

## Los residuos generados en la producción de la industria azucarera en los últimos 25 años



*Wastes Generated by the Cane Sugar Production System in the last 25th years*

García Ramos, C.M; Quirós Roque, V.A.; Rosales Mendoza, L.E.

C.M García Ramos

claudia.garcia@ues.edu.sv

Universidad de El Salvador, El Salvador., El Salvador

V.A. Quirós Roque

qr07004@ues.edu.sv

Universidad de El Salvador, El Salvador, El Salvador

L.E. Rosales Mendoza

rm07129@ues.edu.sv

Universidad de El Salvador, El Salvador, El Salvador

### Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León, Nicaragua

ISSN-e: 2410-7980

Periodicidad: Semestral

vol. 8, núm. 16, 2022

czuniga@ct.unanleon.edu.ni

Recepción: 23 Julio 2022

Aprobación: 10 Octubre 2022

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/394/3943529003/>

DOI: <https://doi.org/10.5377/ribcc.v8i16.15041>

Autor de correspondencia: claudia.garcia@ues.edu.sv

Las únicas condiciones que se exigen al otorgar la licencia de atribución denominada CC-BY-NC-SA son: La Revista (Rev. Iberoam. Bioecon. Cambio Clim.), deberá ser claramente identificada como propietaria de los derechos de autor de la publicación original; y toda obra derivada deberá publicarse y distribuirse bajo la misma licencia de acceso abierto que se otorga en la publicación original.



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

**Resumen:** La investigación se centró en analizar los residuos generados por el sistema de producción de azúcar de caña. La metodología utilizada para obtener la información fue una revisión sistemática en buscadores especializados, el proceso de producción del azúcar de caña, los residuos que genera y los posibles usos que se les puede dar a dichos residuos. Los residuos que salen de su procesamiento pueden afectar a la naturaleza y a las personas. Existen alternativas para transformar dichos residuos y así minimizar los efectos contaminantes al medio ambiente.

**Palabras clave:** agroindustria, procesos, usos, desechos, contaminación.

**Abstract:** The research focuses on the waste generated by the cane sugar production system. The methodology used to obtain the information was a systematic review in specialized search engines, the cane sugar production process, the waste it generates and the possible uses that can be given to said waste. The waste that comes out of its processing can affect nature and people. There are alternatives to transform said waste and thus minimize the polluting effects on the environment.

**Keywords:** agroindustry, processes, uses, waste, pollution.

## NOTAS DE AUTOR

claudia.garcia@ues.edu.sv

## INTRODUCCIÓN

La producción del azúcar de caña a nivel mundial, es de mucha importancia ya que este ingrediente es básico para la preparación de alimentos y bebidas; desde la primera mitad del siglo XVI, cuando se iniciaron los cultivos de la caña en América, la producción se ha realizado de manera ininterrumpida en el continente (Santamaría y García, 2005).

La agroindustria en general produce grandes cantidades de residuos y como menciona Vargas y Pérez (2018), la generación de subproductos o residuos agroindustriales en las diferentes etapas de los procesos productivos es actualmente una problemática a nivel mundial, debido a que en la mayoría de los casos no son procesados o dispuestos adecuadamente, situación que contribuye al proceso de contaminación ambiental.

Los residuos generados por el proceso de producción del azúcar de caña, son diversos y entran en la categoría de residuos agroindustriales. Éstos residuos representan un serio problema de contaminación, debido a los grandes volúmenes en los que son generados. No obstante, los residuos agroindustriales pueden ser revalorizados para generar biocombustibles, productos de valor agregado, así como energía eléctrica y/o calorífica (Gutiérrez *et al.*, 2020).

El impacto de estos residuos se puede disminuir en el medio ambiente y no afectar a las comunidades aledañas a los ingenios azucareros ni a los mantos acuíferos existentes en la zona; la clave es una buena gestión de los residuos que el proceso genera, (Torres Lozada *et al.*, 2015), lo cual permite aprovechar los nutrientes que estos residuos poseen para otros cultivos o para la producción de otros productos como energía, biocombustible, alcoholes, etc.

La investigación realizada para elaborar el presente documento, se enfocó en la selección y revisión de artículos científicos encontrados en buscadores de documentos académicos, bases de datos y revistas científicas, relacionadas con el tema; con el fin de seleccionar la información que permitiera tener una mejor perspectiva sobre los residuos generados por el sistema de producción de azúcar de caña. Los hallazgos permitieron alcanzar el objetivo de conocer el proceso de producción de azúcar de caña, los tipos de residuos generados, si son o no contaminantes para el medio ambiente y sus posibles usos. Para guiar la investigación se formuló la siguiente pregunta: ¿Cuáles son los residuos generados por el sistema de producción de azúcar de caña?

## METODOLOGÍA

### Tipo De Estudio

El tipo de estudio que se realizó fue el descriptivo que consta de una investigación sistemática. Se realizó un Review utilizando la metodología PRISMA; esta metodología realiza revisiones sistemáticas, en base a algunos criterios que permitieron seleccionar artículos relacionados con la descripción del proceso de producción del azúcar de caña y de los residuos generados en dicho proceso, esto según Page *et al.* (2021). La metodología PRISMA tiene por finalidad ayudar a los autores a realizar una revisión sistemática de artículos científicos relacionados con el tema en estudio; es bastante utilizada en todos los ámbitos del conocimiento (Urrutia y Bonfill, 2013).

### Fundamentación de la metodología

Se desarrolló la investigación siguiendo los siguientes criterios en la selección de información: se priorizaron artículos científicos de revistas reconocidas, que fueron publicados en los últimos 25 años, y que estuvieran

relacionados con la temática de residuos agroindustriales provenientes del sistema de producción de azúcar caña.

## Proceso de recolección de información

Se realizó un rastreo de la información en las siguientes fuentes: Google académico, Research four life, Scielo, Redalyc, Google Research. Las palabras utilizadas en la búsqueda de la información fueron “residuos agroindustriales” “residuos de la caña de azúcar” “usos de los residuos de la caña de azúcar”, “proceso de producción del azúcar de caña”, “producción de la industria azucarera”, “tratamiento de los desechos sólidos de la industria azucarera”, “la agroindustria azucarera”.

También se indagó en revistas como: Revistas de Educación Superior, las palabras que se utilizaron fueron “residuos sólidos”, “metodología prisma”, “metodología para el análisis de datos científicos”, “proceso de producción del azúcar de caña”.

Las rutas de búsqueda que se diseñaron para obtener la información, se detallan a continuación:

- Google académico

((Desechos agroindustriales OR Residuos de la caña de azúcar) AND usos de los residuos de la caña de azúcar)

- Research 4 life

((proceso de producción del azúcar de caña OR usos de los residuos de la caña de azúcar) AND (metodología para el análisis de datos científicos))

- Scielo

((“tratamiento de los desechos sólidos de la industria azucarera AND usos de los residuos de la caña de azúcar)

- Redalyc

((Metodología prisma OR metodología para el análisis de datos científicos) AND residuos sólidos)

- Google Research

((Proceso de producción del azúcar de caña OR producción de la industria azucarera) AND tratamiento de los desechos sólidos de la industria azucarera)

## Criterios de Inclusión y de Exclusión

Como criterio de inclusión, se consideraron artículos relacionados con el tema a investigar, en este caso se tomaron en cuenta artículos de revistas científicas publicadas hace 25 años a la fecha y que el contenido de estos artículos, especificarán información de la pregunta de investigación, además de información relevante vinculada a los procesos de la industria azucarera y los residuos que estos generan, otro criterio a considerar es que el artículo podría provenir de fuentes en español e inglés.

Como criterio de exclusión se descartó aquellos artículos que, si bien tenían un título relacionado con la temática a investigar, el contenido no era relevante al tema de investigación, el cual es sobre los residuos generados por el proceso de producción del azúcar de caña. Se excluyeron artículos que estuvieran fuera del tiempo establecido en la delimitación de la investigación, además y tal como se recalca anteriormente los artículos tenían que estar publicados en revistas científicas.

## Selección de Artículos

(Error 3: No existe una URL relacionada)

En la búsqueda de artículos en internet, con los motores de búsqueda y revistas científicas, se encontraron 66 artículos, de lo cual se puede detallar: Google académico: 35 artículos; Research four life: 4 artículos; Scielo: 10 artículos; Redalyc: 9 artículos; Google Research: 8; posteriormente se aplicaron los criterios de inclusión y exclusión mencionados anteriormente obteniendo un total de 41 artículos seleccionados y utilizando el método PRISMA se determinó la información específica para la investigación planteada. Las instituciones consultadas con sus respectivas revistas se pueden verificar en el cuadro del Anexo 1.

## CONTENIDO

### 1. La caña de azúcar

Según Santamaría y García (2005) la caña de azúcar es un cultivo introducido en el continente americano por los colonizadores europeos, pues se menciona que fue un hecho en el que intervinieron navegantes, conquistadores, colonizadores y frailes procedentes de la Península Ibérica.

Es por ello que en la actualidad muchos países latinoamericanos producen caña de azúcar, por lo que puede decirse que es un cultivo importante el cual produce efectos en el ambiente que rodea a los sistemas de producción dedicados a la elaboración de azúcar de caña. Los procesos de producción del azúcar de caña generan residuos. Para comprender mejor el tema vale la pena definir qué son los residuos.

### 2. Residuos en general

Según García *et al.* (2019), existe la creciente preocupación de la sociedad por preservar el ambiente e implementar técnicas de ecológicas que no afecten la salud de las personas y disminuyen el nivel de contaminación del aire, suelo y agua, que implica que se gestione y apliquen planes de manejo de los desechos y así contribuir a la protección del medio ambiente. Siguiendo a Contreras (2008) citado por Sáez y Urdaneta, (2014) algo que afecta el manejo de los residuos es la relación con el ambiente, la afectación de los residuos sobre la tierra, el agua y el aire.

Según Calva-Alejo y Rosas, (2014); Alcocer *et al.* (2019), los residuos sólidos urbanos se refieren explícitamente a dos fenómenos íntimamente relacionados: 1) la expansión humana que se expresa en la ocupación, explotación y predominio de la especie en prácticamente todos los ecosistemas y rincones del planeta y 2) la lógica de producción-consumo industrial-capitalista. Los residuos sólidos se relacionan entre sí los seres humanos con los ecosistemas y el planeta, así como también la producción de la materia prima y los desechos que se producen.

Los procesos de producción agroindustriales en general tienden a generar residuos los cuales lógicamente pueden afectar a los ecosistemas y comunidades que rodean a los distintos sistemas de producción. El nivel de afectación puede variar de un sistema a otro y eso dependerá de cómo, dónde y cuándo se produce además de la cantidad de residuos que se generan y del tratamiento que se les dé.

Respecto a la industria de la caña de azúcar se ha comprobado que, en la mayoría de los casos, las producciones relacionadas con la misma provocan un efecto negativo hacia el medio ambiente, dado principalmente por el vertido de residuos materiales y energéticos al medio, no existe un aprovechamiento adecuado de los recursos en estos procesos (González *et al.*, 2012).

Los residuos de la caña de azúcar como bagazo, vinaza y otros, ocasionan impactos significativos en la contaminación ambiental en consecuencia se tienen otros problemas como ríos contaminados, uso incorrecto y contaminante en la utilización y disposición final de la vinaza y el bagazo (Gálvez *et al.*, 2019).

Los residuos del proceso de producción de azúcar de caña se generan durante la transformación que tiene la caña como materia prima para producir azúcar u otros derivados. Al igual que en otras actividades de carácter agroindustrial, cada uno de éstos residuos se producen en determinadas fases del proceso de producción.

### 3. Reciclaje de los residuos sólidos de la producción de caña

Según Prado-Martínez *et al.* (2012) la caña de azúcar y el bagazo de maíz son las primeras materias primas utilizadas para la preparación alternativa de pulpa para papel. Se han realizado diferentes estudios para

determinar sus contenidos de celulosa, lignina y cenizas para evaluar la pureza de la pulpa, y se ha encontrado que el trabajo con estos residuos requiere de más trabajo para la pulverización y blanqueo lo que es importante en el proceso de industrialización

#### **4. Proceso de Producción**

El proceso de producción del azúcar de caña tiene diferentes fases las cuales se pueden definir según Ruiz y Sandino (2013).

##### **a. Alimentación de la caña.**

Consiste en el pesaje de la caña que llega al ingenio y su descarga sobre las mesas de alimentación.

##### **b. Molienda**

El molino o trapiche consta de unidades múltiples que utilizan combinaciones de tres rodillos, a través de los cuales pasan sucesivamente la caña exprimida o bagazo. Para ayudar a la extracción de jugo se aplican aspersiones de agua o jugo diluido sobre la capa de bagazo según sale de cada unidad de molienda; lo anterior contribuye a extraer por lixiviación el azúcar.

##### **c. Clarificación**

El jugo obtenido en la etapa de molienda es de carácter ácido (pH aproximado: 5,2), éste se trata con lechada de cal, la cual eleva el pH con el objetivo de minimizar las posibles pérdidas de sacarosa. La cal también ayuda a precipitar impurezas orgánicas o inorgánicas que vienen en el jugo y para aumentar o acelerar su poder coagulante, se eleva la 17 temperatura del jugo encalado mediante un sistema de tubos calentadores.

##### **d. Evaporación**

Este proceso se da en evaporadores de múltiples efectos al vacío, que consisten en una solución de celdas de ebullición dispuestas en serie. El jugo entra primero en el pre evaporador y se calienta hasta el punto de ebullición. Al comenzar a ebullicir se generan vapores los cuales sirven para calentar el jugo en el siguiente efecto, logrando así al menor punto de ebullición en cada evaporador.

##### **e. Cristalización**

La cristalización tiene lugar en tachos al vacío de simple efecto, donde el jarabe se evapora hasta quedar saturado de azúcar. En este momento se añaden semillas a fin de que sirvan de núcleos para los cristales de azúcar, y se va añadiendo más jarabe según se evapora el agua. El crecimiento de los cristales continúa hasta que se llena el tacho.

##### **f. Centrifugación**

La masa pasa por las centrifugas, máquinas agrícolas en las cuales los cristales se separarán del licor madre por medio de una masa centrífuga aplicada a tambores rotatorios que contienen mallas interiores. La miel que sale de las centrifugas se bombea a tanques de almacenamiento para luego someterla a superiores evaporaciones y cristalizaciones en los tachos. Al cabo de tres cristalizaciones sucesivas se obtiene miel final que se retira del proceso y se comercializa como materia prima para la elaboración de alcoholes.

##### **g. Secado**

La azúcar húmeda se coloca en bandas y pasa a las secadoras, que son elevadores rotatorios donde el azúcar queda en contacto con el aire caliente que entra en contracorriente. El azúcar debe tener baja humedad, aproximadamente 0.05 %, para evitar los terrones.

Como se ha visto el proceso de producción del azúcar de caña pasa por distintas etapas antes de obtener el resultado final. Todas las actividades realizadas para obtener el azúcar dependen de las materias primas que entran al sistema de producción y en cada fase generan salidas o desechos. Para tener una visión más clara del proceso está la figura 1.1.

#### **5. Residuos que genera el proceso de producción del azúcar de caña.**

Según lo establecen Ruiz y Sandino (2013), la industria azucarera genera distintos tipos de residuos, los cuales se pueden agrupar por el estado en que se encuentran, tales como residuos en estado sólido, líquido y gaseoso:

Entre las principales fuentes generadoras de residuos sólidos se observan:

- Chatarra: se genera durante el proceso de mantenimiento preventivo o correctivo del equipo y maquinaria del ingenio, los cuales son guardados en bodegas y luego descartados mediante empresas que compran este material.

- Ceniza: La ceniza de calderas es el residuo que se deposita en las parrillas de los hornos, durante la quema de bagazo.

- Bagazo: Residuo fibroso de la molienda de la caña. Su combustión puede satisfacer las necesidades de energía del ingenio y también generar energía adicional con los consecuentes beneficios económicos y ecológicos. El bagazo se puede guardar en pacas compactadas, las cuales se pueden almacenar en bodegas, las cuales pueden utilizarse en otro momento según un estudio de Triana-Hernández *et al.* (2014), el almacenamiento del bagazo en condiciones ambientalmente aceptables y controladas, puede crear nutrientes como Celulosa, Lignina, Pentosanos, los cuales constituyen nutrientes importantes para otros cultivos.

- Bagacillo: partículas finas de bagazo, este se obtiene de forma específica dentro de las unidades productivas para aplicaciones internas, mediante tamizado o separación con aire del último molino. El bagacillo recuperado debe ser de consistencia fina y libre de fibras largas.

- Cachaza: según Basanta *et al.* (2007), Contreras-Santos (2008) es un residuo esponjoso, amorfo, de color oscuro a negro, que absorbe grandes cantidades de agua, se produce durante la clarificación del jugo de caña. En el caso de la cachaza se han realizado estudios como se puede leer en el artículo científico de Arreola *et al.* (2020) y se ha comprobado que este residuo tiene propiedades para fortalecer la tierra donde se cultivarán alimentos, los altos niveles de nitrógeno y potasio aportan los nutrientes necesarios para una buena siembra Velazco *et al.* (2007).

- Basura doméstica: se genera producto de las necesidades humanas, este tipo de residuos generalmente son tratados por sistemas de recolección de desechos sólidos de los gobiernos locales.

**Residuos líquidos.** Pueden clasificarse en cuatro grandes flujos:

- Melaza: es el líquido denso y viscoso que se separa de la masa cocida final de bajo grado a partir del que no es posible cristalizar azúcar adicional mediante los métodos corrientes.

- Aguas de servicio en el proceso del azúcar: es el agua utilizada para el proceso de producción del azúcar de caña. Este tipo de agua es llamada agua vegetal, según Santiesteban *et al.* (2014) ya que esta forma parte de la estructura de la caña de azúcar.

- Aguas de lavado en el ingenio y la destilería: es el agua que se utiliza para limpiar equipo y maquinaria además del área de destilería. Este tipo de agua es llamada agua cruda según Santiesteban *et al.* (2014) y es la que proviene de pozos, tuberías de agua potable, ríos, etc.

- Aceites y grasas lubricantes por lavado y mantenimiento de máquinas y equipos: líquidos utilizados para el lavado y mantenimiento de equipos.

Residuos gaseosos según Hernández-Garcés *et al.* (2019) son los que producen las chimeneas del ingenio, tales como:

- Óxido de nitrógeno: producto de la combustión del bagazo el cual es liberado al medio ambiente por la chimenea.

- Dióxido de azufre: este residuo gaseoso se genera dependiente del sistema de tratamiento de efluentes.

- Monóxido de carbono: producto de la combustión del bagazo en el área de caldera, de donde se provee calor para el proceso de fabricación del azúcar de caña, este es liberado al ambiente directamente por la chimenea.

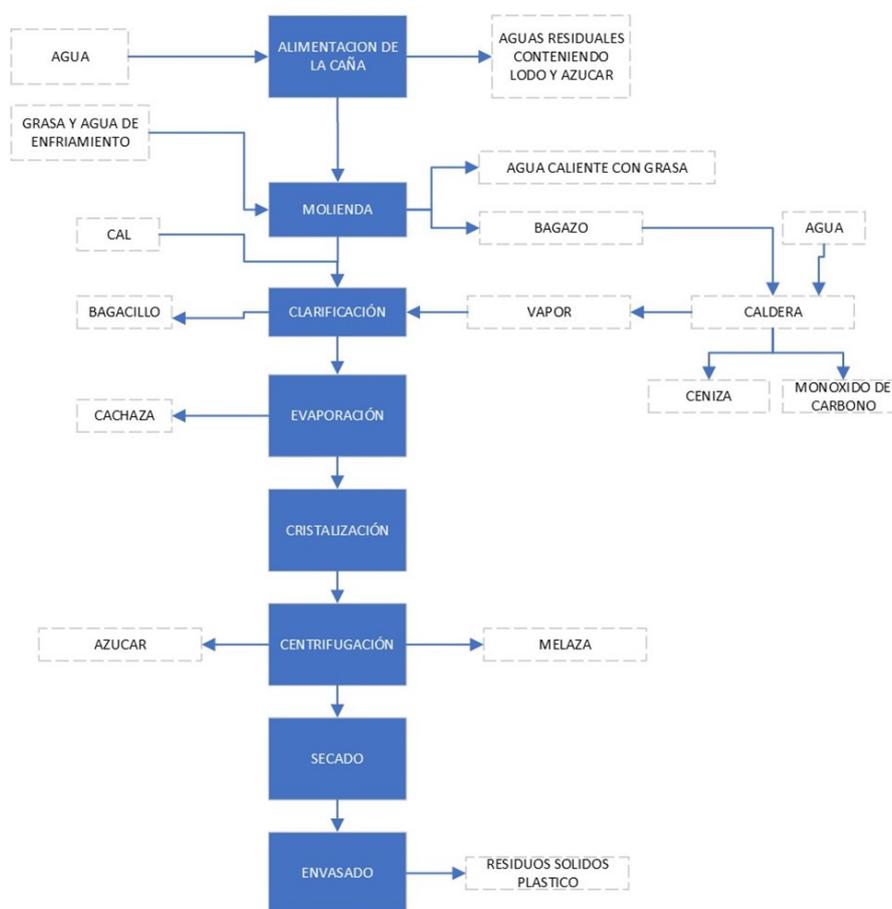


FIGURA 1.1.

Fuente del artículo científico “Propuesta metodológica para la gestión de residuos en la industria azucarera usando lean manufacturing”

Ruiz y Sandino (2013)

## 6. Posibles usos

Debido a factores como la contaminación, la reducción de recursos naturales y la crisis climática, es de vital importancia la búsqueda de alternativas que traten de disminuir los impactos que la agroindustria y los residuos generados por ésta tienen en los ecosistemas. Gómez (2021) menciona que la agroindustria genera impactos medioambientales y estos a su vez sociales.

Rangel et al. (2015) dicen que los recursos naturales son vistos como bienes escasos, cuya disponibilidad no es permanente y de ahí la importancia de su correcto aprovechamiento y reutilización. Según Colón et al. (2021), el sector primario es el que provee una diversidad de servicios ecosistémicos o ambientales. Sin embargo, muchos de los procesos generan gran cantidad de biomasa que no está siendo aprovechada.

Autores como Cury *et al.* (2017) mencionan que en algunos casos si los residuos son tratados pueden convertirse en un producto útil y de mayor valor agregado que solucione una problemática y genere ingresos económicos adicionales. En el panorama de un uso sustentable se concibe la idea de reducir lo más posible la producción de residuos, una de las maneras de reducirlos es convirtiéndolos en materia prima de co-productos de valor agregado (Orta *et al.*, 2017). Esto ha propiciado el desarrollo de investigaciones orientadas a la utilización o reutilización de los residuos generados.

En el caso del sistema de producción del azúcar de caña se han explorado diversas líneas que han tratado de encontrar alternativas viables para reducir la afectación que éstos residuos tienen en el medio ambiente. Se han hecho investigaciones respecto a la generación de energía eléctrica, elaboración de abonos orgánicos,

biocombustibles, etc. (Velasco et al., 2017), todo esto elaborado con los residuos que la industria produce. Se pueden tomar medidas como la sugerida por Domínguez *et al.* (2014) la cual es diseñar e implementar un plan de gestión de residuos generados en el proceso productivo.

Autores como Rosas, *et al.* (2016), quienes son citados por Gálvez *et al.* (2019) mencionan que los residuos que se generan en algunos procesos productivos incluido el de la industria azucarera, se pueden convertir en fertilizantes orgánicos o mejoradores de suelos agrícolas, con lo cual se da un valor agregado a estos subproductos. Por ejemplo, según Quirós y Pérez (2013); Matheus (2004) el compost de cachaza proveniente de la caña de azúcar tiene un efecto positivo sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

Uno de los problemas que presenta la siembra de caña de azúcar es la utilización de agroquímicos, los cuales son contaminantes. La elaboración de abonos orgánicos utilizando los residuos de la caña de azúcar puede ser una alternativa la cual si se utiliza en el mismo cultivo de la caña podría disminuir el uso de químicos en las labores agrícolas. Arreola *et al.* (2020) menciona que el uso de abonos orgánicos en la producción agrícola cobra importancia en la actualidad, ante la necesidad de mejorar la fertilidad de suelos y hacer un uso racional de los fertilizantes químicos.

En una investigación de Suárez *et al.* (2019), se menciona que, debido a la crisis existente en el mercado del petróleo, el modelo energético mundial está tomando un nuevo rumbo hacia la búsqueda de alternativas eco eficientes. Solano *et al.* (2020) mencionan que surge una necesidad actual cuya tendencia es desarrollar sistemas de generación de energía con fundamento en la utilización de energías renovables. Autores como Gómez-Castro *et al.* (2019) dicen que los biocombustibles son una alternativa para sustituir parcialmente los combustibles derivados del petróleo.

Gómez *et al.* (2019) menciona que los biocombustibles poseen interesantes ventajas, entre las que destacan que podrían obtenerse a partir de materia prima considerada como desecho. Desechos no aprovechados como los residuos agroindustriales pueden ser utilizados como materias primas; en particular el bagazo es un desecho de las producciones de la industria de la caña de azúcar de gran potencial para la fabricación de etanol (Suárez *et al.*, 2019).

Penedo y Manals, (2015) mencionan que los residuos de biomasa son diversos y pueden ser utilizados como fuente de energía, entre ellos pueden mencionarse el bagazo y la paja de caña. Otero *et al.* (2011) señalan que la producción de biocombustibles no está exenta de impacto ecológico negativo. Por otra parte, Placeres et al. (2012), recomiendan que se deben aprovechar los residuos de las producciones agrícolas y agroindustriales como materia prima para la producción de biocombustible sin que esto interfiera en el uso adecuado de la tierra en la producción de alimento.

En el caso de El Salvador según Marinero *et al.* (2015), la promoción de biocombustible proveniente de la caña de azúcar puede hacer que éste cultivo compita con el área que se dedique a la siembra de granos básicos, y afectar la seguridad alimentaria debido a que la agricultura de subsistencia, está en manos de los pequeños agricultores que poseen pequeñas áreas de producción.

Por supuesto para dar usos a los residuos se debe contar con los medios apropiados para transformarlos en subproductos. Como menciona León *et al.* (2013), la paja de la caña de azúcar es un residuo beneficioso si se usa correctamente en formas como fertilizante para los suelos y combustible en la industria para generar electricidad. La innovación para el tratamiento y la reutilización de residuos debería ser promovida para disminuir los efectos negativos de éstos en el ambiente.

Si se cuenta con la capacidad necesaria se pueden utilizar los residuos de la caña de azúcar en la generación de energía eléctrica. El bagazo obtenido en una etapa de producción, es una fuente renovable para la producción de energía calórica a través de la cogeneración, (Verdezoto *et al.*, 2021). La energía producida de esta forma puede ser utilizada dentro del mismo sistema de producción de la caña de azúcar.

## CONCLUSIONES

Los residuos sólidos son sustancias sólidas o semi sólidas, materiales que después de su vida útil son desechados en actividades de producción o de consumo, los cuales al no darles el tratamiento adecuado pueden causar efectos negativos en el medio ambiente y la salud.

Si bien no todos los residuos que se generan en el proceso de producción de la azúcar de caña pueden ser reutilizados; existen métodos de tratamiento oportuno, que permiten minimizar los efectos contaminantes de algunos de ellos en el medio ambiente.

La reutilización de residuos generados por el sistema de producción del azúcar de caña puede contribuir a la disminución de la contaminación ambiental. Los esfuerzos en esa área deberían ir encaminados en reducir los impactos negativos a través de la transformación de residuos utilizando la innovación tecnológica y las prácticas agrícolas sostenibles, tomando en cuenta el bienestar de los ecosistemas y las comunidades.

## BIBLIOGRAFIA

- Alcocer Quinteros, P. R., Cevallos Muñoz, O. & Knudsen González, J. (2019). Mejoramiento de la gestión integral de los residuos sólidos urbanos en el cantón de Quevedo, Ecuador. *Revista Universidad y Sociedad*, 11(5), 362-367. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2218-36202019000500362&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2218-36202019000500362&script=sci_arttext&tlng=pt)
- Arreola Tostado, J. M., Montoya Jasso, V. M., Arreola Nava, J. M., Castillo Valdez, X., Olivares Arreola, E. A. & Báez Pérez, A. (2020). Efecto de la aplicación de levasa (mosto de caña de azúcar) en la producción y calidad de Agave Tequilana Weber. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*, 11(6), 1311-1324. Disponible en: <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i6.2216>
- Basanta R, García M, Cervantes J, Mata H, Bustos G (2007). Sostenibilidad del Reciclaje de Residuos de la Agroindustria Azucarera: Una Revisión. *Revista Ciencia y Tecnología Alimentaria* Vol. 5(4):293-305. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/11358120709487704> <https://doi.org/10.1080/11358120709487704>
- Colon-García, A. P., Catari-Yujra, G., & Alvarado, E. (2021). Los senderos productivos de la bioeconomía: El caso Honduras. *Revista Iberoamericana Bioeconomica Cambio Climático*, 7(14): 1713-1726. Disponible en: <https://doi.org/10.5377/ribcc.v7i14.12820>
- Contreras Santos, M. J. (2008). Evaluación de experiencias locales urbanas desde el concepto de sostenibilidad: el caso de los desechos sólidos del municipio de Los Patios (Norte de Santander, Colombia). *Revista Trabajo Social*, (10), 109-134. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/tsocial/article/view/14084>
- Cury, K., Aguas, Y., Martínez, A., Olivero, R., & Ch, L. C. (2017). Residuos agroindustriales su impacto, manejo y aprovechamiento. *Revista Colombiana de Ciencia Animal-RECIA*, 9(51): 122-132 <https://doi.org/10.24188/recia.v9.nS.2017.530>
- Calva-Alejo, C. L., & Rojas-Caldelas, R. I. (2014). Diagnóstico de la gestión de residuos sólidos urbanos en el municipio de Mexicali, México: retos para el logro de una planeación sustentable. *Información tecnológica*, 25(3), 59-72. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642014000300009>
- Domínguez-Manjarrez, C. A., Bravo-Álvarez, H., & Sosa-Echeverría, R. (2014). Prevención, minimización y control de la contaminación ambiental en un ingenio azucarero de México. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 15(4), 549-560. [https://doi.org/10.1016/S1405-7743\(14\)70653-5](https://doi.org/10.1016/S1405-7743(14)70653-5)
- Gálvez Torres, E., Legua Cárdenas, J., Cruz Nieto, D., Caro Soto, F., & Inga Sotelo, M. (2019). Evaluación de Abono Orgánico de Vinaza y Bagazo de la Caña de Azúcar para la producción ecológica de rabanito (*Raphanus sativus* L.). *Aporte Santiaguino*, 12(2), 236-249. Disponible en: <https://doi.org/10.32911/as.2019.v12.n2.645>
- García Batista, R. M., Socorro Castro, A. R., & Vanessa Maldonado, A. (2019). Manejo y gestión ambiental de los desechos sólidos, estudio de casos. *Revista Universidad y Sociedad*, 11(1), 265-271. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2218-36202019000100265&script=sci\\_arttext&tlng=en](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2218-36202019000100265&script=sci_arttext&tlng=en)

- Hernández-Garcés, A., Reynosa-Valladares, M., Hernández-Bilbao, F., & Canciano-Fernández, J. (2019). Emisión de contaminantes atmosféricos procedentes de centrales azucareros santiagueros. *Tecnología Química*, 39(2), 390-402.
- Gómez Castro, F. I., Gutiérrez Antonio, C., Hernández, S., Conde Mejía, C., López Molina, A., Morales Rodríguez, R. & Morales Rodríguez, R. (2019). Producción de biocombustibles en México: Parte 1. Materias primas. *Digital Ciencia@UAQRO*, 12(2), 41-50. Disponible en: <https://revistas.uaq.mx/index.php/ciencia/article/view/30>
- Gómez Castro, F. I., Gutiérrez Antonio, C., Hernández, S., Conde Mejía, C., López Molina, A. & Morales Rodríguez, R. (2019). Producción de biocombustibles en México: Parte 2. Procesos de producción y áreas de oportunidad. *Digital Ciencia@UAQRO*, 12(2), 51-60. Disponible en: <https://revistas.uaq.mx/index.php/ciencia/article/view/31>
- Gómez-Rodríguez, D. T. (2021). Tendencias e instrumentos para identificar la sostenibilidad en la agroindustria. *Revista Iberoamericana Bioeconomica Cambio Climático*, 7(14), 1700-1712. Disponible en: <https://doi.org/10.5377/ribcc.v7i14.12819>
- Gonzales, M., Gonzales, E., Gonzales, V., & Albernas, Y. (2012). Impacto de la integración de los procesos de azúcar y derivados. *Tecnología química*, 33(1), 21-31.
- Gutiérrez-Antonio, C., De Lira-Flores, J. A., Quiroz-Pérez, E., & Martínez-Guido, S. I. (2020). Conversión de residuos agroindustriales para la generación de biocombustibles, productos de valor agregado y bioenergía. *Digital Ciencia@UAQRO*, 13(1), 27-35. Disponible en: <https://revistas.uaq.mx/index.php/ciencia/article/view/41>
- León-Martínez, T. S., Triana-Hernández, O., Dopico-Ramírez, D. & Medina-Estevez, M. (2013). Paja de la caña de azúcar. Sus usos en la actualidad. ICIDCA. *Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 47(2), 13-22. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223128548003.pdf>
- Marinero-Orantes, E. A., Vargas Cañas, J. I., Catari, G., Martínez, L., Sardiñas Gómez, O. F. & Zúñiga González, C. A. (2015). Análisis de la agenda pública y privada de la Bioeconomía en Centroamérica y el Caribe: Estudios de Caso de El Salvador, Honduras, Cuba y Nicaragua. *Revista Iberoamericana Bioeconomica Cambio Climático*, 1(1), 242-284. Disponible en: <https://doi.org/10.5377/ribcc.v1i1.2151>
- Page M. et al. (2021). Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. *Revista Española de Cardiología*, 74(9), 790–799. doi:10.1016/j.recesp.2021.06.016 10.1016/j.recesp.2021.06.016
- Matheus, J. (2004). Evaluación agronómica del uso de compost de residuos de la industria azucarera (biofertilizante) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *Bioagro*, 16(3), 219-224. Disponible en: [http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S1316-33612004000300009&script=sci\\_arttext](http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S1316-33612004000300009&script=sci_arttext)
- Orta-Guzmán, Vanesa Natalie, Lois-Correa, Jorge Aurelio, Llanes-Gil-López, Diana Isis. & Sánchez-Pardo, María Elena (2017). Panorámica en México de la utilización de los residuos agroindustriales: residuos fibrosos de la caña de azúcar. ICIDCA. *Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 51(1),39-42.
- Otero-Rambla, M. A., & Faife-Pérez, E. & Álvarez-Delgado, A. (2011). Impacto ambiental de la producción de agrocombustibles. ICIDCA. *Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 45(2),19-27.
- Penedo-Medina, M. & Manals-Cutiño, E. M. (2015). Caracterización del bagazo de caña como biomasa vegetal. *Tecnología Química*, 35 (2):179-192
- Placeres Remiur, A., González Suárez, E., Concepción Toledo, D. N., Mesa Garriga, L. & González Herrera, I. (2012). Gestión de Ciencia y Técnica para el desarrollo prospectivo de tecnologías obtención de etanol, coproductos y otros biocombustibles de la industria de la caña de azúcar. *Revista Centro Azúcar*, 39(2):41-55
- Quiroz Guerrero, I., & Pérez Vázquez, A. (2013). Vinaza y compost de cachaza: efecto en la calidad del suelo cultivado con caña de azúcar. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 4(SPE5), 1069-1075.
- Rangel Cura, R., Zúñiga González, C., Colón García, A., Losilla Solano, L., & Berrios-Zepeda, R. (2015). Medición de la contribución de la bioeconomía en América Latina: caso Cuba. *Revista Iberoamericana Bioeconomica Cambio Climático*, 1(1), 223-240. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v1i1.2150>
- Rosas-Calleja, D., Ortiz-Laurel, H., Herrera-Corredor, J. A. & Leyva-Ovalle, O. R. (2016). Revalorización de algunos residuos agroindustriales y su potencial de aplicación a suelos agrícolas. *Agroproductividad*, 9(8): 18-23

- Ruíz, S. & Sandino, M. (2013). Propuesta metodológica para la gestión de residuos en la industria azucarero usando lean manufacturing. *Magazín empresarial Economía y Empresa*, 9(21): 59-65
- Sáez, A. & Urdaneta, J. A. (2014). Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. *Omnia*, 20(3), 121-135. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/737/73737091009.pdf>
- Santamaría García, A. & García Álvarez, A. (2005). Azúcar en América. *Revista De Indias*, 65(233), 9-32. Disponible en: <https://doi.org/10.3989/revindias.2005.i233.37>
- Santiesteban, I; Guerra, Y. Ruiz A.; Guerra, R.; Jiménez, A. (2014). Sistema de Tratamiento der Residuales Líquidos de la Industria Azucarera Colombiana y la contaminación ambiental en la Cuenca Hidrográfica del Rio Tana. *Revista EUMED*. Disponible en: <https://www.eumed.net/rev/caribe/2014/05/tratamiento-residuos-liquidos.pdf>
- Solano, I., Aguilar P. O., Domínguez, C., Ramírez, G. & Aguilar, O. (2020). Evaluación del rendimiento energético del bagazo de caña de un ingenio azucarero vs su aprovechamiento mediante gasificación. *Revista De Iniciación Científica*, 6(1), 30-35. <https://doi.org/10.33412/rev-ric.v6.1.2608>
- Suárez, E. G., Zamora, M. M. & Toledo, D. N. C. (2019). Impulso al desarrollo territorial a través de la conversión paulatina en biorrefinerías de instalaciones de la industria de la caña de azúcar. *Sinergia Académica*, 2(3), 21. <https://search.proquest.com/openview/a9536ea2c1380abcd51afeb67bbf73a9/1?pq-origsite=gscholar&cbl=5409004> <https://doi.org/10.51736/sa.v2i3.28>
- Triana-Hernández, O., León-Martínez, T.S., Céspedes-Vázquez, M.I. y Cámara-Pérez, A. (2014). Caracterización de los residuos de la cosecha de la caña de azúcar almacenados a granel. *Revista ICIDCA. Sobre los Derivados de la caña de azúcar*, Vol. 48:65-70. <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223131337010.pdf>
- Torres Lozada, P., Silva Leal J. A., Parra Orobio, B. A., Cerón Castro, V. y Madera Parra, C.A. (2015). Influencia de la Aplicación de Biosólidos sobre el suelo, la morfología y productividad del cultivo de caña de azúcar. *Revista. U.D.C.A Actualidad. & Divulgación Científica* 18(1): 69-79. <https://doi.org/10.31910/rudca.v18.n1.2015.455>
- Urrutia G. y Bonfill X. (2013). La Declaración PRISMA: Un paso adelante en la mejora de las publicaciones de la revista Española de Salud Pública. *Revista Española Salud Publica*, 87: 99-102. <https://doi.org/10.4321/S1135-57272013000200001>
- Vargas Corredor, Y. A. & Pérez Pérez, L. I. (2018). Aprovechamiento de residuos agroindustriales en el mejoramiento de la calidad del ambiente. *Revista Facultad De Ciencias Básicas*, 1(1), 59-72. Disponible en: <https://doi.org/10.18359/rfcb.3108>
- Velasco J., Gómez F., Hernández A., Salinas J., Guerrero A. 2011). Residuos Orgánicos de la Agroindustria Azucarera. Retos y Oportunidades. *Revista Agro productividad*, 10(11):99-104. Disponible en: <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/56/52>
- 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) 9-26. <https://doi.org/10.33789/talentos.8.1.140>
- Prado-Martínez, M., Anzaldo-Hernández, J., Becerra-Aguilar, B., Palacios-Juárez, H., Vargas-Radillo, J. D. J. & Rentería-Urquiza, M. (2012). Caracterización de hojas de mazorca de maíz y de bagazo de caña para la elaboración de una pulpa celulósica mixta. *Madera y bosques*, 18(3), 37-51.

Anexo

ANEXO 1  
Revistas seleccionadas

Institución	Naturaleza	País	Revista	Año de publicación del artículo
Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez"	Estatal	Cuba	Revista Universidad y Sociedad	2019
Universidad de Sucre	Estatal	Colombia	Revista Colombiana de Ciencia Animal-RECA	2017
Universidad Nacional Simón Bolívar Antioqueño de Mayolo	Estatal	Perú	Revista Aporte Santiaguino	2019
Universidad Autónoma de Querétaro	Estatal	México	Digital Ciencia@UAQRO	2019 2020
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias	Estatal	México	Revista mexicana de ciencias agrícolas	2013 2020
Colégio de Postgraduados	Estatal	México	Agroproductividad	2016 2017
Consejo Superior de Investigaciones Científicas	Estatal	España	Revista de Indias	2005
Editorial Tecnológica Americana		Estados Unidos	Revista Sinergia Académica	2022
Universidad Militar Nueva Granada	Estatal	Colombia	Revista Facultad de Ciencias Básicas	2018
Universidad Estatal de Bolívar	Estatal	Ecuador	Revista de Investigación TALENTOS	2021
Universidad Simón Bolívar de Cali	Privada	Colombia	Revista DSPACE	2013
Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar	Estatal	Cuba	ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar	2011 2013 2014 2017
Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas	Estatal	Cuba	Revista Centro Azúcar	2012
Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León	Estatal	Nicaragua	Revista Iberoamericana de Bioeconomía y cambio climático	2015 2021
Universidad Nacional de Colombia	Estatal	Colombia	Revista Trabajo Social	2008
Universidad Nacional Autónoma de México	Estatal	México	INGENIERÍA INVESTIGACIÓN Y TECNOLOGÍA	2014
Universidad de Cienfuegos	Estatal	Cuba	Revista Universidad y Sociedad	2019
Universidad Autónoma de Baja California	Estatal	México	Revista Información Tecnológica	2014
Sociedad Española de Cardiología	Privada	España	Revista Española de Cardiología	2021
Universidad de Oriente	Estatal	Cuba	Revista Tecnología Química	2013 2015 2019
Universidad del Zulia	Estatal	Venezuela	Revista Ornia	2014
Universidad Autónoma de Tamaulipas	Estatal	México	Revista Ciencia y tecnología Alimentaria	2007
Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales	Privada	Colombia	Revista Actualidad y Divulgación Científica	2015
Ministerio de Sanidad, Consumo y Bienestar social	Estatal	España	Revista Española Salud Pública	2013
Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C	Privada	México	Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal	2004
Centro Universitario Municipal Filial MES "Cándido González Horta"	Público	Colombia	Revista EUMED	2014
Universidad Tecnológica de Panamá	Estatal	Panamá	Revista de Investigación Científica	2020

