

# **ESTRATEGIAS DE ECONOMÍA CIRCULAR EN LA PRODUCCIÓN DEL SECTOR AZUCARERO EN NORTE DE SANTANDER PARA LA INTERNACIONALIZACIÓN**

CIRCULAR ECONOMY STRATEGIES IN THE PRODUCTION OF THE SUGAR SECTOR IN NORTE DE SANTANDER FOR INTERNATIONALIZATION

Karen Yulieth Ascanio Roper; Angie Daniela Gómez Suárez \*, Oscar Arnulfo Mera Ramirez;  
Angelica María Carvajal Guerrero \*\*

\* Estudiantes del programa Comercio Internacional de la Universidad Francisco de Paula Santander.

Email: [karenyulietharop@ufps.edu.co](mailto:karenyulietharop@ufps.edu.co). ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-9346-3802>;

Email: [angiedanielagsua@ufps.edu.co](mailto:angiedanielagsua@ufps.edu.co). ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-2916-4951>

\*\* Docentes Investigadores del Programa Comercio Internacional de la Universidad Francisco de Paula Santander.

Email: [oscararnulfomr@ufps.edu.co](mailto:oscararnulfomr@ufps.edu.co) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9004-5701> ;

Email: [angelicamariacg@ufps.edu.co](mailto:angelicamariacg@ufps.edu.co) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7093-0842>

## **Resumen**

Este artículo tiene como propósito mostrar la importancia del sector azucarero en Colombia y en especial en el departamento Norte de Santander, siendo la caña de azúcar, un producto agrícola que suele mantener una alta y permanente producción, por lo que se produce una gran cantidad de residuos que no son aprovechados por factores como el desconocimiento o la falta de herramientas. El objetivo principal del artículo es poder analizar las estrategias de la economía circular en la producción del sector azucarero en Norte de Santander con miras a la internacionalización con una metodología cualitativa, descriptiva con revisión sistemática de literatura que proporcione peso en la investigación y se consolide como base de apoyo para la aplicación de los resultados. Dentro de las ventajas del aprovechamiento de los residuos de la caña de azúcar se encuentra la generación de valor agregado, el cual se da con la fabricación de productos a base de los mismos excedentes que suplan las necesidades del mercado y que proporcionen mejoras en la economía regional y en el cuidado al medio ambiente, como también impulsar el empleo en la región. Es importante generar espacios y alianzas que permitan el desarrollo del sector en el departamento.

**Palabras Clave:**

Economía circular, sector azucarero, producción, internacionalización, aprovechamiento de los residuos.

**Abstract**

This article aims to show the importance of the sugar sector in Colombia and especially in the Norte de Santander department, sugar cane being an agricultural product that usually maintains a high and permanent production, which is why a large amount of waste is not used due to factors such as ignorance or lack of tools. The main objective of the article is to be able to analyze the strategies of the circular economy in the production of the sugar sector in Norte de Santander with a view to internationalization with a qualitative, descriptive methodology with a systematic review of literature that provides weight in the research and is consolidated as support base for the application of the results. Among the advantages of using sugarcane waste is the generation of added value, which occurs with the manufacture of products based on the same surpluses that meet the needs of the market and provide improvements in the economy. regional and in caring for the environment, as well as promoting employment in the region. It is important to generate spaces and alliances that allow the development of the sector in the department.

**Keywords:**

Circular economy, sugar sector, production, internationalization, waste management.

**Introducción**

El sector azucarero se consolida como uno de los más fuertes en la región dado que la caña de azúcar es uno de los cultivos permanentes con mayor producción en Norte de Santander, siendo esta el 52.9% (Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2024). Por lo anterior se busca analizar las estrategias de la economía circular que se puedan aplicar al sector en el eslabón de producción para el aprovechamiento de los residuos y de esta forma contribuir al cuidado ambiental, a la generación de negocios verdes, al desarrollo económico del departamento y a la internacionalización con subproductos que sean competitivos en el mercado, a través de una revisión sistemática que permite sondear las estrategias a nivel internacional e identificar cuáles de ellas son las más oportunas y óptimas para aplicar en el

sector azucarero del departamento, el cual es incipiente, ya que no cuenta con ingenios o plantas de producción agroindustrial para la caña de azúcar.

Con la robusta producción de caña de azúcar en el departamento se entiende que hay una gran cantidad de residuos que generalmente no se aprovechan adecuadamente debido a que el departamento no cuenta con infraestructura para darle valor agregado a estos excedentes y a su vez no hay empresas locales que puedan aprovechar los residuos que deja la caña de azúcar. El Instituto Colombiano Agropecuario (ICA, 2018) menciona que la producción del departamento Norte de Santander se enfoca en la fabricación y elaboración de panela, siendo así la actividad económica primordial de algunos municipios de la región. Los municipios en donde se enfocan la producción de la panela en la Región de Norte de Santander son; Convención, Carmen, Cacota, Teorema y Chinácota. Mediante fuentes de Fedepanela y del plan de ordenamiento productivo para la cadena agroindustrial de la panela en Colombia se puede apreciar que tanto porcentaje de la producción de la caña de azúcar es destinado para la elaboración de los subproductos que se puede generar a raíz de los desperdicios. Fedepanela describe que el 61% de la producción de esta planta es dedicada a la fabricación de Panela, el 32% va destinada a la producción del azúcar y el 7% restante se utiliza para mieles, guarapos y forrajes (Fedepanela, 2023).

El presente artículo tendrá la finalidad de analizar cómo está el departamento con la siembra de la caña de azúcar y la reutilización de los residuos y a su vez analizar propuestas para que sirvan de aprendizaje para futuros agricultores y empresarios, que puedan generar nuevas industrias, ya que si bien, la gran mayoría de subproductos se realizan en las grandes ciudades como es el caso del azúcar que se produce y comercializa en la Ciudad de Cali. Por lo tanto, se busca analizar estrategias para el aprovechamiento de estos residuos y así mitigar el impacto ambiental en el departamento, generando también un impacto positivo en la economía regional. Derivados de la caña de azúcar como el bagazo, melaza, cachaza, cenizas de bagazo, vinaza, cogollo y hojas se pueden transformar en biocombustibles y bioplásticos.

## **1. Metodología**

El presente artículo se rige bajo una revisión sistemática con metodología cualitativa y descriptiva, la cual se centra en la búsqueda de literatura y la recolección de información que proporcione información necesaria que ayude a comprender específicamente cómo las estrategias de la economía circular se pueden aprovechar en la cadena logística que genera el sector azucarero. para esto según (Bernal, 2010) menciona una serie de documentos para

hacer el método descriptivo apoyándose en fuentes bibliográficas, académicos, revistas informativas, repositorios de diferentes universidades, documentos gubernamentales y demás, para adquirir la información necesaria acerca del tema con el fin de entender, comprender y abordar correctamente el tema de investigación.

## **2. Plan de redacción**

La economía circular es un método de elaboración y de consumo, no obstante, se encarga de reparar, renovar, reutilizar, darle un segundo uso y reciclar materiales de productos que ya existen para que así su ciclo de vida se expanda (Parlamento Europeo, 2023). En esta práctica, lo que se busca es mitigar el impacto ambiental, generando un segundo uso para los residuos de la caña de azúcar y crear así un valor adicional. La caña de azúcar se distingue por ser efectiva en su proceso de fotosíntesis, por tener una gran capacidad para su elevada producción. De los residuos que genera se pueden obtener alimentos para animales, abonos, pesticidas para controlar plantas indeseables, para mantener la humedad de la tierra y para generar energía (Aguilar, 2014).

Según el reporte del Ministerio de Comercio, Industria y Turismo (2024). Norte de Santander tiene como principal cultivo permanente la caña de azúcar con el 52,9%. Esto indica que en Norte de Santander hay alta producción de caña de azúcar, sin embargo, en la región no se cuenta con ingenios o empresas azucareras que realicen procesos agroindustriales y tampoco se aprovechan los residuos generados por la caña, que pueden llegar a ser insumos o incluso materia prima para la producción de otros bienes de consumo. Estos residuos se pueden aprovechar en el departamento para su transformación con el fin de mitigar el impacto ambiental, generando nuevos productos sostenibles que generen valor agregado y sean competitivos para su internacionalización.

### **Sector azucarero en Colombia**

El sector azucarero es uno de los sectores más robustos en el país, el 1.3% de la producción de azúcar en el mundo corre por cuenta de Colombia y se encuentra dentro de los 20 países más grandes en producción y exportación (LegisComex, 2024). El azúcar es uno de los alimentos más importantes y necesarios desde el inicio de la historia y evolución de la vida humana, es utilizado como materia prima o insumo de innumerables productos de consumo, en especial de los alimentos, desde siempre ha estado presente y lo seguirá estando. Colombia es el cuarto productor de azúcar en Latinoamérica, produciendo más azúcar de la que se puede consumir en el país, el 59% de la producción abastece la demanda nacional, el

33% corresponde a la oferta exportable del país (LegisComex, 2024). Las condiciones climáticas, los pisos térmicos y demás aspectos relacionados con los campos donde se cultiva la caña de azúcar son fundamentales para la calidad del producto. En cuanto a las exportaciones de azúcares y confiterías aumentaron un 8.5% en lo que va del presente año 2024 con respecto al año 2023 (DANE, 2024). Lo que traduce a una gran oportunidad comercial y de posicionamiento en el mercado internacional.

**Tabla 1.** Principales destinos de las exportaciones de azúcar de caña.

Descripción del producto: Azúcar de caña o de remolacha y sacarosa químicamente pura, en estado sólido

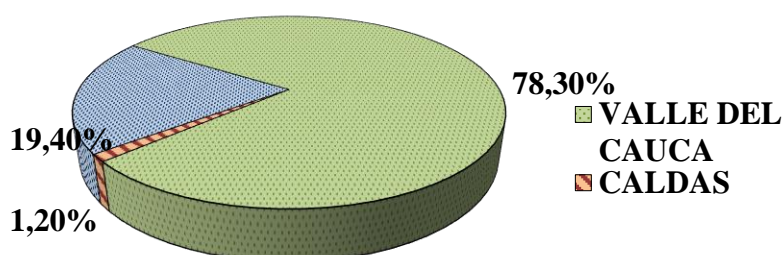
<b>País destino</b>	<b>Año</b>	<b>Valor de las exportaciones por año en USD</b>
Estados Unidos	2021	\$80.568
	2022	\$97.587
	2023	\$127.818
Chile	2021	\$51.444
	2022	\$71.021
	2023	\$81.656
Ecuador	2021	\$11.187
	2022	\$25.779
	2023	\$50.068
Haití	2021	\$34.702
	2022	\$29.175
	2023	\$37.102
Perú	2021	\$42.424
	2022	\$27.468
	2023	\$28.613

Fuente: Trade Map. (2024)

El sector ha sufrido algunos tropiezos en los últimos años dados por la pandemia, los conflictos internacionales y algunos eventos de manifestaciones en las regiones, en especial en la región del Valle del Cauca, donde se centra la mayor producción de caña de azúcar del país, temas como la mala infraestructura vial y complejidad de acceso a algunos municipios de los departamentos productores también genera desventajas para el desarrollo y crecimiento

del sector. En medio del complejo panorama, el sector agroindustrial de la caña de azúcar les apuesta a las estrategias de sostenibilidad, con lo cual se busca el desarrollo de la región, aportando a la consolidación de mejores condiciones de vida para la comunidad y sus habitantes (Asocaña, 2024). Impulsar el trabajo en equipos y la integración de las comunidades es otro de los aspectos que se logra desarrollar con la producción de la caña de azúcar y con el proceso agroindustrial de la misma, dado que se comparten conocimientos de la historia y la evolución del producto y de las formas y herramientas de transformación (Toro, 2022). No solo son beneficios económicos y ambientales sino también sociales.

**Gráfica 1.** Departamentos con mayor producción de caña de azúcar en Colombia



Fuente: MinAgricultura, (2021).

En cuanto a Norte de Santander, su producción de caña de azúcar no es tan alta como la de los departamentos mencionados en la gráfica anterior, pero cuenta con una gran cantidad de hectáreas sembradas, posicionándose como el sexto departamento con mayor producción en el país (MinAgricultura, 2018). La producción en el 2022 en cuanto a hectáreas fue 8.651, con respecto a toneladas fue 392.818 y el rendimiento fue de 45.41% (EVA, 2023). El sector podría estar mejor posicionado, pero los productores nortesantandereanos no cuentan con las herramientas necesarias para la transformación de la caña, muchos de ellos aún utilizan trapiches de madera que funcionan con el apoyo de animales, como los caballo y burros, son muy pocos los que cuenta con trapiches industrializados, otro factor que cabe resaltar es que el traslado de la caña de los campos a los sitios de transformación se realiza con animales (Gobernación de Norte de Santander, 2020). Con lo expuesto anteriormente se entiende que la oportunidad de potencializar el sector en la

región está presente, pero falta la inversión, tanto económica como de infraestructura y conocimiento.

### **Aprovechamiento de los residuos**

Dentro de los productos más típicos derivados de la caña de azúcar se encuentran la azúcar blanca, azúcar morena, azúcar refinada, azúcar saborizada, confitería, dulces y alcohol, y no se puede dejar de lado la producción de los residuos derivados de la agroindustria de la caña, los cuales contemplan grandes cantidades en contraste con la producción de la caña, estos residuos pueden llegar a causar afectaciones medioambientales y de salubridad (Aguilar et al., 2021). Aunque no siempre esto tiene que ser negativo, dado que estos residuos se les puede dar provecho para generar productos con valor agregado y que contribuyan a la economía de las regiones (Gutiérrez et al., 2020). El aprovechamiento de los residuos de la caña de azúcar significa una mejora considerable para el medio ambiente y para la generación de productos que sean sostenibles y competitivos tanto en el mercado nacional como internacional. Productos encaminados a contribuir con el cumplimiento de algunos de los objetivos de desarrollo sostenible, tales como producción y consumo responsable y trabajo decente y crecimiento económico.

Si bien hay que mencionar que la industria azucarera puede generar impactos positivos dentro de una sociedad y economía. Según lo que resalta Urbano en su trabajo de investigación sobre diseños ambientales de la caña de azúcar, es que antes de que se empezará a implementar lo que hoy en día se llama economía circular la caña de azúcar se estaba quemando permanentemente produciendo toneladas de gas carbónico ocasionando una contaminación atmosférica (Urbano, 2020). Por otro lado, el mal y excesivo uso de plaguicidas y fertilizantes pueden dañar las fuentes hídricas y generan la pérdida de ecosistemas (Gasca & Gil, 2023). Dado lo anterior es necesario la aplicación de políticas y medidas que reduzcan el daño ambiental y de salubridad, en Colombia las políticas de implementación de la economía circular han contribuido sustancialmente al aprovechamiento de los recursos agroindustriales y generando valor a los residuos de los mismos (Buraglia, 2021). La aplicabilidad de estas políticas es importante, pero se deben complementar con apoyo económico, de infraestructura y formación, para que los productores, en este caso particular de la caña de azúcar se apropien de las estrategias de la economía circular y las apliquen en sus actividades de producción.

### **Estrategias de la economía circular**

Antes de abordar lo que es la economía circular, es importante mencionar en donde nace su raíz, y es que mediante la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2021) menciona que unas de las problemáticas que pueden afectar al medio ambiente es la creciente demanda de recursos naturales que generan desechos y eso a su vez que la población va en aumento, el calentamiento global, mal manejo sobre residuos y de las fuentes naturales. Es así, como se busca generar un balance en el planeta tierra mediante buenas prácticas y políticas que están optando los gobiernos de los diferentes países. La economía circular es la estrategia que permite obtener mayor cantidad de ahorros dado que optimiza la gestión de la materia prima, reducción de costo ya que se optimiza la gestión de los residuos y/o excedentes y también está la generación de nuevas oportunidades de creación de negocio, la aplicabilidad de esta estrategia puede llegar a generar 11.7 miles de millones de dólares en ahorro con respecto a materia prima, insumos y creación de negocios (Colombia productiva, 2020). Con lo cual se generan ventajas que hacen que los productos ofertados sean aún más competitivos en el mercado mundial dado el consumo sostenible que es una mega tendencia y necesidad, también está el hecho de fortalecer el atractivo de inversión en el país (Gobierno de Colombia, 2019).

El objetivo de la economía circular es mantener el valor de los materiales y productos durante el mayor tiempo, evitar devolver la mayor cantidad posible de residuos a la naturaleza y garantizar que se reintegren a los sistemas de producción para su reutilización. La economía circular se ha convertido en la nueva forma de reestructura la cadena de consumo lineal y así responder a los desafíos y requerimientos del mercado (Prieto et al., 2017). La fundación Ellen MacArthur, (2017) hace referencia a la economía circular como el ciclo de vida de los productos y su posibilidad de que se puedan gestionar desde la reutilización, reciclaje y hasta recuperar la energía y disposición de los materiales para su posible uso. Para Cérda & Khalilova, (2016) la economía circular se refiere a un modelo de negocios innovador en donde va ligado a un sistema de productos-servicios en donde involucra el reciclaje, una transformación del producto que se esté abordando, generando un consumo colaborativo de tal manera que se esté dando una segunda vida al producto que pueda ser eco amigable con el medio ambiente. El inadecuado manejo de los residuos por parte de empresas dedicadas a la agroindustria influye directamente a los problemas medioambientales con los que se tiene que vivir en la actualidad (Aguir et al., 2021). Por ello es esencial la implementación de medidas acordes para la reducción de estas malas prácticas.

**Figura 1.** Ciclo de la Economía Circular.



Fuente: Parlamento Europeo, 2023

Como se ve en la figura anterior, el ciclo de la economía circular comienza en el momento en que un material o sustancia está disponible para su transformación, y luego termina con el procesamiento, diseño, producción y distribución. A la hora de devolver materiales, es importante darle una segunda vida al producto fabricado. Es importante almacenarlo de una manera que no contamine el medio ambiente y permita eliminarlo o reciclarlo de manera significativa. Según lo que mencionan Lagos & Castro, (2019) en su artículo, la caña de azúcar es una de las plantas que convierte la energía solar en una energía química. Como también, los subproductos llegan a poseer un alto grado de contenido de fibra, haciéndola alta en concentración de sacarosa y de otros azúcares que son solubles.

Diferentes formas de uso que se puede implementar con la caña de azúcar. Entre una de ellas está la combinación con otras plantas con el fin de obtener un mejor contenido nutricional en donde compense las deficiencias que se puedan presentar en los cultivos, otra forma como la han utilizado es como fuente de complementación de alimentación para animales en donde suele ser combinado con concentrado de maíz, dicho experimento arrojó en un estudio en donde el animal en promedio ganaba un peso diario entre 576 gr. Lo cual hace que la carne tenga una mejor calidad, proporcionando una mejor dieta comparada contra heno costero o con cultivo de yuca (Lagos & Castro, 2019). Con lo anterior se puede evidenciar en que la caña de azúcar es utilizada en la alimentación animal, ya que tienen una buena relación de hoja y tallo, obteniendo buen contenido de azúcares. La caña de azúcar cuenta con características nutricionales que le aportan energías debido a su alta concentración de azúcares a diferentes especies, como bien puede ser: el bovino, cuyes, cerdos y aves de corral.

Dependiendo de la fracción de la caña de azúcar se puede obtener diferentes calidades en cuanto a los minerales a encontrar como su materia prima, proteína bruta, el calcio y el fósforo. La producción de la panela se puede clasificar en varias categorías de subproductos como; la primera que sería el bagazo, el cogollo y la cachaza. La segunda categoría se puede clasificar como; la melaza, el melote y la sacarosa, que son subproductos transformados para uso en suplementación animal o fertilización (Lagos et al., 2022,). Algunos ejemplos de cómo se puede ver ese ciclo de la economía circular en la caña de azúcar es mediante la extracción del juego de caña, en donde se puede obtener derivados y fermentación para luego obtener un etanol de 96° GL y un 99°GL. Luego que se pueda preparar una bebida de dicho residuo, se puede procesar para la alimentación animal, elaboración de abono para plantas, fabricación de papel y maderas artificiales (Burgos, 2020). Como complemento a lo anterior, si bien hay residuos que genera la caña de azúcar y que se puede reutilizar para un bien y la preservación del medio ambiente mediante suministro de alimentación y energético a los animales, plantas, para realizar bebidas para el consumo humano. También se pueden fabricar papel y entre otras cosas más que se pueden ver en el día a día como bien podría ser envases, empaques de papel, etc.

#### 4. Resultados de investigación

**Tabla 2.**

Sector agroindustrial de la caña de azúcar en Colombia

<b>Variable</b>	<b>Resultado</b>
Cantidad de agricultores	4.500
Cantidad de plantas productoras	14
Cantidad de ingenios	6
Comercializadoras internacionales	1
Instituciones de apoyo	4
Instituciones de apoyo	4
Producción en toneladas de caña	23 millones

Producción en toneladas de azúcar	2.09 millones
Producción de bioetanol en litros	347 millones
Energía generada con el bagazo	1.745 GWh
Toneladas de azúcar exportadas	623 mil
Exportaciones de azúcar en FOB	370 millones de dólares
Representación del PIB nacional	0.6%

---

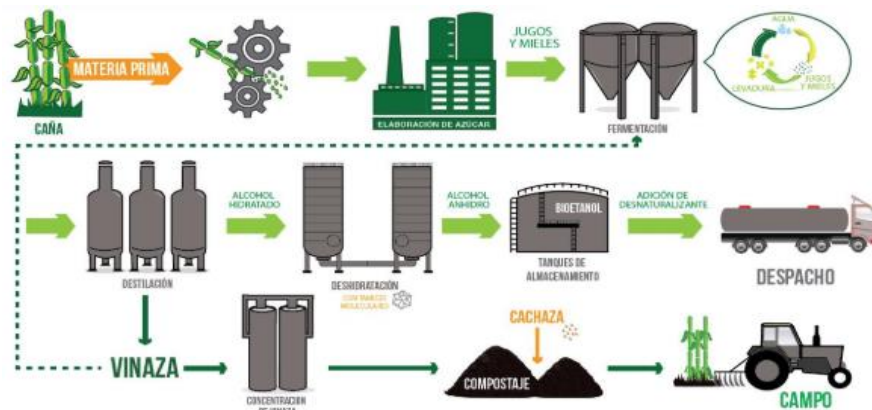
Fuente: Asocaña (2023)

Como se puede apreciar en la tabla 2, el sector azucarero en Colombia cuenta con una producción de caña de azúcar amplia y por ende también una amplia generación de residuos de la misma, que se transforman en otros productos de consumo esenciales en el mercado, aplicando las estrategias de la economía circular y de esta manera aportando a la sostenibilidad tanto económica como social y ambiental juntos con el desarrollo de innovadoras y competitivas unidades de negocios, la aplicación de la economía circular se cataloga como esencial tanto para las grandes empresas como para las pymes en el entorno global (Predassi & Bautista, 2023). El enfoque de la economía circular se basa en la generación de valor dando segundas oportunidades a materiales o residuos que se tienden a creer que su vida útil terminó y de esta manera resguardar los recursos naturales que se han visto afectados por el alto consumo sin conciencia que caracteriza al mundo hoy en día, a continuación, se expondrán algunas de estas medidas.

Los biocombustibles están jugando un papel esencial para el futuro energético, el mayor beneficiario es el sector de transporte, ya que se está disminuyendo el uso de petróleo y sus derivados (Arias et al., 2023). A partir de lo anterior surge la oportunidad de aprovechar las estrategias de la economía circular, con el uso de los residuos de la caña de azúcar para la producción de biocombustibles. Hernández, (2016) director de Biotecnología para Centroamérica y el caribe de CropLie Latín América, resalta que la caña de azúcar es una materia valiosa que sirve para hacer Etanol, este proceso ayuda a que el carro pueda quemar el combustible de forma más eficiente lo cual reduce la contaminación del aire, dicho proceso se produce con la destilación que separa los componentes que tiene la caña de azúcar dejando agua, por un lado, y etanol por el otro. Posteriormente, el etanol se mezcla con gasolina para crear el bioetanol. A continuación, se podrá apreciar la figura 2 sobre el proceso

en el cual se obtiene el bioetanol desde que se extrae la caña de azúcar, también muestra el ciclo de reciclaje de una planta donde se extraen los sustratos, luego el resto se utiliza como fertilizante de campo.

**Figura 2.** El proceso de producción de Bioetanol



Fuente: Asocaña, (2017)

Por otro lado, en Colombia la producción de plástico supera las 700.000 toneladas anualmente y únicamente el 30% es reciclado en nuevos empaques (WWF, 2023). Lo que traduce un gran deterioro para el medio ambiente, por ello es importante concientizar a las personas, contribuir a la generación de hábitos de consumo sostenibles (Castaño Castrillón, 2020). Por lo anterior son necesarias empresas fabricantes de productos a base de plásticos renovables, degradables y reciclados. FKUR, (2024) ubicados en Estados Unidos, Alemania e India, mencionan que han estado trabajando con un material llamado Polietileno Bio-Pe o bioplástico, el cual es fabricado a base de materiales renovables que surgen de la caña de azúcar, dicho plástico es utilizado para recipientes de alimentos, para productos del hogar, artículos deportivos y en productos para la diversión de niños. Este proceso descrito por la empresa mencionada anteriormente para obtener el polietileno biobasado a diferencia del polietileno tradicional, que está hecho a base de petróleo, este está hecho por medio de la caña de azúcar obteniendo el etanol. El polietileno verde se procesa mediante el moldeo por soplado, moldeo por inyección y la extrusión de películas.

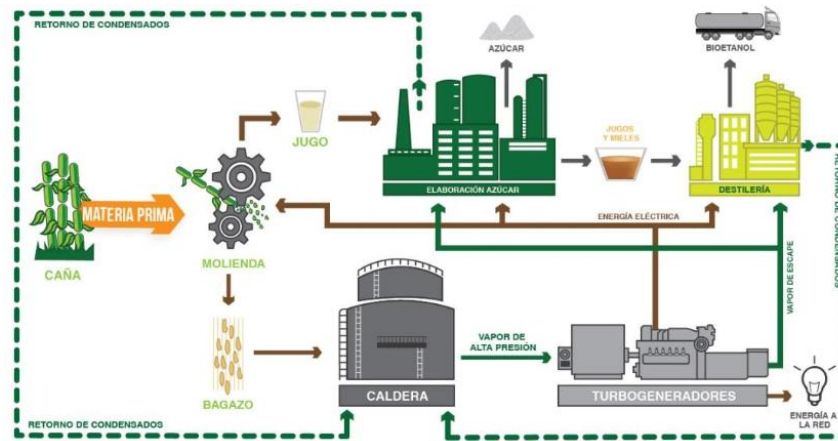
**Figura 3.** El proceso de producción de Polietileno



Fuente: Papier Mettler, (2022)

Por su parte, la cogeneración se ha estimulado en Colombia a partir de la expedición de la Ley 782 del 2022, dado que se genera una renta por la producción de energía desde la biomasa de la caña de azúcar (Verdezoto et al., 2021). Para la generación de energía mediante el procesamiento de la caña de azúcar se hace la cogeneración simultánea con energía eléctrica, mecánica y térmica. Dicho proceso está disponible en la biomasa que se produce en el bagazo de la caña de azúcar, que es un derivado del subproceso de la cosecha y molienda de la planta. El bagazo es utilizado como fuente combustible para poder alimentar las calderas y así utilizar el vapor como energía para el funcionamiento de dichos procesos. El calor del bagazo se utiliza para generar vapor y luego generar electricidad mediante turbogeneradores, los gases de escape del turbogenerador se introducen en el proceso de producción, mientras que la electricidad se utiliza principalmente para el consumo propio y una parte se vende a la red nacional (Asocaña, 2017). En la siguiente imagen se puede apreciar el proceso por el cual debe pasar la caña de azúcar para la generación de la energía, que si bien se obtiene del bagazo, luego procede a pasar por la caldera para finalmente obtener la energía mediante turbogeneradores.

**Figura 4.** El proceso de Cogeneración.



Fuente: Asocaña, (2017)

Adicionalmente, la caña de azúcar resulta muy versátil por sus diferentes opciones de uso, lo que permite que se pueda aprovechar en diferentes sectores económicos. En este caso puntual se puede emplear en la fabricación de productos químicos, tales como el alcohol etílico, mediante la fermentación de azúcares proveniente del bagazo de la caña de azúcar. (Van der Pol et al., 2016) Este alcohol puede ser aplicado en las industrias alimentaria, farmacéutica y cosmética. Por otro lado, el ácido succínico, que es un compuesto aplicado en alimentos y medicinas, también se obtiene del bagazo de la caña de azúcar, el cual contribuye con tratamientos de la piel (Qin et al., 2024) En términos generales los residuos de la caña de azúcar son versátiles y de gran beneficio para la producción de otros bienes de consumo, que son altamente demandados en el mercado tanto nacional como internacional.

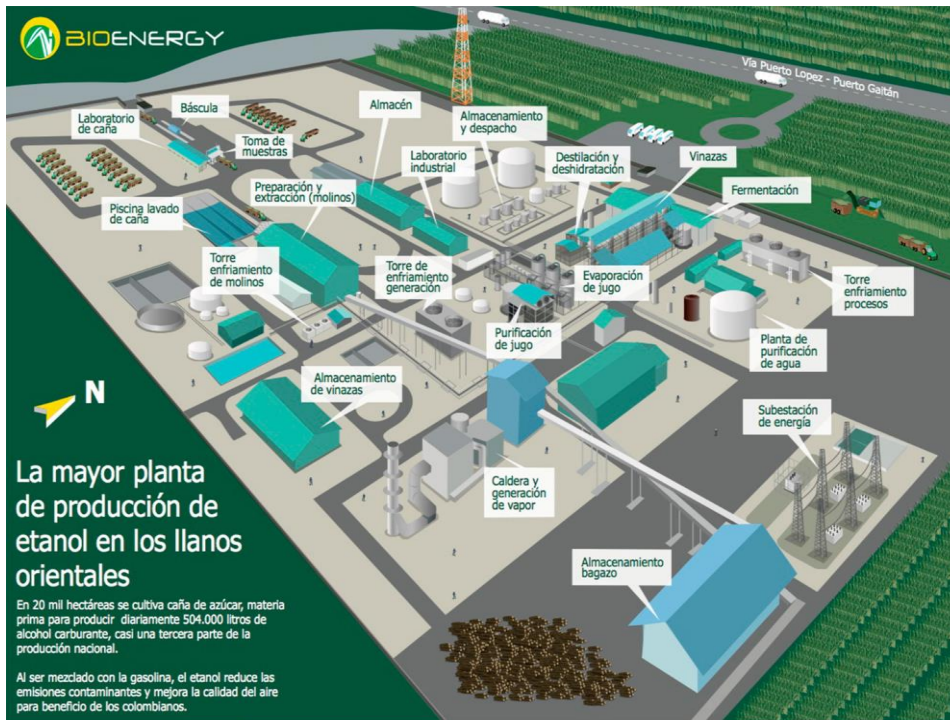
Por último, se contempla la posibilidad de implementar los residuos de la caña para la fabricación de materiales de construcción. Mediante un artículo publicado por Farfán & Pastor, (2018) en la universidad César Vallejo, se evidencia la investigación sobre la utilización de la ceniza del bagazo de la caña de azúcar para la resistencia del concreto siendo así reemplazando el cemento CBCA en proporciones de 20% y 40%, porque esto presenta un mejor comportamiento al momento de los curados. Dicho trabajo abre las puertas para futuras investigaciones y que de esta forma se siga analizando sobre el bagazo de caña en la implementación en las construcciones, haciendo que se reduzca el efecto invernadero, generando oportunidades económicas y medioambientales. Por otro lado, la Asociación Colombiana de Técnicos de la caña, (2024). Mencionan que normalmente la caña de azúcar al momento de cultivarla suele dejar mucho residuo fibroso del tallo, por lo tanto, se convierte en un ingrediente importante para la producción de materiales que le compete al

sector de la construcción. La caña de azúcar se combina con minerales, lo que resulta en bloques de alta resistencia que pueden sustituir ladrillos convencionales de arcilla o concreto.

Es importante ratificar el hecho que el sector agroindustrial de la caña de azúcar es valioso y representativo para la economía del país, ya que de los subproductos que se puede generar a raíz del bagazo y otros residuos se obtiene un sin fin de posibilidades de fuentes de ingresos y productos que hacen contribuir a la economía de una región y de un país, teniendo de caso de la empresa Carvajal Empaques, en donde elaboran una línea de envases a base del bagazo de la caña de azúcar contribuyendo al medio ambiente, ya que dichos envases tienen una menor duración en descomponerse siendo esta de aproximadamente 100 días (Carvajal Empaques, 2021). Estos envases pueden ser utilizados para contener alimentos, servir bebidas tanto calientes como frías, servir preparaciones de alimentos que se deseen consumir al instante. Por lo tanto, dichos envases resultan beneficiosos para las empresas que lo fabriquen, ya que no incurre en costos elevados de mezclarlo con químicos o productos que pueden ocasionar daños al medio ambiente, comparándolo con los plásticos que suele parar en los océanos y dichos plásticos suelen ser devorados por algunos peces y estos luego son de consumo diario para las personas.

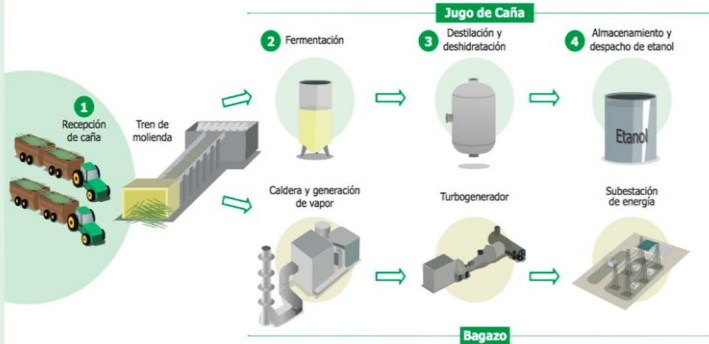
Otro caso que se puede apreciar en el país es de la empresa Bioenergy, es una empresa Agroindustrial productora de Etanol a base de la caña de azúcar. Algo agradable y por destacar de la empresa es que ellos mismo cultivan la planta, la preparan con alta tecnología y la recolectan para su debido proceso de producir etanol. Con la siguiente figura se puede observar el debido proceso de cómo se obtiene el etanol, dicho proceso permite producir alrededor de 500.000 litros diarios, lo cual se mezcla con gasolina para suministrar a vehículos, la empresa generó alrededor de 35 MW, de la cual 19 MW fueron comercializados en la red eléctrica nacional (BioEnergy, 2017). Con el caso de esta empresa se evidencian los beneficios para los usuarios que deseen abastecerse de energía amigable con el medio ambiente y para la población, ya que se da un valor agregado desde el proceso de cosecha, cultivo y extracción. Poder generar energía eléctrica sin necesidad de recurrir al carbón térmico sin generar gran contaminación ambiental, es positivo para la sociedad, el entorno y la visibilidad del país.

Figura 6. Proceso de producción del Etanol



**Producción de etanol en cuatro pasos:**

- 1 Recepción**  
La caña es pesada en la báscula y se verifica su calidad. Luego es picada y entra al tren de molenda, en el que se separa el jugo de caña del bagazo.
- 2 Fermentación**  
El jugo de la caña es purificado y concentrado. Con el uso de levadura, el azúcar de la caña se convierte en alcohol.
- 3 Destilación**  
En esta unidad se completa la deshidratación con tamices moleculares que absorben el agua. Se logra una concentración alcohólica de 99,5 grados.
- 4 Almacenamiento y despacho**  
El alcohol es almacenado y mezclado con gasolina al 3% o 5% para obtener el alcohol carburante que es despachado por carrotonaque.



**Tecnología limpia y autosostenible**

El bagazo que sale de la molenda de la caña se usa en la caldera para calentar el agua y aprovechar su vapor en un turbogenerador que produce energía eléctrica.

La cachaza, uno de los residuos de la caña, se mezcla con la ceniza de la caldera para crear un acondicionador que mejora la calidad del suelo para nuevas siembras.

Las vinazas, residuo de la destilación del jugo de caña, se usa como fertilizante en los cultivos.

Las aguas excedentes del proceso se llevan a la planta de tratamiento de aguas residuales para posterior uso en los mismos cultivos.

**El principal proyecto agroindustrial de la Orinoquía**

Este proyecto permitirá aumentar de 8% a 10% la mezcla de alcohol carburante en el centro del país, con un impacto positivo en la calidad del aire.

El etanol generado a partir de la caña reduce hasta en un 30% las emisiones de gases de efecto invernadero y reducen las emisiones de CO2 al ser mezclados con la gasolina.

Cuenta con una subestación de energía que generará 35 megavatios, de los cuales 13 son para el proceso productivo (autoconsumo) y el resto serán aportados al sistema eléctrico nacional.

El innovador diseño de la siembra (curvas a nivel) permite retener mayor humedad, evitar la erosión y disminuir el uso de agua para riego.

El control de plagas se hace mediante la liberación de un tipo de avispa desarrollado en los laboratorios de BioEnergy.

Durante la construcción del proyecto fueron capacitadas y empleadas más de cuatro mil personas, en su mayoría llaneras.



Fuente: BioEnergy, (2017)

## **Discusión**

En Norte de Santander, la caña de azúcar ha tenido un gran impacto tanto ambiental como económico, en Colombia existen varias alternativas que buscan elevar el uso y consumo de parte de las personas por los productos elaborados de manera sostenible y ecológicos, según Lagos Burbano & Castro Rincón (2019) recalca la importancia que tienen los subproductos provenientes de la caña de azúcar ya que son una excelente alternativa para la producción de diferentes alimentos animales implementando diferentes tecnologías para su obtención.

Colombia en el 2020 fue el sexto país a nivel mundial con mayor producción de caña de azúcar según la Sociedad de Agricultores de Colombia (2021) Actualmente, la industria azucarera colombiana está constituida por trece ingenios azucareros que aproximadamente genera al año 6.5 millones de toneladas de bagazo de las cuales 5.5 millones de toneladas se emplean principalmente como combustible de origen renovable para la generación de energía eléctrica (Fondo de Estabilización de precios del Azúcar, 2024) Esto no solo es beneficioso para las necesidades energéticas de los ingenios azucareros, también aporta de manera positiva a la energía local y a la estabilidad de la energía regional.

Por consiguiente, la importancia de la utilización del residuo de la caña de azúcar a nivel general trae consigo impactos positivos a nivel económico y ecológico, ya que mitiga el impacto ambiental al darle un segundo uso a los residuos generando productos no contaminantes y de utilidad para la sociedad, el bagazo se considera como el principal residuo de la agroindustria de la caña, no obstante, en Colombia el bagazo se ubica en el tercer lugar de las materias primas utilizadas para la producción y elaboración de cartón y papel con una participación del 12.2% (Sociedad de Agricultores de Colombia, 2021) El aprovechamiento de los residuos de la caña de azúcar genera desarrollo económico y empleo en algunas regiones del departamento Norte de Santander, esto promueve la sostenibilidad económica y mejora la calidad de vida de las comunidades locales.

## **Conclusiones**

La caña de azúcar ofrece excelentes oportunidades para la implementación de una economía circular, que permita crear valor a partir de sus residuos y subproductos. El bagazo, la melaza, el vino y otros materiales producidos en la producción de azúcar pueden utilizarse para producir nuevos productos y servicios, con lo que se cierra el ciclo de producción y consumo. Beneficiando a la economía circular en la industria de la caña de azúcar:

reduciendo los residuos, creando nuevos productos, generando nuevos puestos de empleo, mejorando la competitividad y haciéndolo más competitivo a futuro, contribuyendo al desarrollo sostenible del medio ambiente.

Como bien se menciona a lo largo del desarrollo del artículo, las estrategias que se pueden implementar en la economía circular en la industria de la caña de azúcar se pueden ver aplicada en los biocombustibles, bioplásticos, fertilizantes y construcción con materiales del gabazo. La implementación de estrategias de economía circular en la industria de la caña de azúcar requiere un enfoque holístico que incluya a todos los actores de la cadena de valor, desde los productores hasta los consumidores. Es importante promover la colaboración entre empresas, gobiernos, universidades y sociedad civil para desarrollar soluciones innovadoras y escalables que permitan explotar el potencial de la caña de azúcar en una economía circular. La economía circular ofrece a la industria de la caña de azúcar la oportunidad de convertirse en una industria más sostenible, competitiva y productora de valor para todas las partes interesadas

## Referencias

- Aguilar, S. N., Arboleda, L. F., & Uvidia, H. A. (2021). Aprovechamiento de residuos agroindustriales como alternativa en el mejoramiento de la calidad del ambiente. *ALFA*, 5(12). <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v5i15.145>
- Aguilar, N. (2014). Reconversión de la cadena agroindustrial de la caña de azúcar en Veracruz México. *Revista Electrónica Nova Scientia*, 6(12). [https://www.researchgate.net/publication/273475952\\_Reconversion\\_de\\_la\\_cadena\\_agroindustrial\\_de\\_la\\_cana\\_de\\_azucar\\_en\\_Veracruz\\_Mexico](https://www.researchgate.net/publication/273475952_Reconversion_de_la_cadena_agroindustrial_de_la_cana_de_azucar_en_Veracruz_Mexico)
- Almeida, M., & Díaz, C. (n.d.). Economía circular, una estrategia para el desarrollo sostenible. Avances en Ecuador. *Revista Internacional De Administración*. <https://doi.org/10.32719/25506641.2020.8.10>
- Arias, N. A., Xochihua Naranjo, M. F., Falcon Garcia, C. G., Romero Gonzalez, Y., Soto Romo, T. E., Gerónimo Zavala, L. A., & Molina Guerrero, C. E. (2023). Evaluación de tratamientos hidrotermales sobre biomasa de tallo de brócoli para la obtención de azúcares fermentables: una estrategia para incentivar la economía circular. *JÓVENES EN LA CIENCIA*, 21.
- Asocaña. (2017). "El proceso de producción de Bioetanol ". <https://www.asocana.org/modules/documentos/10396.aspx>

- Asocaña. (2017). *Proceso de Cogeneración*.  
<https://www.asocana.org/modules/documentos/10392.aspx>
- Asocaña. (2023). Sector Agroindustrial de la Caña. <https://www.asocana.org/>
- Asocaña. (2024, 8 17). *INFORME ANUAL 2020/2021*. Sector Agroindustrial de la Caña.  
Retrieved May 14, 2024, from <https://www.asocana.org/>
- Bernal Torres, C. A., & Bernal, C. A. (2010). *Metodología de la investigación: administración, economía, humanidades y ciencias sociales* (O. Fernández Palma, Ed.). Pearson Educación. <https://abacoenred.org/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigación-F.G.-Arias-2012-pdf.pdf>
- BioEnergy. (2017). *Etanol y Comercialización*. Home.  
<http://www.bioenergy.com.co/SitePages/Home.aspx>
- Buraglia Osorio, M. (2021). El diseño como estrategia de circularidad en el aprovechamiento de residuos agroindustriales. *Designia*, 8(2).  
<https://revistasdigitales.uniboyaca.edu.co/index.php/designia/article/view/634>
- Burgos, D. (2020). *Desarrollo de un helado tipo sorbete con propiedades funcionales aprovechando subproductos de la caña de azúcar*.
- Carvajal Empaques. (2021). *Empaques de cartón o pulpas y fibras del bagazo de caña de azúcar*. Carvajal Empaques: Inicio. <https://carvajalempaques.com/>
- Castaño Castrillón, H. D. (2020). *EMPAQUES SOSTENIBLES: Aprovechamiento de residuos agroindustriales para disminuir los empaques plásticos de un solo uso*.
- CEPAL. (2021). Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).  
<https://www.cepal.org/es>
- Cérda, E., & Khalilova, A. (2016). *ECONOMÍA CIRCULAR*. *Revista Economía Industrial*.  
<https://www.mintur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/401/CERD%C3%81%20y%20KHALILOVA.pdf>
- Colombia productiva. (2020). *Economía circular: Una forma diferente de hacer negocios sostenibles*. Colombia Productiva - Colombia Productiva.  
<https://www.colombiaproductiva.com/>
- DANE. (2024, 4). *Estadísticas Exportaciones*. DANE - Inicio. Retrieved May 14, 2024, from <https://www.dane.gov.co/>
- Ellen MacArthur. (2017). *Economía circular*. Fundación Ellen MacArthur: Cómo crear una economía circular. <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/es>
- EVA. (2023). *Función Pública: Inicio*. <https://www.funcionpublica.gov.co/inicio>

- Farfán, M., & Pastor, H. (2018). Ceniza de bagazo de caña de azúcar en la resistencia a la compresión del concreto. *Revista de Investigación y Cultura*, 7(3), 10.  
<https://revistas.ucv.edu.pe/index.php/ucv-hacer/article/view/706>
- Fedepanela. (2023). Fedepanela - Federación Nacional de productores de Panela.  
<https://fedepanela.org.co/gremio/>
- Federacion Nacional de Productores de Panela. (n.d.). FEDEPANELA. Fedepanela - Federación Nacional de productores de Panela. <https://www.fedepanela.org.co/>
- FKUR. (2024). Fabricante de plásticos biodegradables y de base biológica.  
<https://fkur.com/es/>
- Fondo de Estabilización de precios del Azúcar. (2024). *Balance azucarero mensual colombiano Asocaña 2000 - 2024 (toneladas)*.  
<https://www.fepa.com.co/modules/documentos/10662.aspx>
- Gasca, J., & Gil, A. (2023). Contaminación de fuentes hídricas por el excesivo uso de agroquímicos en el cultivo de caña de azúcar en el municipio de el cerrito - Valle del Cauca. *Repositorio Institucional UNAD*.  
<https://repository.unad.edu.co/handle/10596/59312>
- Gobernación de Norte de Santander. (2020). *Plan Departamental de Extensión Agropecuaria*. Gobernación de Norte de Santander.  
<https://www.nortedesantander.gov.co/#/inicio>
- Gobierno de Colombia. (2019). *Estrategia Nacional de Economía Circular*. ANDI - Inicio.  
<https://www.andi.com.co/>
- Gutiérrez, C., De Lira, J. A., Efraín Quiroz, E., & Martínez, S. I. (2020). Conversión de residuos agroindustriales para la generación de biocombustibles, productos de valor agregado y bioenergía. *Digital Ciencia UAQRO*, 13(1), 2.  
<https://revistas.uaq.mx/index.php/ciencia/article/view/41>
- Hernández, A. (2016). *Bioteología en caña de azúcar para producir más etanol*. CropLife Latin America: Bienvenidos. <https://croplifela.org/es/>
- Instituto Colombiano Agropecuario - ICA. (2018). ICA: Instituto Colombiano Agropecuario.  
<https://www.ica.gov.co/>
- Lagos, E., Cardona, J., & Castro, E. (2022). Subproductos de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.): usos en alimentación animal y producción de compost. *Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - Agrosavia*.
- Lagos, E., & Castro, E. (2019). Caña de azúcar y subproductos de la agroindustria azucarera en la alimentación de rumiantes. *Agronomía Mesoamericana*, 30(3), 18.

- Lagos Burbano, E., & Castro Rincon, E. (2019). Caña de azúcar y subproductos de la agroindustria azucarera en la alimentación de rumiantes. *Agronomía Mesoamericana*, 30(3), 929. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/am/v30n3/2215-3608-am-30-03-00917.pdf>
- LegisComex. (2024, abril 11). *Informe sectorial azucarero*. legiscomex. Retrieved May 14, 2024, from <https://www.legiscomex.com/informacion/informe-sectorial-azucarero>
- MinAgricultura. (2018). *Reporte MinAgricultura, Caña de azúcar. Septiembre, 2018*. Página Principal Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. <https://www.minagricultura.gov.co/>
- MinAgricultura. (2021). *Reporte trimestral*. Página Principal Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. <https://www.minagricultura.gov.co/>
- Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. (2024, enero). *Perfiles Económicos Departamentales*. Inicio | MINCIT - Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. Retrieved May 14, 2024, from <https://www.mincit.gov.co/>
- Papier Mettler. (2022). *Proceso de producción de Polietileno*. Papier-Mettler. <https://www.papier-mettler.com/index.htm>
- Parlamento Europeo. (2023, 05 24). *Economía circular: definición, importancia y beneficios*. European Parliament. Retrieved May 15, 2024, from <https://www.europarl.europa.eu/>
- Predassi, S., & Bautista Fernández, B. F. (2023). Implementación de economía circular en la industriaEl Diseño Circular como herramienta estratégica. *Innovación y Desarrollo Tecnológico y Social*, 5(037). <https://revistas.unlp.edu.ar/IDTS/article/view/16138>
- Prieto, V., Jaca, C., & Ormazabal, M. (2017). Economía circular: Relación con la evolución del concepto de sostenibilidad y estrategias para su implementación. *Memoria Investigaciones en Ingeniería*. [https://dadun.unav.edu/bitstream/10171/53653/1/Economia\\_Circular.pdf](https://dadun.unav.edu/bitstream/10171/53653/1/Economia_Circular.pdf)
- Qin, Y., Li, Y., Liang, G., Shen, N., Xian, L., & Wang, Q. (2024). Producción eficiente de ácido succínico a partir de hidrolizado de bagazo de caña de azúcar por *Actinobacillus succinogenes* GXAS137. *Fermentation*, 10(1). <https://www.mdpi.com/2311-5637/10/1/22>
- Sociedad de Agricultores de Colombia. (2021, Julio). La agroindustria azucarera busca nuevas fuentes para generar energía, así como obtener otros productos a partir del bagazo. *Revista Nacional de Agricultura, Ed. 1016*. <https://sac.org.co/asocana-el-bagazo-de-cana-ayuda-a-la-seguridad-energetica-nacional/>
- Toro, A. (2022). Fortalecimiento de los procesos productivos de la caña de azúcar (*saccharum officinarum*) para la producción de panela en el municipio de convención,

- Norte de Santander. *Fortalecimiento de los procesos productivos de la caña de azúcar (saccharum officinarum) para la producción de panela en el municipio de convención, Norte de Santander*. <https://ciencia.lasalle.edu.co/>
- Trade Map. (2024). *Principales destinos de las exportaciones de azúcar de caña*. Trade Map - Trade statistics for international business development. <https://www.trademap.org/Index.aspx>
- Urbano, L. (2020). Consecuencia ambiental de la quema extensiva de la caña de azúcar. *Revista Graficas*. <https://revistas.ucp.edu.co/index.php/grafias/article/view/1298>
- Van der Pol, E. C., Eggink, G., & Weusthuis, R. A. (2016). Producción de ácido L(+)-láctico a partir de bagazo de caña de azúcar pretratado con ácido utilizando Bacillus coagulans DSM2314 en una estrategia simultánea de sacarificación y fermentación. *Biotecnología para biocombustibles y bioproductos*, 9(248). <https://doi.org/10.1186/s13068-016-0646-3>
- Verdezoto, L., Parco, F., Jácome, C., Katan, W., & Mora, A. (2021). ENERGÍA RENOVABLE A PARTIR DE LA BIOMASA DE LA CAÑA DE AZÚCAR. *Revista De Investigación Talentos*, 8(1).
- WWF. (2023, 02 24). World Wildlife Fund (WWF). <https://www.wwf.org.co>