ESTRATEGIA DE RELACIONAMIENTO CON EL SECTOR CÁRNICO DE LA REGIÓN - INTEGRACIÓN HORIZONTAL DE EMPRESAS EN EL MARCO DE LA ESTRATEGIA NACIONAL DE ECONOMÍA CIRCULAR.

- **Elaboró:**

María del Mar Pérez
Coordinadora Componente Ambiental

Naira Elena Morales Mercado
Asesor de Sostenibilidad Ambiental

Ana Karina Pérez Peñate
Apoyo Técnico de Sostenibilidad Ambiental

Margarita Castilla Llorente
Paola Melisa Petro Sánchez
Pedro José Rada Tejada
Julissa Jiménez López
Auxiliares Ambientales

- **Revisó: Naira Elena Morales Mercado**
Asesor de Sostenibilidad Ambiental

- **Aprobó: María del Mar Pérez**
Coordinadora Componente Ambiental

Agosto de 2023

BioHor-N

PRESENTACIÓN

El presente documento denominado Estrategia de relacionamiento con el sector cárnico de la región - Integración horizontal de empresas en el marco de la estrategia nacional de economía circular, se realizará como parte del capítulo de sostenibilidad que alimentará al Plan de Marketing, un producto a entregar en el desarrollo del proyecto denominado "FORTALECIMIENTO AL PROCESO DE TRANSFORMACIÓN DE SUBPRODUCTOS AGROINDUSTRIALES PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOFERTILIZANTES EN EL DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA", y en el cual se ha venido trabajando y abordando las temáticas relacionadas con la sostenibilidad y circularidad de los subproductos y residuos producidos en el sector cárnico.

Para el desarrollo de este documento se tomarán como base los indicadores definidos en la Cuenta Ambiental y Económica de Flujos de Materiales de Residuos Sólidos - CAEFM-RS, la cual posibilita entregar a los usuarios información coherente en unidades físicas para los flujos hacia el ambiente, dentro de la economía doméstica y con el resto del mundo. La CAEFM-RS plantea dentro de su metodología la medición de los siguientes indicadores: Flujo de residuos sólidos hacia el ambiente, Residuos sólidos generados per cápita, Tasa de aprovechamiento de residuos sólidos generados y Tasa de reciclaje y nueva utilización de residuos sólidos generados. De igual forma, se desarrollarán indicadores como: Residuos generados sobre producción industrial y Gestión y aprovechamiento de residuos en las unidades de producción agropecuaria.

Con el desarrollo de este documento se pretende dejar las bases para la implementación de indicadores que permitan reportar los avances del sector cárnico en términos de sostenibilidad y circularidad en el departamento de Córdoba, y que pueda ser replicado en todo el país.

1. MARCO TEÓRICO

La información sobre la gestión de residuos sólidos en la industria cárnica en Colombia es escaza, tanto así que esto representa un inconveniente en el marco de la ejecución del presente proyecto “FORTALECIMIENTO AL PROCESO DE TRANSFORMACIÓN DE SUBPRODUCTOS AGROINDUSTRIALES PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOFERTILIZANTES EN EL DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA”. Por tal motivo se está realizando una revisión bibliográfica de las estrategias existentes con relación a la gestión de residuos sólidos con el finde optimizar, mejorar todos los procesos y reducir los impactos ambientales asociados a la generación de residuos, como lo son: biodigestores, lombricultivos, abonos orgánicos. Además, el sector es un buen candidato en la implementación del concepto de las 3R (reducir, reciclar, reutilizar) ya que este tipo de industria tiene la capacidad de aprovechar un 90% de los residuos generados dándole uso a la economía circular dentro del proceso productivo (José Flórez Cabrera Luis Miguel Otero Rodríguez et al., 2022).

Los impactos ambientales generados por los residuos sólidos en la industria cárnicas se le atribuye a la ineficiencia o escasez de planes de gestión de residuos sólidos, si bien hay poco avance en el manejo y adecuada disposición de los residuos sólidos, se ha avanzado en las buenas prácticas ambientales como el reciclaje y la degradación biológica de la materia orgánica, no obstante, estos avances no son suficientes para reducir el impacto ambiental de esta actividad industrial.

En la actualidad, en Colombia se encuentran registrados ante las autoridades sanitarias, 150 mataderos para ganado vacuno y porcino, de los cuales tan sólo 27 de ellos (Mataderos Frigoríficos) cuentan con técnicas apropiadas para el manejo de sus desechos comestibles y no comestibles. Los restantes centros de matanza procesan parte de los desechos y los excedentes, los comercializan con las denominadas Plantas Procesadoras de Subproductos, las cuales efectúan a estos desechos alguna transformación industrial. En Colombia, se encuentran establecidas 7 plantas procesadoras de subproductos legalmente reconocidas por las autoridades sanitarias. Estas empresas, en su mayoría, procesan desechos comestibles de matadero para la obtención de harinas de carne.

Cabe mencionar que en Colombia, un alto porcentaje de los mataderos municipales no cuentan con Licencia Sanitaria de funcionamiento y no dan un uso

adecuado a sus desechos de matanza, convirtiéndose en focos permanentes de contaminación ambiental. Para la especie equina, en el país, se encuentran establecidos 4 mataderos con licencia sanitaria de funcionamiento, pero la gran mayoría de los animales de esta especie son sacrificados en mataderos clandestinos.

En los últimos años, el país ha venido tomando conciencia de la importancia de dar un adecuado uso a los desechos de matadero, no solamente como una manera de dar protección al ambiente, sino, también, como una solución más a las deficiencias de proteínas para la alimentación animal. De otra parte, los mataderos colombianos han visto que, al procesar adecuadamente sus desechos de matanza, se ven favorecidos ampliamente en sus ingresos económicos, al poder comercializar un producto que se había constituido en un generador de mayores costos de producción. Es así como, los Mataderos Frigoríficos vienen desarrollando planes especiales de implementación tecnológica en el área de los desechos de matadero, a través de la adquisición de nueva tecnología proveniente de aquellos países considerados como pioneros de la industria cárnica. La implementación de nuevas políticas de producción animal, ha provocado, entre otras, la creación de nuevas industrias dedicadas a la fabricación de productos balanceados para la alimentación animal. Estas empresas se han constituido en consumidoras de primer orden de los productos derivados del proceso de los desechos de matadero; igualmente este hecho ha creado un incentivo más para el adecuado proceso de los desechos derivados de la matanza de los animales para el abasto público.

A nivel rural, el uso de los desechos de matanza en la alimentación animal es prácticamente nula. En ciertas regiones del país, se da algún uso a la sangre y el contenido ruminal para la alimentación de cerdos, pero sin consideraciones técnicas especiales. Algunas entidades oficiales y privadas han desarrollado ciertos estudios sobre el aprovechamiento de los desechos de matadero como alimento animal, pero su implementación se encuentra en etapas primarias de desarrollo.

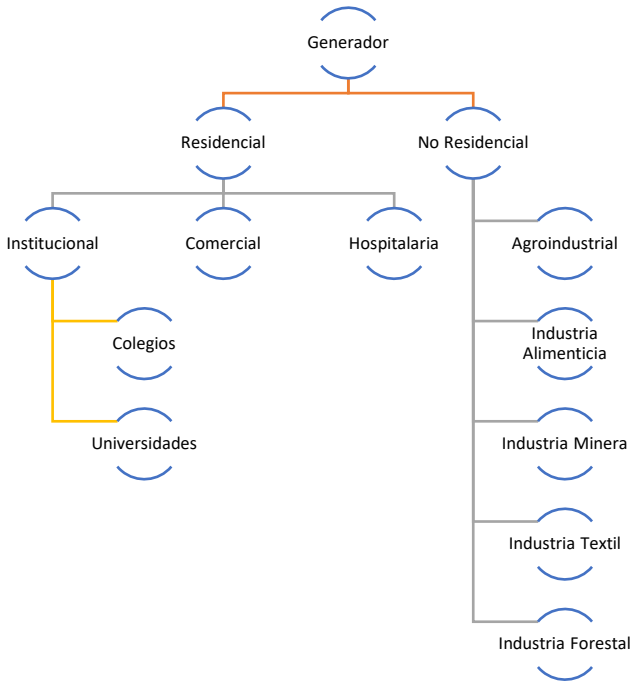
El Gobierno nacional, a través de los organismos con injerencia en la salud pública y, de otra parte, la Universidad Nacional de Colombia, por intermedio del Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTA) vienen adelantando estudios sobre el aprovechamiento de desechos de matadero. Este Instituto cuenta con una Planta Piloto de Carnes, cuya implementación se efectuó gracias a convenios especiales

entre la Universidad Nacional y la FAO, en el año 1972. La planta desarrolla planes especiales de investigación, docencia y extensión, en el campo de la industria cárnica. Periódicamente, en este centro de investigación se realizan cursos de extensión y Talleres Seminario sobre aprovechamiento de desechos de matanza, dirigidos al sector público y privado con injerencia en el sub-sector cárnico. Para el cumplimiento de sus objetivos, la planta cuenta con instalaciones para el faenado de ganados y equipos para el procesamiento de desechos de matanza.(Falla Cabrera Luis Humberto, 2019).

Existen numerosos conceptos sobre residuos sólidos, los cuales engloban un significado similar, por lo cual se hará una recopilación de las definiciones más relevantes, que permitan entender de manera sencilla el término. El primer término se extrajo del Título 6 Decreto 1076 de 2015, el cual indica que un residuo sólido o desecho es cualquier objeto, material, sustancia, elemento o producto que se encuentre en estado sólido o semisólido, o es un líquido o gas contenido en recipientes o depósitos, cuyo generador descarta, rechaza o entrega porque sus propiedades no permiten usarlo nuevamente en la actividad que lo generó o porque la legislación o la normatividad vigente así lo estipula Minambiente, y presidente de la Republica. (2005). Por otro lado, está la definición de la Agencia de Protección Ambiental (EPA), la cual se usa a nivel internacional como referente, el cual establece que los residuos sólidos significan cualquier basura o desperdicio, lodo de una planta de tratamiento de aguas residuales, planta de tratamiento de suministro de agua o instalación de control de contaminación del aire y otro material desechado, resultante de operaciones industriales, comerciales, mineras y agrícolas, y de la comunidad, ocupaciones. Casi todo lo que hacemos deja algún tipo de desperdicio.

Clasificación de los Residuos Sólidos

Los residuos sólidos están compuestos fundamentalmente de materiales inorgánicos como metales, cristales, tierra, ceniza; y materiales orgánicos madera, alimentos, resto animal, ropa, entre otros.



Nota. La grafica representa la clasificación según el origen y fuente de los residuos sólidos.

Según su origen (define por la actividad donde se origina), los residuos sólidos se pueden clasificar como domésticos, comerciales, hospitalarios e industriales, estos generan una cantidad de volumen diferente dependiendo de los procesos, hábitos de consumo, materia prima y tecnología. En el siguiente diagrama se ilustra la clasificación de residuos de acuerdo con su origen.
Los residuos sólidos pueden ser catalogados como residuos sólidos peligrosos y los no peligrosos. Los residuos peligrosos, como su nombre lo indica son aquellos que pueden suponer un peligro para la salud humana y el medio ambiente, debido a sus características y propiedades como toxicidad, corrosividad, reactividad, inflamabilidad y explosividad.

Los residuos sólidos peligrosos pueden ser:

- Residuos biosanitarios (tapabocas, guantes, cualquier residuo en contacto con fluidos humanos).
- Residuos anatomopatológicos y/o animal (restos de animales infectados).
- Residuos biológicos Infecciosos.
- Residuos posconsumo (llantas, baterías, aceites).

En cuanto, a los residuos no peligrosos estos pueden ser clasificados según su origen, propiedad, naturaleza, tratamiento y/o posibilidad de reutilización o reincorporación en
Residuos sólidos aprovechables: Es cualquier material, objeto, sustancia o elemento sólido que no tiene valor de uso para quien lo genere, pero que es susceptible de aprovechamiento para su reincorporación a un proceso productivo.(Ministerio de Comercio, 2018)

Los Residuos sólidos aprovechables pueden ser:

- Cartón y papel de archivo.
- Plástico.
- PET.
- Pasta.
- Aluminio.
- Plegadiza.
- Vidrio

❖ **Residuo sólido no aprovechable:** Son aquellos residuos que, dada su composición, no pueden ser reintegrados a un proceso productivo, por lo tanto, debe darse una disposición final adecuada. (Ministerio de Comercio, 2018).

Los residuos sólidos no aprovechables pueden ser:

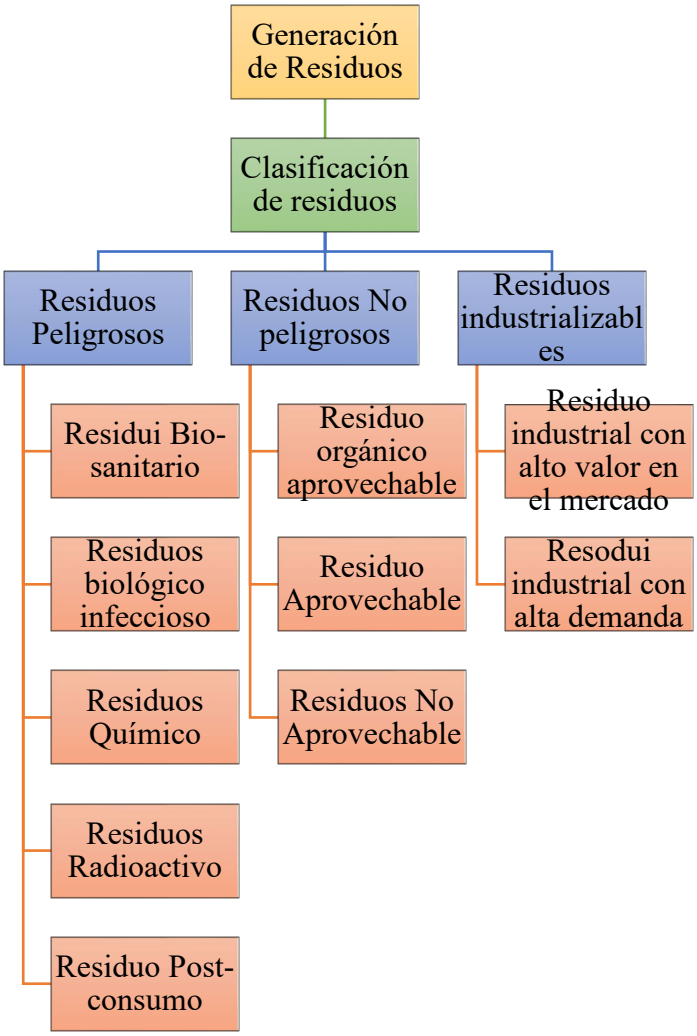
- Papeles y cartones contaminados con comida u otra sustancia.
- Papeles metalizados.
- Poliestireno expandido.
- Servilletas o papel higiénico.
- Residuos inorgánicos de un solo uso.

Residuo orgánico aprovechable: son biodegradables, se componen naturalmente y tiene la propiedad de poder desintegrarse o degradarse rápidamente, transformándose en otra materia orgánica. Los residuos orgánicos se componen de restos de comida y restos vegetales de origen domiciliario. (Ministerio de Comercio, 2018).

La anterior clasificación se basa en la unificación del código de colores a nivel nacional según la resolución 2184 de 2019. Con objeto de fomentar la cultura ciudadana y la sensibilización colectiva por nuevos hábitos de consumo y aprovechar los residuos sólidos generados. Además, ayudará a las personas prestadoras de los servicios de recolección, aprovechamiento y tratamiento de residuos pueden cumplir su rol de forma más eficiente y se asegura la destinación adecuada de los residuos para proteger el medio ambiente, alargar la vida útil de los rellenos sanitarios, generar empleo a partir del reúso de material.

En el sector industrial, además de los residuos mencionados anteriormente, también se generan residuos con un alto valor comercial, llamados:

Residuo industrializable: Son residuos resultantes de los procesos de fabricación, de transformación, de utilización, de consumo, de limpieza o de mantenimiento generados por la actividad industrial, y que pueden ser aprovechados por otras empresas. También pueden incorporar residuos agrícolas.
La clasificación de los residuos sólidos se suele usar para elegir las opciones de separación, tratamiento, recolección y disposición.



Esta clasificación se realiza en base al decreto 1076 de 2015.

Gestión de los Residuos Sólidos

En la realización de actividades industriales siempre se derivan o generan "subproductos indeseables", que depende de su naturaleza pueden ser peligrosos o no peligrosos, los cuales deben ser manejados y dispuestos correctamente, con el fin de evitar afectaciones a la salud o medio ambiente. Por lo anterior, las empresas tienen la responsabilidad de diseñar e implementar un plan o programa de gestión de residuos sólidos. Una correcta gestión de residuos sólidos tiene como objeto reducir la cantidad de residuos generados, disminuir costos e impactos ambientales, asegurando la sostenibilidad de los procesos.

De esta manera, es necesario analizar los residuos generados en cada proceso o actividad, realizando una trazabilidad desde su generación hasta su disposición final. Este proceso conlleva un número de pasos los cuales se exponen en el siguiente esquema:

Cuando se generan residuos sólidos productos de una actividad o proceso, deben ser segregados en su lugar de origen, y después almacenados temporalmente en contenedores de colores (código de colores), según su composición y naturaleza.
Al realizar una separación en el punto de origen, se reduce la probabilidad de contaminación cruzada y facilita el aprovechamiento de los residuos, cabe recalcar que es importante educar e implementar estrategias de aprovechamiento como las 3R: Reducir, reutilizar y reciclar.
Reducir: Figura como la disminución del uso de insumo y materia prima, lo cual resulta en una minimización de recursos y residuos.

Reutilizar: Reparar cualquier objeto cuya vida útil terminó, alargándose en el proceso. Quiere decir, volver a utilizar las cosas y darles la mayor utilidad posible antes de que llegue la hora de deshacernos de ellas.

Reciclaje: Se trata de rescatar lo posible de un material que ya no sirve para nada y convertirlo en un producto nuevo, esto quiere decir, reincorporar materia prima al ciclo de producción.

Planta de beneficio animal (matadero)
Las plantas de beneficio animal se pueden definir como todo establecimiento en donde se benefician las especies de animales que han sido declarados como aptas para el consumo humano y que ha sido registrado y autorizado para este fin. Actualmente en Colombia existen 577 establecimientos que se dedican a esta labor, sin embargo, solo son 18 los que cumplen con todos los requerimientos y exigencias del INVIMA, Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos. Las plantas de beneficio animal para consumo humano, debido a la especie que en ellos se sacrifique, se clasifican de la siguiente manera (Decreto 1036, 1991):
a) De bovinos.
b) De porcinos.
c) De ovinos.
d) De caprinos.
e) De conejos y animales producto de la caza.

f) De équidos.
g) De otras especies que el Ministerio de Salud declare para el consumo humano.

Los mataderos de animales para consumo humano, distintos a los de aves, por razón de su capacidad de sacrificio y disponibilidades técnicas y de dotación, se clasifican de la siguiente manera (Decreto 1036, 1991):
- Clase I: Los mataderos Clase I deberán tener capacidad instalada para sacrificar 480 o más reses y 400 o más cerdos, en turnos de 8 horas, de conformidad con los requerimientos del Decreto 2278 de 1982 (Decreto 1036, 1991).
- Clase II: Los mataderos Clase II deberán tener capacidad instalada para el sacrificio de 320 o más reses y 240 o más cerdos, en turnos de 8 horas (Decreto 1036, 1991).
- Clase III: Los mataderos Clase III deberán tener una capacidad instalada para sacrificar 160 o más reses y 120 o más cerdos en turno de 8 horas, de conformidad con el Decreto 2278 de 1982 (Decreto 1036, 1991).
- Clase IV: Los mataderos Clase IV deberán tener una capacidad instalada para el sacrifico de 40 reses y 40 cerdos, en turno de 8 horas (Decreto 1036, 1991).
- Mínimos: Los mataderos Mínimos se establecerán en poblaciones hasta de 2.000 habitantes, con capacidad instalada para el sacrificio de 2 reses y 2 cerdos hora, en red aérea y puestos fijos (Decreto 1036, 1991).

2. MARCO DE REFERENCIA

En los primeros momentos en que los colonizadores españoles introdujeron el ganado bovino, también trajeron consigo sus tradiciones culinarias y gastronómicas. La producción y procesamiento de carne se han convertido en un sector crucial de la industria alimentaria a nivel global. La cadena de producción de productos cárnicos se inicia en las explotaciones agrícolas, donde se engordan y crían los animales, para luego ser procesados en instalaciones industriales. Posteriormente, los animales se trasladan para su sacrificio, donde se obtienen diversos cortes de carne que se congelan. Finalmente, se lleva a cabo el almacenamiento y la comercialización, generando también subproductos como sebo, vísceras, huesos y pieles (Frigorífico et al., 2012)

La industria cárnica, centrada en el sacrificio y transformación de la carne, desempeña un papel fundamental en el sector alimentario europeo. En el año

2019, la Unión Europea produjo alrededor de 22,8 millones de toneladas de carne de cerdo, 6,9 millones de toneladas de carne de vacío, 0,5 millones de toneladas de carne ovina y caprina, y 13,3 millones. de toneladas de carne de aves. La industria cárnica española, con más de 3.700 empresas en 2019, lidera el sector alimentario nacional, representando el 22,6% . España se posiciona como el segundo productor de carne de cerdo en la Unión Europea y el cuarto a nivel global. Además, su capacidad exportadora es destacable, especialmente hacia China y otros países del sudeste asiático (Domingo et al., 2019)

La generación de residuos sólidos en la industria cárnica varía según el tipo de animal y oscila entre 2,3 kg por cerdo (~4% del peso del animal) y 83 kg por bovino (27,5% del peso del animal) (jaldin, 2022), Estos residuos incluyen grasas, sangre y contenido digestivo, además de subproductos no destinados al consumo humano como cebo, pelo, cascos, huesos y sangre, los cuales son destinados para la producción de alimentos para mascotas o para la generación de biogás a partir de estiércol y residuos cárnicos considerados peligrosos. Sin embargo, métodos convencionales como la incineración contrarrestan los esfuerzos contra el cambio climático (Domingo et al., 2019). La composición orgánica de los residuos presenta oportunidades para innovadores métodos de valorización, alineados con los objetivos del Pacto Verde Europeo. Estrategias de segregación de residuos en las instalaciones de sacrificio pueden facilitar la valorización y reducir los vertidos. La producción de subproductos de alto valor añadido, como biofertilizantes, a partir de residuos sólidos, es una forma de enfrentar los retos ambientales. España ha avanzado en prácticas más limpias en el sector alimentario, contando con varias guías ambientales para reducir los impactos ambientales en la industria cárnica (De Producción, 2014)

Brasil, por su parte, es líder en ganado comercial y carne bovina, aunque enfrenta retos ambientales debido a operaciones clandestinas y una falta de enfoque en la gestión de residuos. La importancia ambiental ha ganado terreno con iniciativas como la Agenda 21 y la necesidad de gestionar adecuadamente los residuos en la industria cárnica (Ferrareze et al., 2017)

En Colombia, la llegada de la industria cárnica se traduce en la creación de productos como las carnes frías(Elizabeth et al., 2017). A pesar del crecimiento del sector en la última década, persisten desafíos ambientales, incluyendo la gestión de residuos sólidos y líquidos. La falta de infraestructura adecuada y la escasa inversión en soluciones efectivas pueden generar impactos negativos en el medio

ambiente (Patricia & Echeverri, 2020). La normatividad ambiental y sanitaria se ha vuelto crucial para impulsar cambios en la industria cárnica colombiana y mejorar su sostenibilidad (Regina Reyes López, 2015).

En resumen, la industria cárnica ha tenido un impacto significativo en las economías y el medio ambiente en diferentes países, y se están adoptando enfoques más sostenibles para abordar los desafíos relacionados con la generación de residuos y el impacto ambiental.

La Economía Circular (EC) es en la actualidad un concepto ampliamente adoptado en pro del desarrollo sostenible, respaldado por la Unión Europea y diversos gobiernos nacionales, como China, Japón, Reino Unido, Francia, Canadá, Países Bajos, Suecia, Finlandia, entre otros. La EC se define como el proceso de transformar los bienes al llegar al final de su vida útil en recursos utilizables para otros fines, cerrando los ciclos dentro de los sistemas industriales, reduciendo al mínimo la generación de desechos y siguiendo enfoques sostenibles. Se enfoca en fomentar la reutilización, el reciclaje y la reducción de materiales, así como en emplear productos biodegradables. La idea central es reciclar los productos que de otra manera serían descartados en el entorno natural (Valavanidis, 2018).

La Economía Circular es un enfoque económico diseñado para establecer sistemas de producción y consumo que sean más eficientes y resilientes, con el propósito de conservar los recursos en un ciclo continuo y maximizar su utilidad (Fundación Fórum Ambiental, 2018). Este modelo permite la repetida y productiva utilización de materiales, de modo que cuando un producto llega al final de su vida útil, se procura mantenerlo en la economía siempre que sea factible.

Este enfoque contrasta con el modelo económico lineal, que se basa en el consumo de materias primas que, al agotarse su utilidad, no se vuelven a emplear, resultando en la acumulación de residuos considerables. Además, este modelo lineal depende de una abundancia de materiales y de energía asequible de fácil obtención (Parlamento Europeo, 2021). En la Economía Circular, "los recursos naturales (como energía, agua y materias primas) son utilizados repetidamente, manteniéndolos en la economía local durante la mayor cantidad de tiempo posible" (Martínez & Porcelli, 2018). La transición hacia este modelo no se limita a la implementación de procesos que buscan mitigar los impactos negativos, sino que implica un cambio sistémico que a lo largo del tiempo genera oportunidades económicas y comerciales, así como beneficios ambientales y sociales.

En Colombia los recursos naturales y el medio ambiente son de gran importancia para el país, lo cual se puede evidenciar con el conjunto de instrumentos normativos y documentos de política, que incluyen, entre otros, los compromisos recientes para avanzar en el logro del crecimiento verde (CONPES 3934 de 2018), la economía circular (Ley 1955 de 2019) y específicamente el CONPES 3874 de 2016, en la cual el DANE se compromete a mejorar el reporte, monitoreo, verificación y divulgación de la información de diferentes sectores para el seguimiento de la política de gestión integral de residuos sólidos para Colombia, para lo cual se desarrolla y publica la CAEFM-RS (DANE, 2022).

Al ser conceptualmente desarrollada bajo el marco del Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica (SCAE) de 2012, la CAEFM-RS posibilita entregar a los usuarios información coherente en unidades físicas para los flujos hacia el ambiente, dentro de la economía doméstica y con el resto del mundo. Dentro del proceso de implementación del (SCAE) en Colombia, en particular en lo que respecta a la cuenta ambiental y económica de flujo de productos del bosque, energía y agua, así como las emisiones al aire, estas cuentas ya habían sido previamente desarrolladas antes de analizar la dinámica asociada a los residuos sólidos. Estas cuentas preexistentes se utilizaron como punto de referencia tanto en la metodología como en el análisis de la información recopilada en relación con los residuos sólidos.

Así mismo, el marco normativo desempeña un papel crucial al brindar pautas para identificar y comprender las especificidades que caracterizan la gestión de residuos sólidos a nivel nacional. En este contexto, resulta especialmente relevante hacer referencia a documentos como el CONPES 3874 de 2016, la ley 142 de 1994, el decreto 1077 de 2015 y el decreto 1076 de 2015, los cuales sirven como guías fundamentales para establecer el alcance de la medición adaptada a las circunstancias de Colombia.

En este escenario, las entidades primordiales que están vinculadas con la gestión de residuos son el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, junto con el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. Cada una de estas instituciones, junto con sus respectivas entidades adscritas, en particular el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) y la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, desempeña un papel esencial en la supervisión y regulación de los aspectos relacionados con la gestión integral de residuos en el país.

En lo que respecta a la definición de variables y la construcción de indicadores estadísticos, se presenta la ecuación del balance de oferta y utilización de residuos sólidos y productos residuales. Este equilibrio se basa en el principio de balance de masas y el concepto de equilibrio económico. La esencia de esta ecuación radica en lograr una igualdad entre la generación y el uso de materiales. Esta igualdad está en sintonía con la elaboración de los Cuadros de Oferta y Utilización en Unidades Físicas (COU-F) que emergen como resultado de estos balances. Los elementos que constituyen esta igualdad se describen conforme a su lugar dentro de la fórmula:

Ecuación 1. Oferta y utilización de residuos sólidos y productos residuales

$$P + C + A + M = AP + AV + FA + X$$

Fuente: tomado de (DANE, 2022).

Oferta de residuos sólidos y productos residuales	**Utilización de residuos sólidos y productos residuales**
P = Generados en los procesos de producción	AP = Aprovechamiento de residuos y otros usos
C = Generados en los procesos de consumo final de los hogares	AV = Acumulación en sitios de disposición final autorizados
A = Generados en los procesos de acumulación	FA = Flujos directos hacia el ambiente
M = Importaciones del resto del mundo	X = Exportaciones hacia el resto del mundo

A partir de lo anterior, el SCAE 2012 permite obtener otros agregados e indicadores a partir de los cuadros y las cuentas que lo componen, un conjunto de indicadores relacionados tales como:

Flujos hacia el ambiente: los flujos hacia el ambiente representan la cantidad de residuos en toneladas que son dispuestos de manera inadecuada por las entidades encargadas de la gestión de residuos. Este indicador proporciona información acerca del grado de contaminación que la economía ocasiona

después de considerar los procedimientos de producción, consumo y acumulación (DANE, 2022).

Tasa de aprovechamiento: la tasa de aprovechamiento es la relación, expresada en forma de porcentaje, entre los residuos sólidos y productos residuales aprovechados; y la oferta total de residuos sólidos y productos residuales. El total de los residuos sólidos y productos residuales aprovechados se calcula como la sumatoria de los materiales destinados a procesos de cogeneración de energía y otros aprovechamientos, reciclaje y nueva utilización y productos residuales (DANE, 2022).

Tasa de reciclaje y nueva utilización: la tasa de reciclaje y nueva utilización es la relación, expresada en forma de porcentaje, entre los residuos sólidos reciclados y reutilizados y la oferta total de residuos sólidos y productos residuales (DANE, 2022).

Generación per cápita de residuos sólidos y productos residuales: la generación per cápita de residuos sólidos y productos residuales se calcula como la relación entre el total de residuos sólidos y productos residuales generados, expresado en kilogramos y el número de habitantes (DANE, 2022).

De acuerdo con lo anterior, el propósito es plantear un banco de los basados en los reportados por el DANE en su reporte de la Cuenta Ambiental y Económica de Flujos de Materiales de Residuos Sólidos - CAEFM-RS, los cuales se adaptarán al sector cárnico. Dichos indicadores son: Flujo de residuos sólidos hacia el ambiente, Residuos sólidos generados per cápita, Tasa de aprovechamiento de residuos sólidos generados, Tasa de reciclaje y nueva utilización de residuos sólidos generados, Residuos generados sobre producción industrial y Gestión y aprovechamiento de residuos en las unidades de producción agropecuaria; y posteriormente evaluar la eficiencia del sector productivo, frente al uso de recursos físicos, además de la generación de flujos de materiales hacia el medio ambiente, dada la importancia del impacto ambiental que provoca la disposición final de residuos y el uso ineficiente de los recursos físicos disponibles para la economía.

3. INDICADORES DE CIRCULARIDAD

3.1. Flujo de residuos sólidos hacia el ambiente

Los flujos hacia el ambiente representan la cantidad de residuos en toneladas que son dispuestos de manera inadecuada por las unidades de gestión de residuos. Este indicador determina el nivel de contaminación que produce la economía, una vez dados los procesos de producción, consumo y acumulación. Se calcula como:

$$FA_{jt} = \sum DFI_{jt}$$

Dónde:

FA_{jt}= Flujos hacia el ambiente, en la unidad espacial de referencia j, y el tiempo t.

DFI_{jt}= Toneladas de residuos sólidos dispuestos en botadores, celdas transitorias, cuerpos de agua, enterramientos, quemas a cielo abierto y sin registros de información, en la unidad espacial de referencia j, y el tiempo t.

3.2. Residuos sólidos generados per cápita

La generación per cápita de residuos sólidos y productos residuales se calcula como la relación entre el total de residuos sólidos y productos residuales generados, expresado en kilogramos y el número de habitantes. Se calcula como:

$$RPC_{jt} = \frac{RG_{jt} * 1000}{PT_{jt}}$$

Dónde:

RPC_{jt}= Generación per cápita de residuos sólidos y productos residuales, en la unidad espacial de referencia j, y el tiempo t.

RG_{jt}= Oferta total de residuos sólidos y productos residuales; en la unidad espacial de referencia j, y el tiempo t

PT_{jt}= Población total del país; en la unidad espacial de referencia j, y el tiempo t

3.3. Residuos generados sobre producción industrial

A continuación, se presenta una metodología general para analizar los residuos generados por la industria y la agroindustria. Esta metodología abarca diversos enfoques destinados a evaluar la cantidad, composición, características y posibles impactos ambientales y económicos de estos residuos:

3.4.1. Identificación de los Residuos

- Reconocer los distintos tipos de residuos que surgen de la industria y la agroindustria, abarcando desde residuos sólidos hasta líquidos y gaseosos.
- Clasificar estos residuos de acuerdo con su origen, composición y atributos específicos por contenedores según lo establecido en la normal nacional para este tema.

3.4.2. Muestreo y Obtención de Datos

- Realizar muestreos representativos de los residuos en diversas etapas de los procesos industriales y agroindustriales.
- Recopilar información sobre la cantidad, frecuencia y variabilidad de la generación de residuos mediante herramientas ofimáticas de hojas de cálculo o formularios en línea que permitan una mejor comprensión de la información ahí depositada.

3.4.3. Caracterización de los Residuos

- Luego de clasificar por contenedores los tipos de residuos generados, tomar muestras representativas para así llevar a cabo análisis físicos, químicos y biológicos para entender en detalle la composición de los residuos, incluyendo posibles sustancias peligrosas.
- Evaluar las propiedades físicas, como densidad y humedad, junto con las propiedades químicas, como pH y concentración de nutrientes.

3.4.4. Evaluación del Impacto Ambiental

- Estudiar los potenciales impactos ambientales generados por los residuos, tales como la contaminación del suelo, agua y aire.
- Identificar riesgos para la salud humana y la biodiversidad, especialmente en relación con los residuos peligrosos.

3.4.5. Análisis Económico

- Calcular los costos asociados a la generación, gestión, tratamiento y eliminación de los residuos.
- Considerar las posibles ventajas derivadas de la reutilización, reciclaje y valorización de los subproductos.

3.4.6. Identificación de Oportunidades de Mejora

- Reconocer oportunidades para reducir la generación de residuos desde su origen, así como para impulsar la reutilización y el reciclaje.
- Explorar alternativas más sostenibles para el tratamiento y la disposición final de los residuos.

3.4.7. Elaboración de Estrategias de Gestión

- Diseñar estrategias de manejo de residuos que fomenten la minimización y la valorización de los subproductos.
- Planificar pasos concretos para llevar a cabo prácticas más sostenibles.

3.4.8. Comunicación y Reporte

- Comunicar los hallazgos y recomendaciones a las partes interesadas, incluyendo autoridades ambientales y la comunidad.
- Elaborar informes detallados que resuman los resultados del análisis.

3.4.9. Monitoreo Continuo

- Establecer un sistema de monitoreo constante para evaluar la efectividad de las estrategias de manejo de residuos en el tiempo.

Es esencial adaptar esta metodología según las necesidades específicas de cada industria y agroindustria, tomando en cuenta las regulaciones y normativas locales y nacionales pertinentes.

3.4. Tasa de aprovechamiento de residuos sólidos generados

La transición de una economía lineal a una circular requiere de sistemas de medición que permitan a los tomadores de decisiones elegir las mejores

alternativas y evaluar su desempeño para identificar los avances obtenidos en esta transición; tal es el caso de los indicadores que tienen como propósito comunicar información de manera estructurada para toma de decisiones, facilitar el aprendizaje continuo, comunicar sobre el desempeño del sistema, identificar conocimiento y brechas de datos, así como sugerir prioridades para cerrar estas brechas (Cangrejo, 2020). Según Cangrejo Nathalia (Cangrejo, 2020), existen diferentes principios con el objetivo de hacerle frente a los residuos que genera la población en los diferentes procesos de producción. El principio de reciclar tiene como fin extender el ciclo de vida de los materiales procesándolos, y los desperdicios de los productos al final de su vida útil o resultantes del proceso de producción, se transforman a través de procesos como trituración, fusión u otros, para obtener materiales transformables. Una característica importante es que los materiales reciclados no mantienen la estructura del producto original y pueden ser utilizados nuevamente en cualquier otro producto, teniendo en cuenta que su calidad disminuye respecto al material virgen. Es uno de los principios más utilizados para medir la tasa de aprovechamiento de residuos, aunque es uno de los principios menos deseables para la Economía Circular, debido que las actividades de transformación son las menos optadas por los seres humanos (Cangrejo, 2020).

Para calcular el indicador se sigue el procedimiento señalado en la fórmula de cálculo utilizando los datos de la Cuenta de Ambiental y Económica de Residuos Sólidos, desde el cuadro de utilización de residuos sólidos y productos residuales se extrae el dato de la sumatoria de la variable de aprovechamiento, reciclaje y nueva utilización. Este valor se divide sobre el total de residuos sólidos generados, para la unidad espacial de referencia y el periodo de tiempo seleccionado (en general, se recomienda calcular el indicador para el ámbito nacional de forma anual). Se recomienda elaborar una tabla de datos en la que se muestre el comportamiento de las dos variables involucradas en el cálculo del indicador, así como los valores del mismo en cada uno de los momentos del tiempo calculados. Así mismo, se recomienda elaborar una gráfica en la que se muestre la evolución del indicador (eje Y) en el tiempo (eje X).
Dentro de las variables de este indicador se encuentra:
RG_{jt}, como la variable que representa toneladas de residuos generados; en la unidad espacial de referencia j, y el tiempo t correspondiente. Esta variable es obtenida del Sistema de Cuenta Ambiental y Económica, flujo de materiales, matriz de generación de residuos sólidos y productos residuales.

Adicionalmente, se tiene RA_{jt}, como la variable que corresponde a las toneladas de residuos utilizados por la industria en procesos de aprovechamiento para cogeneración de energía, biodegradación, reciclaje y/o reutilización; en la unidad espacial de referencia j, y el tiempo t correspondiente.
Acorde con lo anterior, se tiene que la fórmula es:

$$TA_{jt} \frac{\sum RG_{jt}}{RA_{jt}}$$

TA_{jt} = Porcentaje del total de residuos sólidos que son aprovechados, reciclados y reutilizados, en la unidad espacial de referencia j, y el tiempo t correspondiente.
RA_{jt} = Sumatoria de las toneladas de residuos aprovechados, reciclados y reutilizados; en la unidad espacial de referencia j, y el tiempo t correspondiente.
$\sum \mathrm{RG}_{jt}$ = Toneladas de residuos generados en los procesos de producción, consumo y acumulación; en la unidad espacial de referencia j, y el tiempo t correspondiente.
Adicional a esto, es importante tener en cuenta que la generación de residuos incluye la industria manufacturera, servicio de hotelería y los hogares; sin embargo, no existen mediciones físicas para la generación de residuos del sector primario, tanto minería como agropecuario, ni tampoco de todo el sector de servicios. Adicional a este aspecto, no hay registro explícito de la recuperación de productos residuales, se calcula para la oferta de residuos sólidos, aunque no exista registro de transacciones monetarias sobre los productos aprovechados, se toman del balance de residuos sólidos como un agregado.

3.5. Tasa de reciclaje y nueva utilización de residuos sólidos generados

La tasa de reciclaje y nueva utilización es la relación, expresada en porcentaje, entre los residuos sólidos reciclados y reutilizados y la oferta total de residuos sólidos y productos residuales. Se calcula como:

$$TR_{jt} = \frac{RR_{jt}}{RG_{jt}} * 100$$

Dónde:

TR_{jt} = Tasa de reciclaje y nueva utilización, en la unidad espacial de referencia j, y el tiempo t.
RR_{jt} = Toneladas de residuos sólidos de reciclaje y nueva utilización, utilizados por la industria en los procesos de producción; en la unidad espacial de referencia j, y el tiempo t.
RG_{jt} = Oferta total de residuos sólidos y productos residuales; en la unidad espacial de referencia j, y el tiempo t

. BIBLIOGRAFÍA

Cangrejo, N. (2020). Integración de Economía Circular en la industria química colombiana: Propuesta de un sistema de indicadores de desempeño ambiental para medir la circularidad en empresas del sector.

Cury R, Katia1 M.Sc. Aguas M, Yelitza1* M.Sc, Martinez M, Ana1 Esp, Olivero V, Rafael2 M.Sc,, Chams Ch, Linda3. REVISTA COLOMBIANA DE CIENCIA ANIMAL. 2017;122-32.

De Producción, G. (2014). *EFICIENCIA MEDIOAMBIENTAL PARA MEJORAR EL APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS Acción gratuita cofinanciada por el FSE*. www.azti.es

Falla Cabrera Luis Humberto. (2019). *Desechos de Matadero como Alimento Animal en Colombia - Engormix*. https://www.engormix.com/avicultura/articulos/desechos-matadero-como-alimento-t26202.htm

DANE. (2022). METODOLOGÍA GENERAL CUENTA AMBIENTAL Y ECONÓMICA DE FLUJOS DE MATERIALES DE RESIDUOS SÓLIDOS.

Domingo, D. B., Joaquín, F., & García, R. (2019). *Minimización de residuos producidos en la elaboración de productos cárnicos cocidos*.

Dubán Ovidio González Álvarez. Aprovechamiento de residuos agroindustriales para la producción de alimentos funcionales: una aproximación desde la nutrición animal. [Caldas Antioquia]: Corporación Universitaria Lasallista; 2013.

Elizabeth, L., Antony, M., Sair, O., & Andres, R. (2017). *EVOLUCIÓN DE LA INDUSTRIA CÁRNICA EN COLOMBIA*.

Ferrareze, R. R., Baptista, R. D., Silva, S., & Junior, B. (2017). *XX SEMEAD Seminários em Administração A CULTURA DA GESTÃO DE RESÍDUOS: desafios e perspectivas do setor de frigoríficos*.

Frigorífico, D., Katerin, G., & Castillo, L. B. (2012). *PROCESO DE TRANSFORMACIÓN DE INSUMO A PRODUCTO CÁRNICO BOVINO DE LA ORGANIZACIÓN HB CARNES PC*.

Fundación Fórum Ambiental. (2018). 2. Guía sobre Economía Circular y Verde en el mundo local. Como pasar a la acción y herramientas para las entidades locales.pdf.

jaldin, E. (2022). *LOS VERTIDOS DE LOS MATADEROS E INDUSTRIAS CÁRNICAS I.-Importancia del sector*.

José Flórez Cabrera Luis Miguel Otero Rodríguez, M., Ambiental, I., Alejandra Suarez Agudelo, E., & Patricia Lozano Ayarza, L. (2022). *RESIDUOS SOLIDOS INDUSTRIA CARNICA 2 FORTALECIMIENTO DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS*

SÓLIDOS EN LA INDUSTRIA CÁRNICA COLOMBIANA Trabajo de grado presentado como requisito para optar por el título de.

Laura Victoria Peñaranda Gonzalez, Sandra Patricia Montenegro Gómez, & Paula Andrea Giraldo Abad. Aprovechamiento de residuos agroindustriales en Colombia. 2017;141-50.

Martínez, A. N., & Porcelli, A. M. (2018). Estudio sobre la economía circular como una alternativa sustentable frente al ocaso de la economía tradicional (primera parte). LEX, 16(22). https://doi.org/10.21503/lex.v16i22.1659

Ministerio de Comercio, I. y Turismo. (2018). *Uso-Eficiente-de-Recursos*.

Parlamento Europeo. (2021). 3. Economía circular. Definición, importancia y beneficios.pdf. https://www.europarl.europa.eu/news/es/headlines/economy/20151201STO05603/economia-circular-definicion-importancia-y-beneficios

Patricia, C., & Echeverri, R. (2020). *IMPACTO AMBIENTAL GENERADO POR LAS PLANTAS DE BENEFICIO DE GANADO BOVINO EN COLOMBIA*.

Regina Reyes López. (2015). *Propuesta de soluciones para incrementar el uso eficiente de los subproductos ganaderos en base a los principios de P+L*.

Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería. Revista de la Sociedad Méxicana de Biotecnología y Bioingeniería A.C. 2012;16(2):152.

Valavanidis, A. (2018). Concept and Practice of the Circular Economy.