, S. A., Gonzalez, R. L., & Ferro Moreno, S. (2022). Decisión multicriterio a partir de la calidad genética de reproductores bovinos. *Revista de la Escuela de Perfeccionamiento en Investigación operativa*, 30(52), 18-31.
 - Piazza, G.J., Nuñez, A., & Garcia, R. A. (2012). Identification of Highly Active Flocculant Proteins in Bovine Blood. *Appl Biochem Biotechnol*, 166, 1203–1214.
 - Rafaelli, P. M., Sanginés García, L., Pérez-Gil Romo, F., & Larrosa, O. (2006). *Evaluación nutricional de dos subproductos de frigorífico: contenido ruminal y de la línea verde*. Universidad de Belgrano.
 - Ríos V., & Ramírez H. (2012). Aprovechamiento del contenido ruminal bovino para ceba cunícola, como estrategia para diezmar la contaminación generada por el matadero en San Alberto. *Prospectiva*, 10(2), 56-63.
 - Ryder, K., Bekhit, A. E.-D., McConnell, M., & Carne, A. (2015). Towards generation of bioactive peptides from meat industry waste proteins: Generation of peptides using commercial microbial proteases. *Food Chemistry*, 208, 42–50.
 - Guillen Salcedo, E., & Teci Solórzano, S, (2021). *Efecto de la harina de cuernos y pezuñas de bovino como fertilizante para la producción de Raphanus sativus*. Tesis para obtener el título de Ingeniero Ambiental. Universidad Cesar Vallejo. Perú.
 - Salminen, E., & Rintala, J. (2002). Anaerobic digestion of organic solid poultry slaughterhouse waste – a review. *Bioresource Technology*, 83(1), 13–26.
 - Sánchez Martínez, C. (2016). *Utilización de contenido ruminal en terneros de 15 a 60 días de edad para mejorar su peso y lograr un destete precoz*. Universidad de Guayaquil.
 - Sánchez Pérez, L. G. (2016). *Extracción de colágeno y queratina a partir de cascos bovinos como método de aprovechamiento de los residuos generados en el Camal Municipal de Riobamba*. Trabajo de titulación para optar por el grado de Ingeniera en Biotecnología Ambiental. Escuela de Ciencias Químicas. Riobamba, Ecuador.
 - Santagata, R., Zucarob, A., Vigliaa, S., Ripad; M., Tiane, X., & Ulgialial, S. (2020). Assessing the sustainability of urban eco-systems through Emergy-based circular economy indicators. *Ecological Indicators*, 109, 105859.
 - Sathish, M., Sathya, R., Aravindhanb, R., & Raghava Raoa, J. (2017). Successful use of Remnant: Attractive Reversible Grain Pattern Leather from Bovine Ear. *Journal of the American Leather Chemists Association*, vol. 112.
 - Shirsath, A. P., & Henchion, M. M. (2021). Bovine and ovine meat co-products valorisation opportunities: A systematic literature review. *Trends in Food Science & Technology*, 118, 57-70.
 - Silva, V. D., & Silvestre, M. P. (2003). Functional properties of bovine blood plasma intended for use as a functional ingredient in human food. *LWT - Food Science and Technology*, 36(7), 709–718.
 - Schröder, P., Albaladejo, M., Alonso Ribas, P., Macewen, M., & Tilkanen, J. (2020). *La economía circular en América latina y el caribe. Oportunidades para fomentar la resiliencia*. Documento de investigación. Programa de energía, medio ambiente y recursos. Real Instituto de Asuntos Internacionales Chatham House.
 - Stegmann, P., Londo, M., & Junginger, M. (2020). The circular bioeconomy: Its elements and role in European bioeconomy clusters. *Resources, Conservation and Recycling: X.*, 6, 100029.
 - Tan, E., & Lamers, P. (2021). Circular Bioeconomy Concepts- A Perspective. *Frontiers in Sustainability*, 2. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frsus.2021.701509>
 - Tamayo Pereyra, C. (2022). *Biofertilizante a partir de residuos bovinos y porcinos para su uso en la producción agrícola*. Universidad Autónoma de Chiapas (RIUNACH).
 - Tarté, R. (2009). *Ingredients in Meat Products*. (Springer, Ed.) New York, New York, USA: Springer

Science + Business Media. doi:DOI: 10.1007/978-0-387-71327-4

- Titz, M., Kettl, K. H., Shahzad, K., Koller, M., Schnitzer, H., & Narodoslawsky, M. (2012). Process optimization for efficient biomediated PHA production from animal-based waste streams. *Clean Techn Environ Policy*, 14, 495–503.
- Toldrá, F., Mora, L., & Reig, M. (2016). New insights into meat by-product utilization. *Meat Science*, 120, 54–59.
- Van Hoof, B., Nuñez, G., & De Miguel, C. (2022). *Metodología para la evaluación de avances en la economía circular en los sectores de América Latina y el Caribe. Serie Desarrollo Productivo*, N° 229. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Varella Miranda, B., Monteiro, G., & Rodrigues, V. (2021). Circular agrifood systems: a governance perspective for the analysis of sustainable agrifood value chains. *Technological Forecasting and Social Change*, 170, 120878. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120878>
- Viana, F., Silva, V., Delvivo, F., Bizzotto, C., & Silvestre, M. (2005). Quality of ham pâté containing bovine globin and plasma as fat replacers. *Meat Science*, 70(1), 153-60.
- Villeda Lanuza, L. (2011). *Efecto de la inclusión de 3 niveles de contenido ruminal de bovinos en el ensilaje de maíz (zea mays)*. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Wan, Y., Ghosh, R., & Cui, Z. (2002). High-resolution plasma protein fractionation using ultrafiltration. *Desalination*, 144: 301-306.
- Young, R. H., & Lawrie, R. A. (2007). Utilization of edible protein from meat industry by-products and waste. *International Journal of Food Technology* 9(2): 171-177.
- Yousif, A., Cranston, P., & Deeth, H. . (2003). Incorporation of bovine dry blood plasma into biscuit flour for the production of pasta. *LWT - Food Science and Technology*, 36(3), 295–302.
- Yu, P.-L., van der Linden, D. S., Sugiarto, H., & Anderson, R. C. (2010). Antimicrobial peptides isolated from the blood of farm animals. *Animal Production Science*, 50(7), 660.

