



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Categorías de impacto de la producción de Bioetanol en los
principales países productores de Latinoamérica – Análisis de
ciclo de Vida: Revisión sistemática 2007- 2022**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

AUTORES:

Borasino Atoche, Andrea Maria Pia (orcid.org/0000-0002-9460-8177)

Gutierrez Rivera, Santos Manuel Gustavo (orcid.org/0000-0002-1244-6021)

ASESOR:

Dr. Lozano Sulca, Yimi Tom (orcid.org/0000-0002-0803-1261)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático

LIMA – PERÚ

2022

DEDICATORIA

Sobre todas las cosas y actos realizados para la elaboración de esta tesis, dedico esta investigación a mis padres que lucharon por irme formando a través de los años, de la mano de Dios ayudándome y animándome a cumplir uno de los objetivos programados hace más de 5 años.

**Gutiérrez Rivera Santos Manuel
Gustavo.**

Dedico esta investigación a mi familia, especialmente a mis hermanas que siempre me han apoyado dándome ánimo y aliento cuando ya no tenía fuerzas para continuar. Sobre todo, a Dios que me ha guiado en todo momento de mi vida, y a mis padres por sus consejos.

Borasino Atoche Andrea María Pía.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Jehová, por guiar nuestro camino junto a nuestros padres, también un profundo agradecimiento a nuestro asesor por el apoyo brindado durante este proceso de investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	vi
Índice de Gráficos y figuras	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
2.1 Los Biocombustibles.....	5
2.2 El Bioetanol.....	6
2.3 Biocombustibles de 1G Y 2G	7
2.4 Materia prima en la producción de bioetanol.....	7
2.5 Bioetanol de caña de azúcar.....	9
2.6 Bioetanol de maíz.....	13
2.8 Impacto Ambiental.....	17
2.9 Evaluación de Impacto ambiental	17
2.10 Criterios de Evaluación de impacto ambiental	17
2.11 Importancia de la Evaluación de impacto ambiental de la producción de bioetanol.....	19
2.12 Análisis de Ciclo de Vida (LCA): ISO 14040	19
III. METODOLOGÍA	23
3.1. Tipo y diseño de la investigación	23
3.2. Categorías, Subcategorías y matriz de categorización.....	23

3.3. Escenario de Estudio.....	24
3.4. Participante.....	24
3.6. Procedimiento.....	24
3.7. Rigor científico.....	26
3.8. Método de análisis de datos.....	27
3.9. Aspectos éticos.....	27
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	28
V. CONCLUSIONES.....	45
VI. RECOMENDACIONES.....	46
REFERENCIAS.....	47
ANEXO.....	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Características botánicas y del Ciclo fotosintético de la caña de azúcar	17
Tabla 2.	Características generales y del ciclo fotosintético del maíz	21
Tabla 3.	Criterios de Evaluación de Impacto ambiental	25
Tabla 4.	Ejemplo de selección de Categoría de impacto	29
Tabla 5.	Cuadro de equivalencias en investigación cualitativa y cuantitativa	33
Tabla 6.	Proceso productivo del bioetanol	42
Tabla 7.	Categorías de impacto en la producción de bioetanol	44
Tabla 8.	Categorías, Subcategorías y matriz de categorización apriorística.	61
Tabla 9.	Producción de bioetanol en Brasil, Colombia y Argentina según autores	66
Tabla 10.	Producción de materia prima para la elaboración de bioetanol – según autores	66

ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujo del Proceso de refinería del bioetanol de caña de azúcar	21
Figura 2. Esquema del proceso de molienda seca	23
Figura 3. Esquema del proceso de molienda húmeda	24
Figura 4 Categorías de impacto de la producción de bioetanol de caña de azúcar	35
Figura 5. Categorías de impacto de la producción de bioetanol de maíz	36
Figura 6. Producción de Bioetanol (Blls Lts/año)	37
Figura 7. Porcentaje de materia prima utilizada para la producción de Bioetanol en Argentina	39
Figura 8. Porcentaje de materia prima utilizada para la producción de Bioetanol en Brasil	40
Figura 9. Porcentaje de materia prima utilizada para la producción de Bioetanol en Colombia	41

RESUMEN

El bioetanol es actualmente el biocombustible más utilizado en el mundo, conocer sus impactos negativos nos favorece en el tránsito a la sostenibilidad. El análisis de ciclo de vida evalúa el impacto ambiental originado por un producto durante todas las etapas de su vida, valorando la magnitud y la importancia de los efectos ambientales para agruparlos en categorías de impacto. Esta investigación determina las categorías de impacto mediante el análisis de ciclo de vida de los países con mayor producción de bioetanol en Latinoamérica, mediante la recolección y el análisis de datos obtenidos de artículos científicos del año 2007 al 2022.

Brasil, Colombia y Argentina son los principales productores de bioetanol, sosteniendo su producción en cultivos energéticos como materia prima.

Esta investigación evidencia las siguientes categorías de impactos en la etapa de adquisición de materia prima: cambio climático, agotamiento de los recursos fósiles, agotamiento de los recursos abióticos, formación de foto oxidantes, acidificación y eutrofización.

Mientras que en la etapa de Manufactura, procesado y formulación se generan: Cambio climático, formación de foto oxidantes, acidificación, eutrofización, agotamiento de los recursos abióticos, impactos y competencia por el suelo, ecotoxicidad en agua dulce y material particulado.

Palabras clave: Bioetanol, etanol, biocombustible, análisis del ciclo de vida, impactos ambientales.

ABSTRACT

Bioethanol is currently the most widely used biofuel in the world, and knowing its negative impacts helps us in the transition to sustainability. Life cycle analysis evaluates the environmental impact caused by a product during all stages of its life, assessing the magnitude and importance of the environmental effects to group them into impact categories. This research determines the impact categories through life cycle analysis of the countries with the highest bioethanol production in Latin America, by collecting and analyzing data obtained from scientific articles from 2007 to 2022.

Brazil, Colombia, and Argentina are the main bioethanol producers, sustaining their production on energy crops as raw material.

This research shows the following categories of impacts in the raw material acquisition stage: climate change, depletion of fossil resources, depletion of abiotic resources, formation of photo oxidants, acidification and eutrophication.

While in the Manufacturing, processing and formulation stage are generated: Climate change, formation of photo oxidants, acidification, eutrophication, depletion of abiotic resources, impacts and competition for soil, ecotoxicity in fresh water and particulate matter.

Keywords: Bioethanol, ethanol, biofuel, life cycle analysis, environmental impacts.

I. INTRODUCCIÓN

La gran problemática que afronta el Perú y varios países del mundo en temas de combustibles se puede resumir en un incremento del precio del petróleo, una creciente escasez de reservas de hidrocarburos, aumento en la demanda de combustible y la necesidad de preservar el medio ambiente; lo que conlleva a buscar nuevos combustibles que provengan de fuentes renovables.

Los combustibles existentes son de orígenes fósiles; provenientes de la transformación de la materia por acción de microorganismos (bacterias), para después someterse a elevadas temperaturas por enterramiento unido a los sedimentos. Estos al ser procesados y producidos en forma de gasolina o petróleo generan sustancias altamente tóxicas, sustancias como gases de efecto invernadero, así como también emisiones de óxidos de nitrógeno y óxidos de azufre, producto de la combustión de la gasolina que con el transcurrir de los tiempos han ido debilitando la capa de ozono, alterando la atmósfera, por ello en la actualidad con los avances de la ingeniería, se han llevado a cabo investigaciones en distintas partes del mundo que respaldan la producción de los combustibles renovables o también llamados biocombustibles.

Los biocombustibles son combustibles de origen biológico obtenidos a partir de fuentes renovables (biomasa) y es un excelente sustituto de los combustibles fósiles.

El mayor reto en la producción de biocombustibles es el uso de tierras de cultivo y productos comestibles para producir combustible, contrariamente a esto, las soluciones que proponen el uso de residuos y otras materias primas no han logrado lidiar en escala y precio.

El incremento de la población, así como también el crecimiento del parque automotor implica que se utilice más recursos naturales para la elaboración de biocombustibles, tal es el caso del bioetanol, el mismo que se elabora a partir de la caña de azúcar, maíz, celulosa o aceites de girasol, entre distintas especies que son cultivadas en suelos, que con el transcurrir de las décadas podría generar un

déficit en de materia orgánica, desviación de pH y exceso de sales que provocan suelos salino-sódicos.

Según la Agencia Internacional de Energía (AIE), de estos biocombustibles predominan el biodiesel con una participación del 18% y bioetanol con una participación del 82% durante el año 2008 siendo este un importante aporte al sector transporte con el 1,5% de uso de la producción de biodiesel y alrededor del 90% del uso de la producción de bioetanol a nivel mundial (Biofuels taskforce,2005, citado por Morelos Gómez,2015, p.121).

Tomando como referencia a CEPAL (2010), menciona dentro de los países con mayor producción de bioetanol de primera generación a Brasil con una producción de 2602.31 millones de litros seguido de Colombia con 301.75 millones de litros (p.19). Silva, E., (2016), menciona que Brasil y Colombia tienen potencial para convertirse en los líderes mundiales de la producción de bioetanol (p.120).

Categorías de Impacto de la producción de Bioetanol en los Principales Países Productores de Latinoamérica – Análisis de Ciclo de Vida: Revisión Sistemática 2007- 2022.

Nuestro problema general; ¿Cuáles son las categorías de impacto de la producción de bioetanol en los principales países productores de Latinoamérica mediante el Análisis de ciclo de vida: Revisión sistemática 2007-2022?

PE1: ¿Cuáles son los principales países productores de bioetanol en Latinoamérica?

PE2: ¿Cuál es el proceso productivo del bioetanol?

PE3: ¿Cuál es el impacto ambiental del proceso productivo del bioetanol?

El objetivo principal de esta investigación es identificar las categorías de impacto en la elaboración de bioetanol de los principales países productores de Latinoamérica mediante el análisis de ciclo de vida. Como objetivos específicos:

OE1: Identificar los principales países productores de bioetanol en Latinoamérica.

OE2: Conocer el proceso productivo del bioetanol

OE3: Determinar el impacto ambiental del proceso productivo del bioetanol

La presente investigación muestra el desarrollo de una Revisión Sistemática que sirve de aporte a próximas investigaciones. A nivel ambiental esta investigación se justifica debido a la importancia de conocer las categorías de impactos resultantes del proceso de producción de bioetanol mediante en el análisis del ciclo de vida con el fin de identificar oportunidades de mejora del proceso hasta lograr su sostenibilidad.

Actualmente para la población el tiempo es muy importante, por ello esta revisión sistemática, facilitará al lector; (Docente, Investigador, Estudiante) o aquel que lo requiera; información acerca de las categorías de Impacto de la elaboración de bioetanol en los principales países productores de Latinoamérica mediante el análisis de ciclo de vida.

II. MARCO TEÓRICO

se precisan los antecedentes más significativos al margen mundial vinculados al Análisis de Ciclo de Vida del bioetanol.

(Hun y Mele, 2013, p. 1) **Análisis de sensibilidad de un caso del noroeste de argentina del ciclo de vida de la industria del azúcar y del bioetanol de caña de azúcar.** Esta Investigación asume como objetivo determinar cuáles son las causas de los principales impactos ambientales de la producción de azúcar y bioetanol en el noroeste de Argentina a través de un análisis de sensibilidad del análisis de ciclo de vida. El estudio tuvo como resultados que el sistema no es sensible a la utilización de agua y tampoco al consumo de gas natural, a diferencia del parámetro emisiones de aire que si altera el sistema.

(Manosalva et al., 2020, p. 1) **Estudio Comparativo del Perfil Ambiental De Biorrefinería de maíz a través del análisis del ciclo de vida.** En esta investigación se realizó un estudio de categorías de impacto ambiental, comparándolo con otro perfil ambiental anteriormente desarrollado por los mismos autores, obteniendo de las entradas (fertilizantes, maíz, herbicidas, insecticidas, fungicidas), las siguientes salidas (desnitrificación, volatilización, lixiviación y escurrimiento) por la aplicación de los agroquímicos. Se reportan las siguientes

categorías de impacto ambiental: calentamiento global, acidificación, eutrofización, oxidantes fotoquímicos, agotamiento recursos abióticos, recursos fósiles, escasez de agua.

(Pieragostini et al., 2014, p. 212) **Life cycle assessment of corn-based ethanol production in Argentina.** En la investigación se evalúa el impacto Ambiental en la producción de bioetanol a base de maíz, aplicando el Ciclo de Vida, comprendido desde la materia prima hasta el producto etanol en molienda en seca. La parte del sistema agrícola a las vinazas, y por el sistema de refinería el calor proporcionado y el gas natural incinerado dan como resultado las contribuciones más altas. Teniendo como categorías de impacto ambiental cambio climático, oxidantes fotoquímicos, desgaste recursos fósiles, ecotoxicidad marina, ecotoxicidad terrestre, eutrofización.

(Garolera et al., 2017, pp. 47-48) **Estudio Comparativo de diferentes mezclas nafta/etanol de caña de azúcar usando el enfoque de Ciclo de Vida.** En esta investigación se realiza la comparación desde el punto ambiental, entre la nafta y mezclas nafta-etanol, utilizando el Ciclo de Vida. Las categorías de impactos resultantes en la producción y uso de etanol anhidrido fueron: Oxidantes fotoquímicos, acidificación, material particulado, ecotoxicidad terrestre y agua dulce, eutrofización, que proviene del sistema de campo por las emisiones de algunos agroquímicos. Presenta mejoras en cambio Climático, Agotamiento del Ozono, transformación del suelo y agotamiento de los recursos fósiles.

(Buitrago y Belalcázar, 2013, p. 148) **Análisis del Ciclo de Vida para la producción de bioetanol en Colombia por medio de OpenLCA.** Esta investigación trata de evaluar el Impacto del Bioetanol en toda su cadena productiva a través del análisis de ciclo de vida ACV, empleando el software OpenLCA. Las emisiones se originan en las actividades relacionadas con el cultivo de caña de azúcar, teniendo las siguientes emisiones de co₂: emisiones por fertilizantes, producción de fertilizantes, quema de caña durante la pre-cosecha, uso de máquina en el cultivo, producción de bioetanol, combustión del vehículo y transporte de cultivo de caña. Ocasionando calentamiento global.

(Gonzales, L.F et al., 2018, p. 01) **Análisis de ciclo de Vida de la producción de bioetanol de la Caña de Azúcar, Estudio de Caso: Ingenio Risaralda S.A.** Esta investigación tiene por objetivo conocer los impactos ambientales del bioetanol en el ingenio Risaralda mediante un estudio de análisis de ciclo utilizando el software Simapro versión 8.2.3 junto al método ReCipe Midpoint. El alcance de la investigación comprende desde la cosecha hasta la cogeneración. Los resultados mostraron que la etapa de fábrica es la que más categorías de impacto negativos presenta mientras que en la etapa de cogeneración el impacto positivo es generado por la categoría cambio climático ya que utiliza la energía obtenida por la quema del bagazo.

(Barrientos Felipa, P. ,2009) **Los biocombustibles y su efecto en la agricultura peruana.** En esta investigación el objetivo principal es conocer el desarrollo y el comportamiento del mercado de los biocombustibles a través de la recolección de datos de entidades públicas y privadas. Los resultados de esta investigación muestran las tendencias en cuanto a procesos productivos, materias primas y los impactos ambientales asociados a esta producción.

2.1 Los Biocombustibles

Los combustibles fósiles resultan de la biomasa originada hace billones de años que ha sufrido una transformación a temperatura y presión ideales para que se convierta en una alta fuente de energía; como el petróleo, carbón y gas natural.

La dependencia de los combustibles fósiles ha suscitado dos tipos de preocupaciones: en primer lugar, sus impactos ambientales vinculados, especialmente los efectos del cambio climático; en segundo lugar, el agotamiento de las reservas finitas y el uso recurrente de recursos no renovables y limitados son las dos caras de una misma moneda y deben analizarse conjuntamente (Salaet, F.S., Jusmet, J.R, 2010, p.19).

Las consecuencias de este escenario se reflejan en las valoraciones realizadas tomando en cuenta la estimación de reservas y la producción actual de la OPEP advirtiéndose que para el futuro se podrá cubrir únicamente el 50% de la demanda actual de energía; de manera que los biocombustibles se muestran como la mejor

solución para diversificar las fuentes de energía actuales (Barrientos Felipa, 2009, p.44).

Para Vilaboa y López (2019), los biocombustibles son combustibles que se obtienen a partir de la industrialización de cultivos agrícolas con la finalidad de obtener bioetanol y biodiesel (p.431).

Aunque el uso de biocombustibles tiene impactos ambientales positivos también se tiene que considerar los impactos negativos, ya que son precisamente estos los que no hacen considerar a expertos como una energía no contaminante y mucho menos una energía verde (Barrientos Felipa,2009, p. 45).

2.2 El Bioetanol

El bioetanol es producido a partir de diversas materia primas que contengan una alta reserva de sacarosa, almidón o celulosa ya que la fermentación es el principal proceso para su elaboración (Alejos y Calvo, 2015,p.24).

El etanol o también llamado alcohol etílico es usado como combustible debido a su excelente rendimiento como potenciador de gasolina, además de ser renovable también ofrece ventajas en la oxidación de la gasolina y por consecuencia disminuye las emisiones de gases de efecto invernadero (Chandel y Singh, 2011 citado por Castro y Beltrán, 2012, p.97).

Para producir etanol carburante hay que tener en cuenta la estructura vegetal de la materia prima y la manera en que almacenan su energía. La caña de azúcar utiliza sus tallos para almacenar energía en forma de sacarosa; en Brasil se cultivaron aproximadamente 8.6 millones ha durante el año 2013 teniendo un rendimiento aproximado de 70 t/ha produciendo el total de 596 millones de toneladas de caña de azúcar para la elaboración de etanol (Alves et al,2018,"Gestión del agua para caña de azúcar y maíz bajo",párr 2).

Los restos de los cultivos (rastrojo) almacenan su energía en forma de complejos carbohidratos como la celulosa y hemicelulosa; los granos de maíz la almacenan en forma de almidón. En consecuencia las características de la materia prima es determinante para los tratamientos y pre-tratamientos a fin de obtener azúcares

fermentables necesarios para la elaboración de etanol (Alonso-gomez et al.,2018,p.970).

Entre sus principales ventajas encontramos que favorece a la combustión debido a su alto índice de octanaje (105), genera considerablemente menos dióxido de carbono en comparación con la gasolina además no emite compuestos de azufre. Su toxicidad es baja (Barrientos Felipa,2009,p. 48).

2.3 Biocombustibles de 1G Y 2G

Los biocombustibles son alternativas sostenibles ante el petróleo, debido a los impactos del medio ambiente y ecológicos del mundo (Valbuena Latorre et al., 2020, p. 180).

Son combustibles de origen biológico, pero no fosilizados (Valbuena Latorre et al., 2020, p. 182).

Los biocombustibles de primera generación (1G) son originados con materia prima de los vegetales que, en la mayoría de veces , son los indicados para el consumo alimenticio (Valbuena Latorre et al., 2020, p. 182).

Los biocombustibles de segunda generación (2G), resultan de los cultivos no indicados para la alimentación, estos nacen a partir de los desechos o residuos agrícolas o de los forestales, y muestran una debilidad porque no son capaces de disminuir los gases de efecto invernadero (GEI), en comparación de los restos fósiles (Bessou, Ferchaud, Gabrielle & Mary, 2011 citado por Valbuena Latorre et al., 2020, p. 182).

2.4 Materia prima en la producción de bioetanol

Las materias primas con una excelente reserva de sacarosa es, la caña de azúcar y la remolacha, tal es así que son las más utilizadas para la producción de bioetanol a nivel mundial, en segundo lugar encontramos al maíz por su alto contenido de almidón.

Los biocombustibles que provienen de este tipo de materia prima se le denomina biocombustible de primera generación ya que de acuerdo a la definición de la FAO (2014), es todo combustible producido a partir de cultivos plantados a propósito.

2.4.1 Biomasa azucarera

Entre los cultivos más destacados encontramos la caña de azúcar, la remolacha y la melaza de azúcar, su característica más importante es que presenta azúcares simples de carbohidratos fermentables (Lizana Bobadilla, 2016 pág. 57).

Para utilizar este tipo de materia prima Alonso-Gómez et al. (2018), menciona que deben pasar por el proceso de molienda, fermentación, destilación y desnaturalización (p.971).

Solomon et al (2007) citado por Alexis y Arturo (2018), refiere que para su uso en mezclas de gasolina es vital el proceso de deshidratación.

Producir bioetanol a partir de materia prima rica en azúcares resulta más rentable en comparación a la materia prima alta en almidón; ya que este último necesita liberar los azúcares del almidón antes del proceso de fermentación lo que obliga a requerir de dos procesos adicionales que son la licuefacción y sacarificación esto origina la elevación de costos en la producción (Alejos C. y Calvos E.,2015, p.24).

2.4.2 Biomasa amilácea

Se encuentran en alimentos rico en almidón como los tubérculos y cereales. La particularidad de estos alimentos es la complejidad de sus moléculas de carbohidratos, lo que conlleva a requerir un proceso adicional para la obtención de azúcares más simples y continuar con las siguientes etapas de conversión a bioetanol (Lizana Bobadilla, 2016 pág. 57).

2.4.3 Biomasa celulósica

Menciona Lizana Bobadilla (2016), que los principales recursos lignocelulósicos se hallan en la madera y los residuos agrícolas, forestales o industriales.

Los materiales con elevado contenido de celulosa ofrecen importante capacidad para la producción de bioetanol, estos provienen de cultivos leñosos, herbáceos y cereales. Debido a su compleja composición es más dificultosa su conversión a azúcares, por lo que se requiere de avanzada tecnología que eleva los costos de producción (p.58).

2.5 Bioetanol de caña de azúcar

La caña de azúcar es un vegetal que pierde por partes el follaje, la siguiente tabla muestra las características botánicas y el ciclo fotosintético de esta planta.

Tabla 1 Características botánicas y del Ciclo fotosintético de la caña de azúcar

Características Botánicas de la caña de azúcar	
Tribu	Andropogonae
Familia	Gramineae
Orden	Glumiflorae
Clase	Monocotyledonae
Subdivisión	Angiospermae
División	Embryophita siphonogama
Subtribu	Sacharae
Género	Saccharum
Características del ciclo Fotosintético – C4	
Razón de transpiración (kg de agua evaporada por kg sintetizado)	150 – 300
Temperatura óptima de para fotosíntesis (°C)	25 a 35
Productividad anual media (t/ha)	60 a 80
Aptitud climática	Tropical

Fuente: Elaboración propia adaptado de (Lizana Bobadilla, 2016, p.54,60).

“Las cualidades físicas de la caña de azúcar, así como sus fases de cultivo dependen de la variedad del suelo, riego, fertilización, nutrición, climatología, prácticas agrícolas de siembra y cosecha, además de los objetivos que se buscan con ese cultivo” (Lizana Bobadilla, 2016, p.62).

a. Fases de Cultivo

Son cuatro fases que posee la caña de azúcar: germinación, ahijamiento, gran crecimiento y maduración (Lizana Bobadilla, 2016, p.63)

b. Clima

La caña de azúcar crece en zona tropicales cuya altura va desde el nivel del mar hasta los 1000 m.s.n.m. aproximadamente y en todas las estaciones.

El clima correcto en Brasil para la siembra de caña es en la estación caliente y húmeda ya que le proporciona una mejor germinación, macollaje y desarrollo vegetativo a la planta, seguida de una estación fría y seca que logra la madurez y recolección de sacarosa en sus tallos (Lizana Bobadilla, 2016, p.63).

2.5.1 Proceso de refinería del bioetanol de caña de azúcar

a. Extracción de caldo

Después de recibir la caña de azúcar en la biorefinería, se comienza a realizar la remoción de impurezas propias de la cosecha mediante el aseo realizado con agua o aire para después ser añadida al proceso de molienda para sustraer el caldo. El agua caliente utilizada en esta operación proviene de otros componentes del proceso que sirven de apoyo para mejorar la extracción de azúcares concentrados en el bagazo. El caldo extraído presenta cerca del 70% en peso de la caña molida y de 15 a 16% de sacarosa (Alejos C. y Calvos E.,2015, p.25).

b. Tratamiento y concentración del caldo – Preparación del mosto de fermentación

En el siguiente procedimiento se añade lechada de cal para descartar toda impureza soluble que pueda afectar al proceso de fermentación, luego el caldo será calentado hasta los 105°C aproximadamente con la finalidad de precipitar las impurezas, posteriormente estas serán decantadas obteniendo como resultado un caldo clarificado.

Inmediatamente se procede a concentrar el caldo en evaporadores de múltiple efecto, consiguiendo la concentración definitiva de azúcares que oscila entre los 60 a 65°Brix. Este líquido resultante se enfriará a 35°C y se mezcla con la corriente reciclada de levaduras, posteriormente se enviará a los fermentadores (Alejos C. y Calvos E.,2015, p.25).

c. Fermentación

En el proceso de fermentación se utiliza reactores cerrados o abiertos.

Los reactores abiertos nos van a permitir una evacuación libre del dióxido de carbono formado, pero en este tipo de equipos existe especialmente el riesgo que pueda suceder una contaminación por agentes externos y la pérdida de alcohol por evapotranspiración o arrastre.

La fermentación es un proceso exotérmico, por esta razón es importante adecuar la temperatura a 30°C aproximadamente, la temperatura recomendable en la conversión de azúcares a etanol dado que es óptima para el metabolismo de las levaduras (Alejos C. y Calvos E.,2015, p.25).

d. Destilación y deshidratación

En el proceso de destilación ingresa el mosto ya fermentado y centrifugado a una columna de destilado, obteniendo un producto entre 45-50% de etanol, después este es incorporado a una columna de rectificación y así conseguir una concentración del 96%. Llamándole etanol hidratado.

El último proceso para obtener etanol combustible consiste en la deshidratación, en esta fase se busca llegar a una concentración aproximada de 99,3%.

Dentro de las técnicas de deshidratación encontramos:

- ✓ Destilación azeotrópica
- ✓ Destilación extractiva
- ✓ Destilación al vacío
- ✓ Adsorción de tamices moleculares

Las técnicas más comerciales son la destilación azeotrópica y la adsorción de tamices moleculares (Alejos C. y Calvos E.,2015, p.26).

e. Destilación azeotrópica

Para esta técnica se va a requerir de un tercer elemento que será añadido a la mezcla de etanol - agua, el más utilizado es el ciclo hexano. Como resultado tendremos en la parte superior la mezcla de ciclo hexano – etanol – agua y en el

fondo etanol anhidrido que luego será almacenado y tratado con aditivos hasta obtener las propiedades necesarias para ser utilizado como combustible (Alejos C. y Calvos E.,2015, p.26).

La producción industrial de etanol con la técnica de destilación azeotrópica procesando 1 ton. de caña de azúcar con un 15-16% de sacarosa se puede llegar a obtener 90 litros de etanol anhidrido y 230kg de bagazo húmedo para generar energía (Alejos C. y Calvos E.,2015, p.26).

Es necesario mencionar que el ciclo hexano utilizado en este proceso es recuperado para su posterior uso (Alejos C. y Calvos E.,2015, p.26).

Culminado el proceso de destilación y rectificación en el fondo de las columnas se concentra un líquido con alto contenido de materia orgánica denominada vinaza (Alejos C. y Calvos E.,2015, p.26).

f. Generación de energía

Durante el proceso de extracción de caldo se produce un bagazo con un aproximado de 50% de humedad, que posteriormente será incinerado en calderas para la creación de vapor de alta presión que se usará en diferentes sistemas de mecánica de la planta y en la producción de electricidad.

Es importante mencionar que el bagazo que se genera es capaz de suministrar la energía útil para la planta, incluso energía eléctrica para vender (Alejos C. y Calvos E., 2015, p.26).

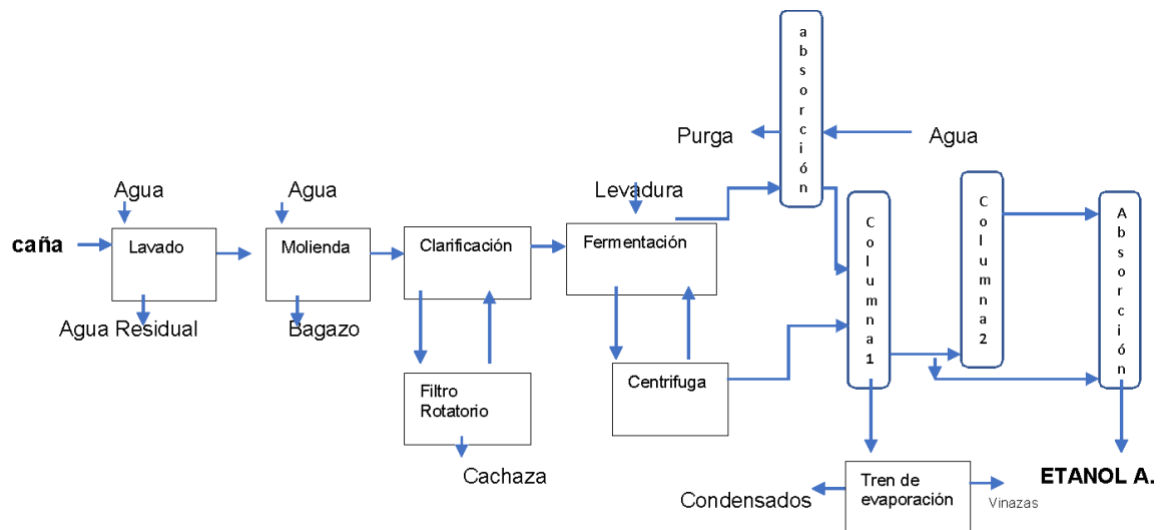


Figura 1. Diagrama de flujo del Proceso de refinación del bioetanol de caña de azúcar – Elaboración propia adaptado de (Montoya M. et al, 2006, p.90).

2.6 Bioetanol de maíz

El maíz, cuyo nombre científico es (*Zea mays L.*), es uno de los cereales más importantes a nivel mundial para la alimentación humana y animal. Existen diversos productos que provienen de esta especie y eso depende del tipo de molienda que se utilice, actualmente en esta industria se ha desarrollado la molienda húmeda y la molienda seca (Ossa Basaños, 2012, p.29).

Tabla 2. Características generales y del ciclo fotosintético del maíz

Características	
Monoica	Sus inflorescencias masculinas y femeninas se encuentran en la misma planta.
T° de germinación	10°C – temperaturas por debajo dificultan su crecimiento
Condiciones optimas	30°C – le permite un crecimiento rápido con un tallo ergido de mas de 2.5 m
Ph óptimo	6 y 7
Consumo de agua	480 a 900 mm
Temporada de siembra	agosto y setiembre

Tiempo de cosecha	marzo a mayo
Características del ciclo Fotosintético del maíz– C4	
Razón de transpiración (kg de agua evaporada por kg sintetizado)	150 – 300
Temperatura óptima de para fotosíntesis (°C)	25 a 35
Lugar de la fotosíntesis	Parte externa de la hoja
Respuesta a la luz	No saturada bajo radiaciones elevadas
Productividad anual media (t/ha)	60 a 80
Aptitud climática	Tropical

Fuente: Elaboración propia adaptado de (Ossa Basañes, 2012, p.29) y (Lizana Bobadilla, 2016, p.54).

2.7 Proceso de biorrefinería del bioetanol de Maíz

a. Proceso de molienda en Seca

Extracción del almidón que se encuentra en los granos de maíz, es fermentado con levaduras y enzimas que funcionan como catalizadores (Dorsch, Leoni y Tarnovsky, 2020, p. 14).

2.7.1 Procedimiento para la operación:

Molienda: Los granos pasan por un procedimiento de limpieza y molienda, obteniendo harina de maíz (Dorsch, Leoni y Tarnovsky, 2020, p. 14).

Licuefacción: La harina obtenida es vertida en inmensos tanques donde se mezclan enzimas y agua. Luego esa mezcla se vierte en cocinas dando paso a licuefacción del almidón presente, teniendo un PH en 7. En este proceso el calor aplicado oscila entre los 120-150 °C, para disminuir las bacterias, para luego disminuir la temperatura en un 95°C aproximadamente (Dorsch, Leoni y Tarnovsky, 2020, p. 14).

Sacarificación: se introduce glucoamilasa (enzima) convirtiendo las moléculas de almidón en dextrosa (azúcar fermentable) (Dorsch, Leoni y Tarnovsky, 2020, p. 14).

Fermentación: se adiciona a la mezcla levadura, y comienza la fermentación, obteniendo el etanol y dióxido de carbono (Dorsch, Leoni y Tarnovsky, 2020, p. 16).

Destilación: La mezcla que se destila está formada por etanol, levadura, agua y sólidos no fermentables. En esta etapa, el etanol se retira de los demás componentes, llegando a una pureza que incrementa al 90%. Lo sobrante, es la vinaza que se trata para otros subproductos (Dorsch, Leoni y Tarnovsky, 2020, p. 16).

Deshidratación: se utilizan cernidores moleculares para erradicar los restos de agua que se encuentra en el etanol (Dorsch, Leoni y Tarnovsky, 2020, p. 14).

Desnaturalización: agregar al etanol puro un 1.5% de nafta, quedando no apto para consumo humano o para comercializarlo como alcohol farmacológico (Dorsch, Leoni y Tarnovsky, 2020, p. 14).

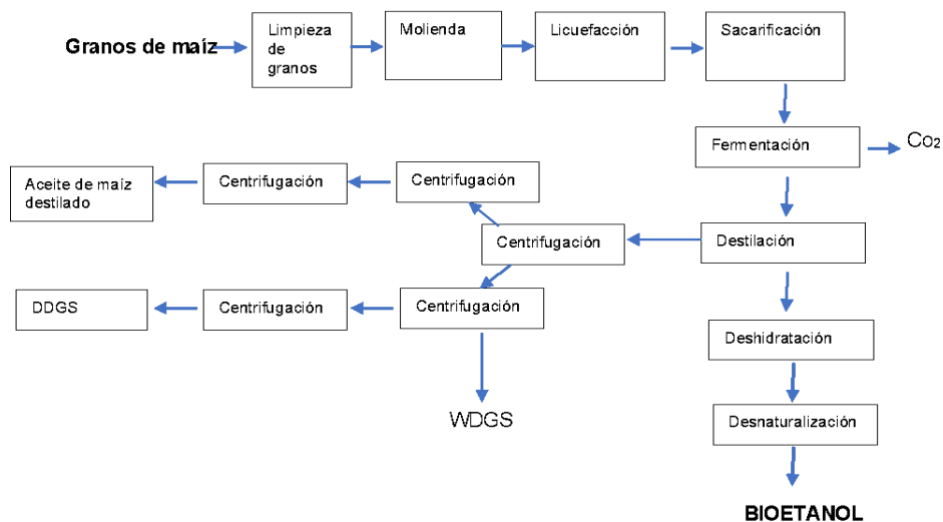


Figura 2. Esquema del proceso de molienda seca – Elaboración propia adaptado de (Dorsch,Q., Leoni,S y Tarnovsky, N., 2020, p.16).

b. Molienda Húmeda

Se realiza a la materia prima un procedimiento previo, el cual se describe a continuación según (Dorsch, Leoni y Tarnovsky, 2020).

Aseo de granos: En esta etapa se realiza una limpieza a los granos que ingresan al proceso (Dorsch, Leoni y Tarnovsky, 2020, p. 14).

Maceración de los granos de maíz: en esta etapa se adiciona agua caliente a los granos (Dorsch, Leoni y Tarnovsky, 2020, p. 14).

Molienda gruesa: ingresan al molino los granos blandos, para separarlos del germen (Dorsch, Leoni y Tarnovsky, 2020, p. 14).

Molienda fina: se homogeniza el macerado, y por acciones mecánicas, hay una separación de fibras, almidón y gluten (Dorsch, Leoni y Tarnovsky, 2020, p. 14).

Licuefacción: La harina obtenida es vertida en inmensos tanques donde se mezclan enzimas y agua. Luego esa mezcla se vierte en cocinas dando paso a licuefacción del almidón presente, teniendo un PH en 7. En este proceso el calor aplicado oscila entre los 120-150 °c, para disminuir las bacterias, para luego disminuir la temperatura en un 95c⁰ aproximadamente (Dorsch, Leoni y Tarnovsky, 2020, p. 14).

Sacarificación: se introduce glucoamilasa(enzima) convirtiendo las moléculas de almidón en dextrosa (azúcar fermentable) (Dorsch, Leoni y Tarnovsky, 2020, p. 14).

Fermentación: se adiciona a la mezcla levadura, y comienza la fermentación, obteniendo el etanol y dióxido de carbono (Dorsch, Leoni y Tarnovsky, 2020, p. 14).

Destilación: La mezcla que se destila está formada por etanol, levadura, agua y sólidos no fermentables. En esta etapa, el etanol se retira de los demás componentes, llegando a una pureza que incrementa al 90%. Lo sobrante, es la vinaza que se trata para otros subproductos (Dorsch, Leoni y Tarnovsky, 2020, p. 14).

Deshidratación: se utilizan cernidores moleculares para erradicar los restos de agua que se encuentra en el etanol (Dorsch, Leoni y Tarnovsky, 2020, p. 14).

Desnaturalización: agregar al etanol puro un 1.5% de nafta, quedando no apto para consumo humano o para comercializarlo como alcohol farmacológico (Dorsch, Leoni y Tarnovsky, 2020, p. 14).

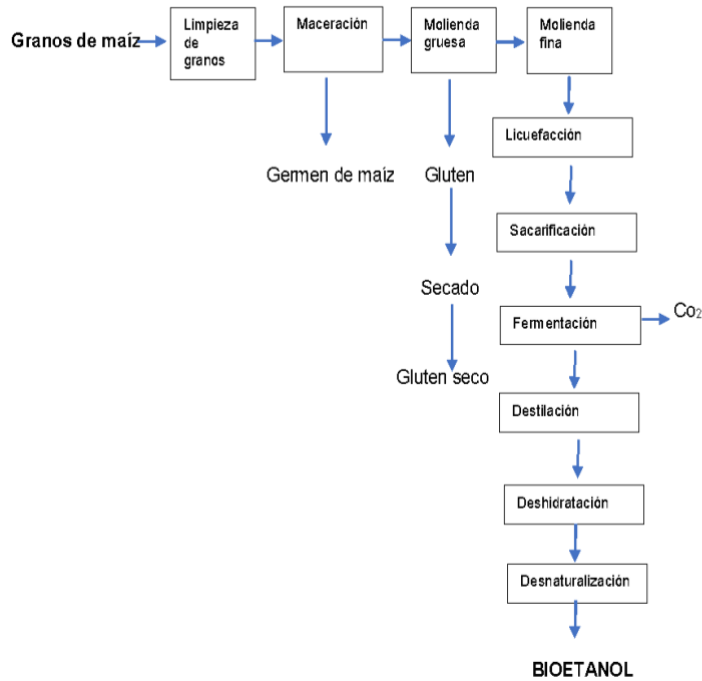


Figura 3. Esquema del proceso de molienda húmeda – Elaboración propia adaptado de (Dorsch,Q., Leoni,S y Tarnovsky, N., 2020, p.17).

2.8 Impacto Ambiental

Tomando en cuenta lo mencionado por Rodríguez J. *et al* (2010), impacto ambiental es todo tipo de alteración al medio natural (físicas, químicas y biológicas) y social ya sean positivas o negativas, como resultante de actividades antrópicas (p.1).

2.9 Evaluación de Impacto ambiental

Se denomina Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) al método que tiene por objetivo prevenir o mitigar los efectos negativos originados por actividades humanas como consecuencia del desarrollo de proyectos o programas de obras. Este instrumento de evaluación consiste en realizar las mediciones previo a la alteración del medio donde se planea ejecutar la obra, de acuerdo a eso se determinará si procede o no la aprobación de la licencia ambiental (Rodríguez R., 2004,p.11).

2.10 Criterios de Evaluación de impacto ambiental

En la tabla que sigue se detallan los criterios para una EIA según Rodríguez R. (2004) y Ambrogi R.(2016):

Tabla 3. *Criterios de Evaluación de Impacto ambiental*

N°	CRITERIOS	
1	Causa – Efecto (EF)	Directos
		Indirectos
2	Acumulación (AC)	Simple
		Acumulativo
3	Carácter (CI)	Negativo
		Positivo
4	Intensidad (I)	Muy alto
		Alto
		Medio
		Bajo
5	Extensión (Ext)	Puntual
		Parcial
		Extremo
		Generalizado
6	Momento (MO)	Largo plazo
		Mediano plazo
		Corto plazo
		Crítico
7	Sinergia (SI)	No sinérgico
		Sinérgico
		Muy sinérgico
8	Persistencia (Pe)	Fugaz
		Temporal
		Permanente
9	Capacidad de recuperación (MC)	Inmediato
		Mediano plazo
		Mitigable
		Irrecuperable
10	Periodicidad (PR)	Continuo
		Periódico
		Irregular

11	Reversibilidad	Corto plazo
		Mediano plazo
		Irreversible
12	Importancia del efecto (IM)	Compatible
		Moderado
		Severo
		Crítico

Fuente: Elaboración propia adaptada de (Rodríguez R.,2004,p.17-20) y (Ambrogi R.,2016,p.124-127).

2.11 Importancia de la Evaluación de impacto ambiental de la producción de bioetanol

Para lograr complacer los estándares de producción limpia se debe realizar una diagnosis ambiental del proceso con la finalidad de distinguir las posibilidades de prevenir y reducir la contaminación (Montoya R et al. 2006, p.87).

Según lo mencionado por Montoya R.(2006), la evaluación de impacto ambiental involucra los índices de inspección del proceso e indicadores de capacidad ambiental. En conclusión, los índices de desempeño ambiental muestran el impacto que aporta el proceso en una categoría (p.87).

2.12 Análisis de Ciclo de Vida (LCA): ISO 14040

En esta metodología se toma en cuenta los impactos ambientales de productos o servicios (Montoya R et al. 2006, p.87).

Haya Leiva, E.,(2016), señala que en la norma ISO 14040, la técnica del análisis del ciclo de vida trata los aspectos e impactos ambientales a traves de:

- La recopilación de información sobre las entradas y salidas del sistema productivo.
- La estimación de los potenciales impactos relacionados con las entradas y salidas.
- El razonamiento de los datos obtenidos en los dos pasos anteriores (p.4).

El desarrollo de esta metodología consta de 4 etapas que son: Definición de objetivo y alcance, análisis de inventario, evaluación de impacto y la interpretación (UNE – EN ISO 14040 citado por Haya Leiva, E.,2016, p.19).

2.12.1 Tipos de Análisis de ciclo de vida

Haya Leiva, E., (2016), refiere que los tipos de ACV se diferencian por su nivel de detalle.

- ACV Conceptual: Trata estudios cualitativos y muy puntuales. Se enfoca en identificar impactos significativos.
- ACV simplificados: Conlleva la elaboración de un análisis de información más selectivo, además de un análisis de fiabilidad de los resultados.
- ACV Completo: Consiste en un estudio más detallado de los impactos y la recolección de datos (p.5).

2.12.2 Objetivo y Alcance del Análisis del ciclo de vida

El objetivo nos permite identificar los motivos que nos conducen a realizar el análisis de ciclo de vida (Lamana y Aja, 2005). Para Haya Leiva, E., (2016) el objetivo debe ser claro y coherente, además la definición de objetivos debe incluir lo siguiente: Identificador del conjunto, razones para hacer el estudio y el tipo de información que se necesita obtener, identificación del destinatario es decir si será un análisis interno o público.

Según lo que menciona Haya Leiva, E., (2016), la técnica de Análisis de ciclo de vida alcanza un nivel de detalle según su alcance (p.6). Los diferentes tipos de alcance son los siguientes:

- De la puerta a la puerta: Solo elige las actividades propias del proceso productivo.
- De la cuna a la puerta: Comprende la adquisición de materia prima y el proceso productivo.
- De la puerta a la tumba: Comprende desde el proceso productivo hasta la gestión de la generación de residuos.

- De la cuna a la tumba: Se enfoca en el acondicionamiento de la materia prima hasta la faceta final de la gestión de residuos (reciclaje residual u otro).
- De la cuna a la cuna: Estudia la totalidad del ciclo de vida de un producto, que empieza en la adquisición de materia prima hasta la reintroducción del producto en el mismo u otro proceso cuando queda fuera de uso.

Haya Leiva (2016), menciona que son 6 las etapas que conforman esta metodología, conocerlas nos permite establecer el alcance de la investigación. La primera etapa es la adquisición de materias primas, la segunda es la fabricación, porcesado y formulación, la tercera es el transporte y distribución, la cuarta es el uso, reutilización y mantenimiento, la quinta etapa es el reciclado y la última etapa es la gestión de residuos; estas etapas están sujetas a entradas y salidas de materia y energía (p.22).

2.12.3 Análisis de Inventario de Ciclo de Vida (ICV)

En la siguiente fase se cuantifica las entradas y salidas de materia prima y energía del sistema en estudio (Lamana y Aja, 2005).

Se identifican y cuantifican los efectos ambientales adversos que se asocian a la unidad funcional; obteniendo de los datos y procedimientos de cálculo (Antón Vallejo, 2004 citado por Lamana y Aja, 2005).

Es indispensable evidenciar todos los procedimientos de cálculo, los mismos que deben guardar relación durante el proceso de estudio, y explicar suposiciones realizadas (Haya Leiva, E., 2016,p.27).

2.12.3 Evaluación del impacto del Análisis de Ciclo de vida (EICV)

Para Haya Leiva, E., (2016) en esta fase se entre enlazan los resultados del análisis de inventario y los efectos ambientales generados, de esta manera se podrá evaluar la importancia de los potenciales impactos (p.28).

El impacto es definido por el análisis de ciclo de vida como el anticipo justificado de un efecto, dado que no se aplica para comprobar impactos reales, lo que se busca es enlazar la información del inventario con alguna categoría de impacto para cuantificar en que medida contribuye esta con los impactos (Haya Leiva, E., 2016,p.28).

a. Selección de la categoría

Para seleccionar las categorías de impacto se tienen que realizar un estudio minucioso de los aspectos ambientales (Haya Leiva, E., 2016,p.29).

Se indicará cuál de las categorías de impacto se tienen que incluir en el estudio de Análisis de Ciclo de Vida, se debe asignar la información del inventario que contribuye a la categoría y el indicador de categoría (Haya Leiva, E., 2016,p.22).

En la siguiente imagen se observa un ejemplo de selección de la categoría de impacto denominada cambio climático y los datos de inventario que contribuyen a esta categoría son los Gases de efecto invernadero cuyo indicador es el dióxido de carbono equivalente (Haya Leiva, E., 2016,p.22).

Tabla 4. Ejemplo de selección de Categoría de impacto

Categoría	Información del inventario que contribuyen a la categoría	Indicador de Categoría
Cambio climático	Emisiones de Dióxido de carbono Emisiones de Dióxido de Nitrógeno Emisiones de Metano	t CO ₂ eq

Fuente: (Haya Leiva, E., 2016,p.22).

b. Clasificación

En esta etapa la información obtenida en el inventario se establece en las categorías de impacto de acuerdo al tipo de efecto ambiental esperado.

Las categorías de impacto representan las implicaciones ambientales generadas por los procesos o sistemas de productos (Antón Vallejo, 2004 citado por Lamana y Aja, 2005).

c. Caracterización

En la fase de caracterización se calcula el aporte permitido de cada compuesto detectado en el análisis de inventario a un efecto ambiental (Haya Leiva, E., 2016,p.34).

2.12.4 Interpretación del ACV

En esta etapa se mezclan los resultados del análisis del inventario y la evaluación de impacto, el resultado de este análisis, es el aporte para la toma de decisiones dado que los resultados pueden tomar la forma de conclusiones y recomendaciones, al mismo tiempo nos permite conocer los puntos del sistema que pueden o deberán mejorarse gracias a la identificación de las cargas ambientales que genera un producto durante su ciclo de vida (Antón Vallejo, 2004 citado por Lamana y Aja, 2005).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de la investigación

- **Tipo de investigación:** como lo describe Escudero Sánchez (2018), la presente investigación es de tipo básica o pura dado que está destinada al estudio de un problema a partir de la búsqueda del conocimiento, con el propósito de formular modernas teorías o mejorar las existentes (p19).
- **Diseño de investigación:** Referente al diseño de la investigación Hernández, Fernández y Baptista (2014) escriben que, es una teoría fundamentada sistémica (p.471).

Ferreira, Urrutia y Alonso (2011), refieren que las revisiones sistemáticas sintetizan los resultados de investigaciones primarias por medio de estrategias que incluyen la búsqueda exhaustiva de información considerada relevante, al escoger mediante criterios, la síntesis e interpretación de resultados (p.689).

3.2. Categorías, Subcategorías y matriz de categorización

Esta investigación se ha desarrollado en base a las siguientes categorías y Subcategorías:

- **Categoría 1:** Países con mayor producción de bioetanol en Latinoamérica

- **Subcategoría 1:** Países de Latinoamérica con mandatos de mezcla obligatoria
- **Categoría 2:** Proceso productivo del bioetanol
- **Subcategoría2:** Tipo de materia prima
- **Categoría 3:** Impacto ambiental
- **Subcategoría 3:** Análisis de ciclo de vida

El desarrollo de la matriz de categorización se ubica en los anexos de esta investigación (Anexo 1).

3.3. Escenario de Estudio

El presente estudio no tiene un escenario definido puesto que nuestra investigación tiene como metodología la revisión bibliográfica con el propósito de identificar las categorías de impacto de la producción de bioetanol en los principales países productores de Latinoamérica mediante el análisis de ciclo de vida.

3.4. Participante

Nuestro estudio está constituido por (66) investigaciones, producto de una exhaustiva exploración y elección de libros, artículos de revistas indexadas, tesis de pregrado y maestría, así como páginas institucionales, con la finalidad de recopilar información relevante para nuestro estudio. Del mismo modo se consultará en los buscadores Scopus, myloft, Scielo y Biblioteca Trilce.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

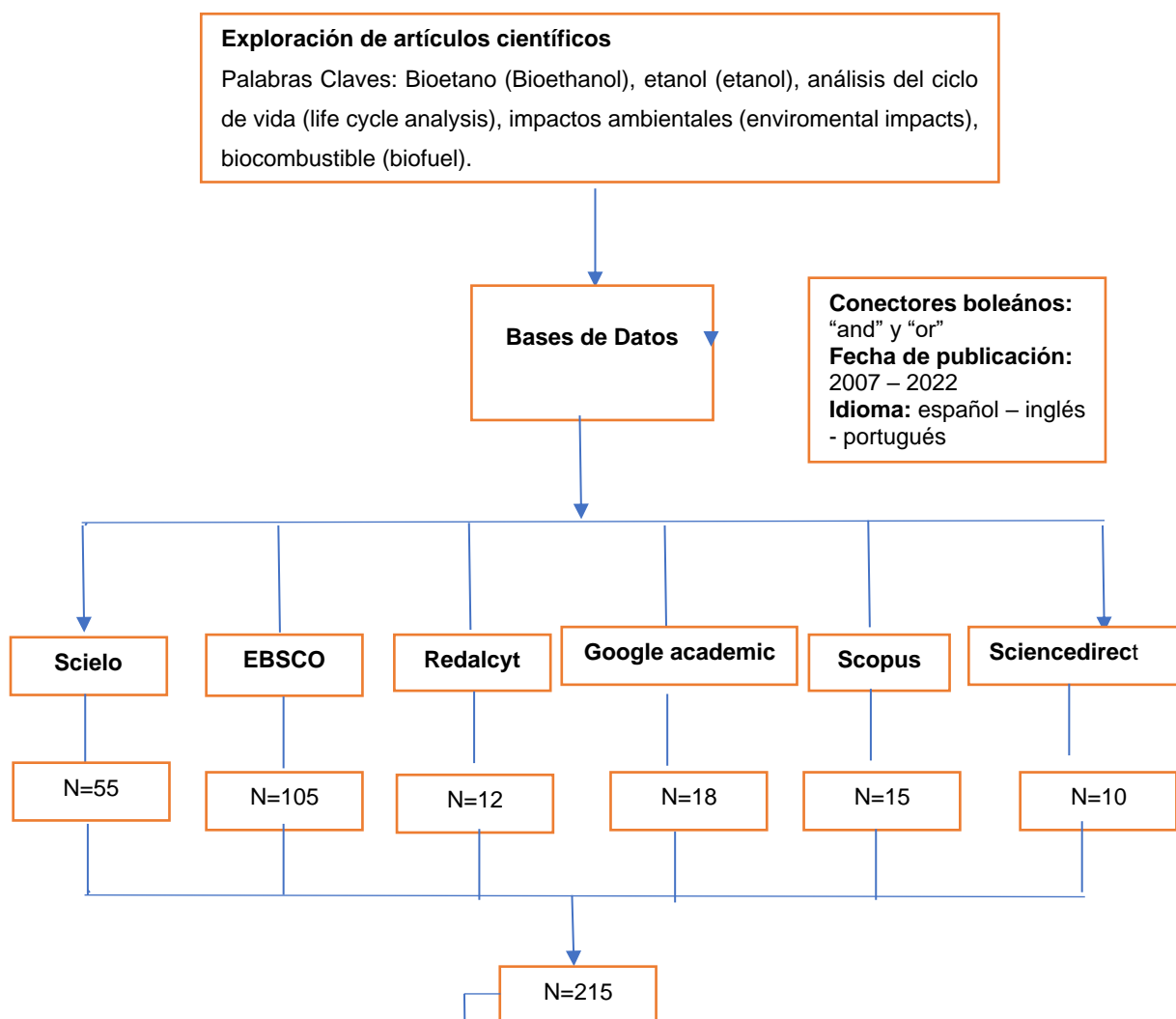
Las técnicas que se emplearon para elegir los datos fundamentales fueron; la revisión y análisis de documentos, técnicas que han sido la línea base para digitar nuestro trabajo de investigación.

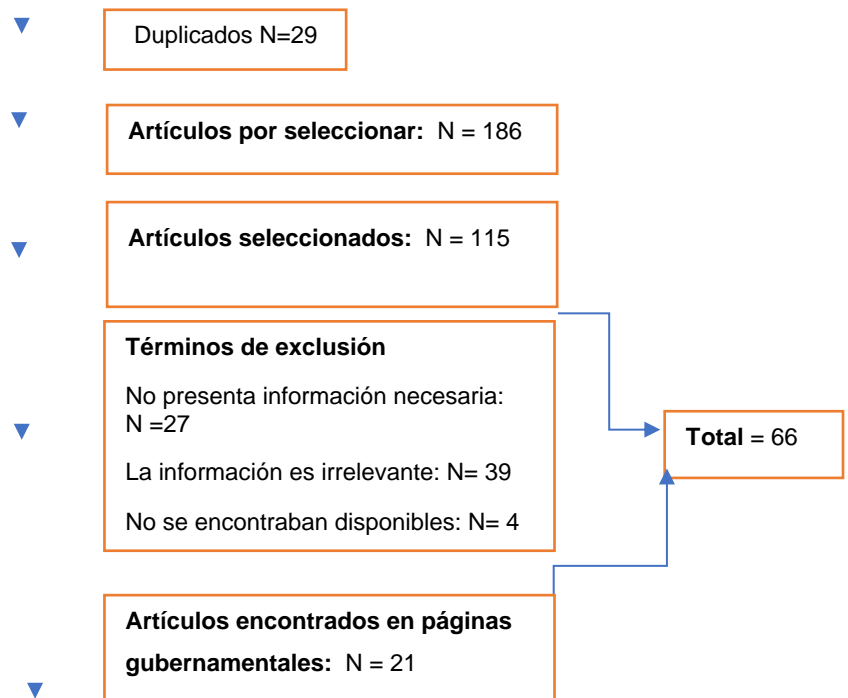
Se realizó una ficha de recolección de datos que contiene los datos precisos para la recopilación de estudios, esta herramienta es esencial en una revisión bibliográfica.

3.6. Procedimiento

Iniciamos con la formulación de nuestra pregunta de investigación después comenzamos con la búsqueda de la literatura en diferentes plataformas virtuales

como Scopus, Scielo, google académico, Redalcyt, entre otras; utilizando palabras claves como, impactos ambientales del bioetanol, bioetanol, biocombustibles, proceso del bioetanol. Para poder seleccionar los artículos de nuestro interés realizamos una filtración de los datos totales en base a nuestro título y criterios de exclusión. Después de aplicar los filtros obtuvimos los estudios de nuestro interés que serán analizados y discutidos para incluirlos en la presente revisión sistemática.





3.7. Rigor científico

Autores como Lincoln y Guba (1982), proponen una idea de investigación constructivista que demanda pautas distintas a la investigación cuantitativa como lo es la credibilidad como un criterio similar a la validez interna, la transferibilidad como semejante de la validez externa, la seriedad como semejante de la confiabilidad y la neutralidad como semejante de la objetividad (p.233-52).

Tabla 5. Cuadro de equivalencias en investigación cualitativa y cuantitativa

MODELO CUALITATIVO	MODELO CUANTITATIVO
Credibilidad	Validez interna
Transferibilidad	Validez externa
Seriedad (Dependabilidad)	Confiabilidad
Imparcialidad (Confirmabilidad)	Objetividad

Fuente: Elaboración propia adaptado de (Arias MM. y Giraldo CV.,2011, pp.500-514).

- **Credibilidad:** El investigador alcanza la credibilidad generalmente cuando se re informan para corroborar algunos datos importantes en la recopilación de la información (Castillo E, Vasques M, 2003,p165).

- **Transferibilidad:** Según lo mencionado por Arias MM, y Giraldo CV, (2003), la transferibilidad tiene como finalidad ampliar los resultados de estudios a otras poblaciones (p.166).

Lincoln y Guba (1982), nos dice que la transferibilidad se encarga de examinar si las investigaciones se ajustan o no a otros contextos.

- **Seriedad o Dependabilidad:**

Para Hernández-Sampieri y Mendoza (2008), involucra que los datos sean corroborados por otros investigadores y al ser contrastados deben tener concordancia entre sí. Es por eso la importancia de la grabación y anotación de los datos, observaciones, entre otras (Hernández, Fernández y Baptista,2014,p.453).

- **Confirmabilidad**

También denominada auditabilidad, corresponde a la forma en la que el investigador sigue el rastro de lo que realizó otro investigador (Leininger, 1994 citado por Rada M., 2007, p.23).

Por lo que Rada M. (2007), enfatiza en la necesidad de utilizar un registro datos y control de la documentación en referencia a ideas o decisiones que el investigador tuvo durante el desarrollo de la investigación (Rada M., 2007, p.23).

3.8. Método de análisis de datos

Para el proceso de análisis de datos se organizó la información en categorías que provienen de nuestros objetivos, las categorías están divididas en subcategorías y estas se subdividen en indicadores con la finalidad de manejar la información de manera clara y puntual (Vílchez, 2004 citado por Flores S., 2020, p.22).

3.9. Aspectos éticos

Nuestro estudio se desarrolló siguiendo los lineamientos del manual de referencia ISO 690, citando correctamente con el propósito de proteger la propiedad intelectual. Asimismo, las contribuciones de esta investigación provienen de fuentes confiables, verídicas y contrastables

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Objetivo General: Para dar respuesta al objetivo general se muestran los siguientes gráficos.

Categorías de Impacto - bioetanol a base de caña de azúcar

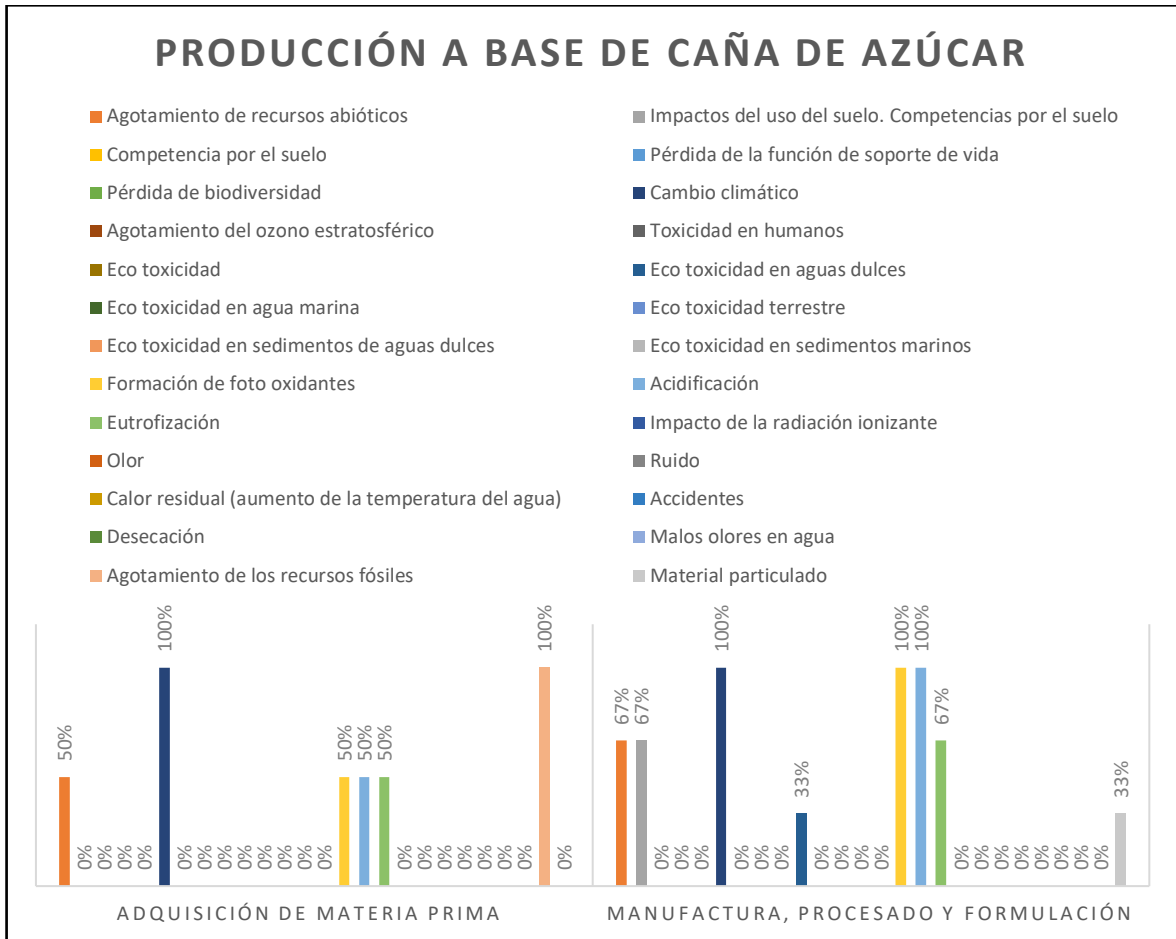


Figura 4 Categorías de impacto de la producción de bioetanol de caña de azúcar

La principal categoría de impacto generada en la etapa de adquisición de materia prima dentro del proceso productivo del bioetanol a base de caña es el cambio climático, dado que el 100% de las investigaciones consideran que esta etapa favorece a esta categoría. El 100% de las investigaciones están de acuerdo que la etapa de adquisición de materia prima contribuye al agotamiento de los recursos fósiles. El 50% de las investigaciones afirman que en esta fase se producen los siguientes impactos ambientales; agotamientos de los recursos abióticos, formación de foto - oxidantes, acidificación y eutrofización.

Al igual que en la etapa de adquisición de materia prima, el 100 % de las investigaciones concuerdan que la fase de manufactura, procesado y formulación contribuye al cambio climático, formación de foto – oxidantes y acidificación. El 67% afirma que hay agotamiento de los recursos abióticos, impactos y competencia por el suelo y eutrofización.

El 33% coincide que existe ecotoxicidad en aguas dulces y material particulado.

El proceso de producción de materia prima contribuye con 9 de las 19 categorías de impacto en estudio.

Categorías de Impactos - bioetanol a base de maíz

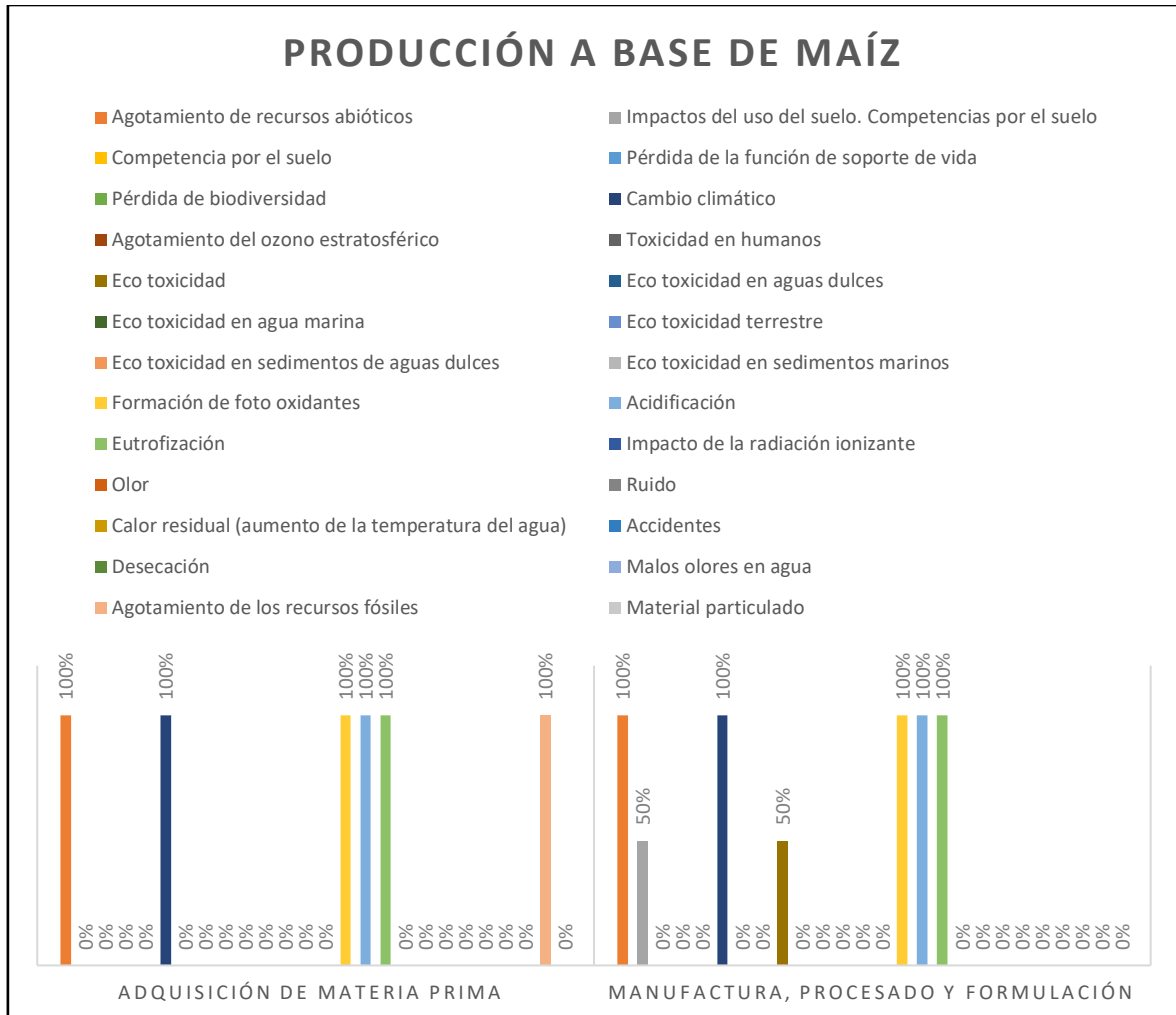


Figura 5. Categorías de impacto de la producción de bioetanol de maíz

El 100% de las investigaciones concuerdan que las principales categorías de impacto en la etapa de adquisición de materia prima del proceso productivo del bioetanol a base de maíz son los siguientes:

Agotamiento de los recursos abióticos, cambio climático, formación de foto oxidantes, acidificación, eutrofización y agotamiento de los recursos fósiles.

En la etapa de manufactura, procesado y formulación el 100% de las investigaciones concuerdan que los principales impactos ambientales son;

agotamiento de recursos abióticos, cambio climático, formación de foto oxidantes, acidificación y eutrofización.

El 50% coinciden en los siguientes impactos ambientales; impacto del uso del suelo y eco toxicidad.

El proceso de producción de bioetanol de caña de azúcar contribuye con 8 de las 19 categorías de impacto en estudio.

Objetivo específico 1: Respondiendo al objetivo específico número 1 se logró identificar los países con mayor producción de bioetanol en Latinoamérica.

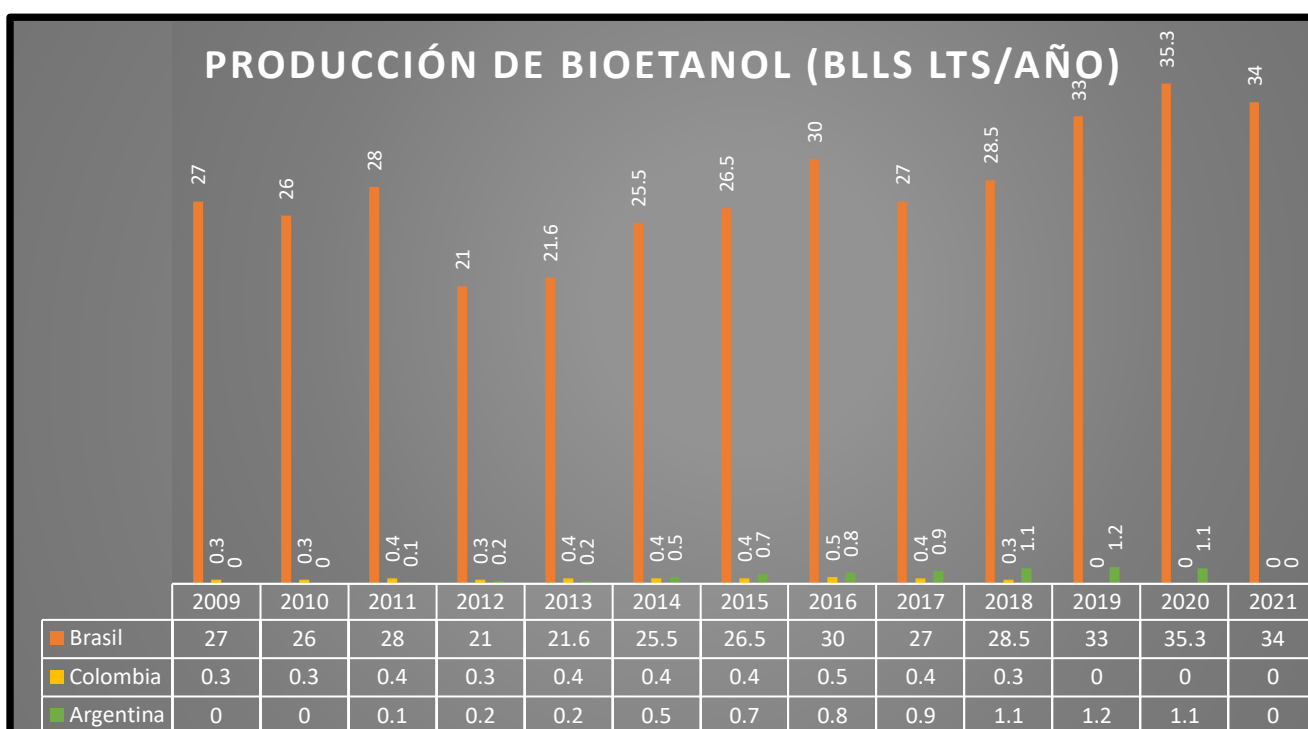


Figura 6. Producción de Bioetanol (Blls Lts/año)

En la Figura 6 se identificaron los países con mayor producción de bioetanol en Latinoamérica durante el año 2009 al 2021.

Podemos observar que durante el período que comprende los años 2009 al 2021 los países con mayor producción de bioetanol en Latinoamérica son Brasil, Colombia y Argentina.

Podemos observar también que en el año 2009 y 2010 Argentina figura con una participación de 0 billones de litros de bioetanol, igual panorama se presenta en Colombia durante los años 2009, 2010 y 2011; esto no significa que estos países han tenido una producción nula durante ese período de tiempo, pero si podemos

afirmar que no tuvieron una participación considerable para ser calificados como productores principales de bioetanol en Latinoamérica en los años mencionados.

CEPAL (2010), señala que la elaboración de los biocombustibles se ha prosperado por medio de políticas establecidas por algunos gobiernos; como por ejemplo los mandatos de mezcla obligatoria en los principales países del mundo. De acuerdo con lo mencionado por CEPAL (2010), en su estudio regional sobre la economía de los biocombustibles se detallaron los mandatos obligatorios a los siguientes países de Latinoamérica:

Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Paraguay, Perú y Uruguay.

Los 8 países de Latinoamérica mencionados anteriormente están comprometidos con el desarrollo del mercado de biocombustibles mediante la implementación de políticas; para precisar cuáles son los países con mayor producción de bioetanol debemos medir su eficiencia productiva.

Según Morelos Gómez, J. (2016), podemos determinar la eficiencia productiva tomando como input los insumos (producción anual de la materia prima) y la producción final como outputs (producción anual de bioetanol).

De acuerdo a lo mencionado por Ren21 (2009), en el Top 15 de países productores de bioetanol del Renewables Global Status Report se considera a Brasil y Colombia como los únicos países de Latinoamérica (p.25). Sin embargo, el panorama cambia en el año 2011 donde Ren21 (2011), añade a Argentina dentro del Top 15 de países productores de bioetanol (p.75), esta forma se mantiene hasta el año 2018, para el siguiente año Ren21 (2019) suprime la participación de Colombia dentro del top 15 pero se mantiene Brasil y Argentina (p.216); Ren21 (2021) nombra únicamente a Brasil dentro del Top 5 de países productores de bioetanol (p.1).

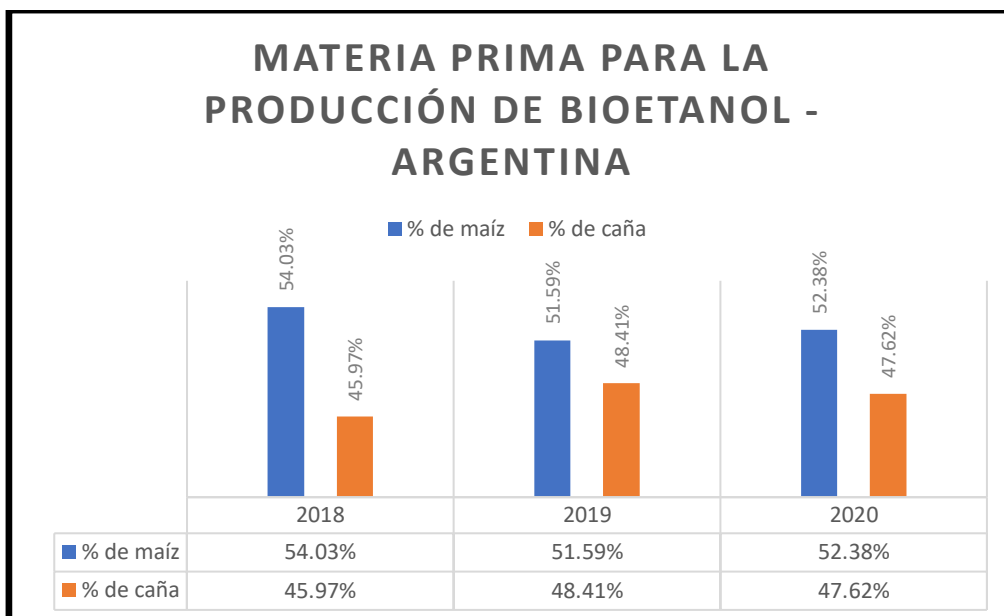


Figura 7. Porcentaje de materia prima utilizada para la producción de Bioetanol en Argentina

En la figura N°7 se muestra el porcentaje de materia prima utilizada por Argentina para la producción de bioetanol.

Se puede apreciar que, durante los años 2018, 2019 y 2020 predomina el maíz como insumo para la elaboración de bioetanol en Argentina. En el 2018 el maíz tuvo una participación del 54.03% del total de materia prima para la producción de bioetanol, y la caña de azúcar un 8.06% menos, en el 2019 el maíz tuvo una deducción de 5.62% con respecto al año anterior, pero se mantiene por encima de la caña de azúcar a pesar que esta tuvo un aumento de 2.44% en ese año, para el 2020 sigue predominando la producción de maíz con una aportación del 52.38% en base a la interpretación de datos obtenidos por Secretaría de Energía (2022).

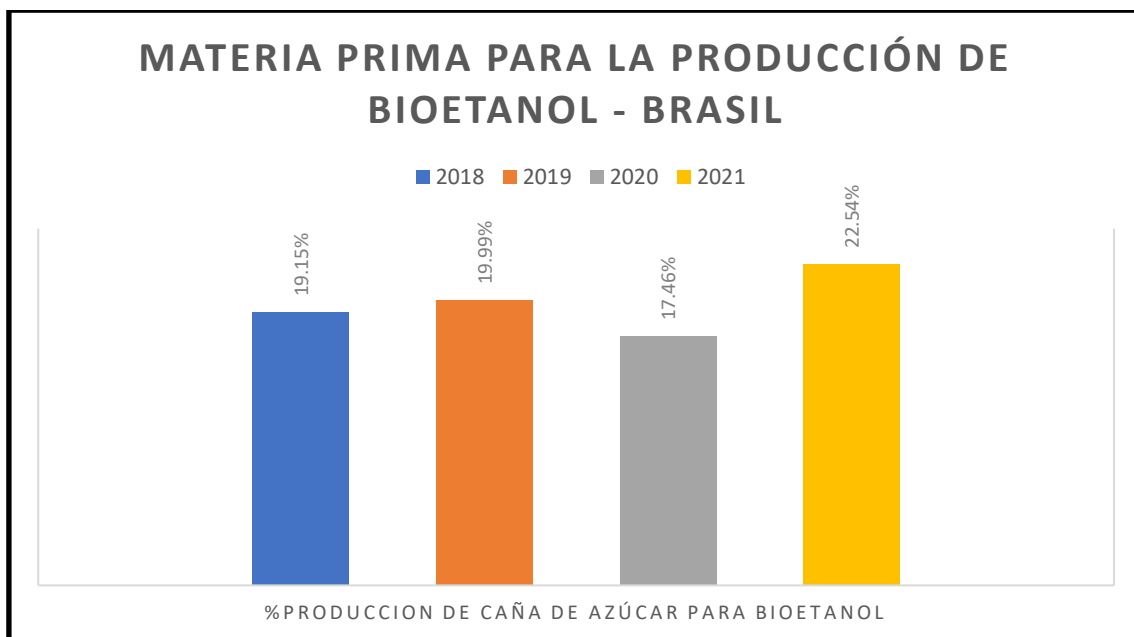


Figura 8. Porcentaje de materia prima utilizada para la producción de Bioetanol en Brasil

La figura N°8 representa la producción de materia prima utilizada por Brasil para la elaboración de bioetanol, se puede observar que, durante los años 2018, 2019, 2020 y 2021 la materia prima líder es la caña de azúcar.

Del total de producción de caña de azúcar en Brasil el 19.15% ha sido destinado para producir bioetanol en el año 2018, el 19.99% en el año 2019, sin embargo, en el año 2020 hubo una baja del 2.53% respecto al 2019, no obstante, en el 2021 se recupera con un crecimiento del 5.46% en relación al año anterior.

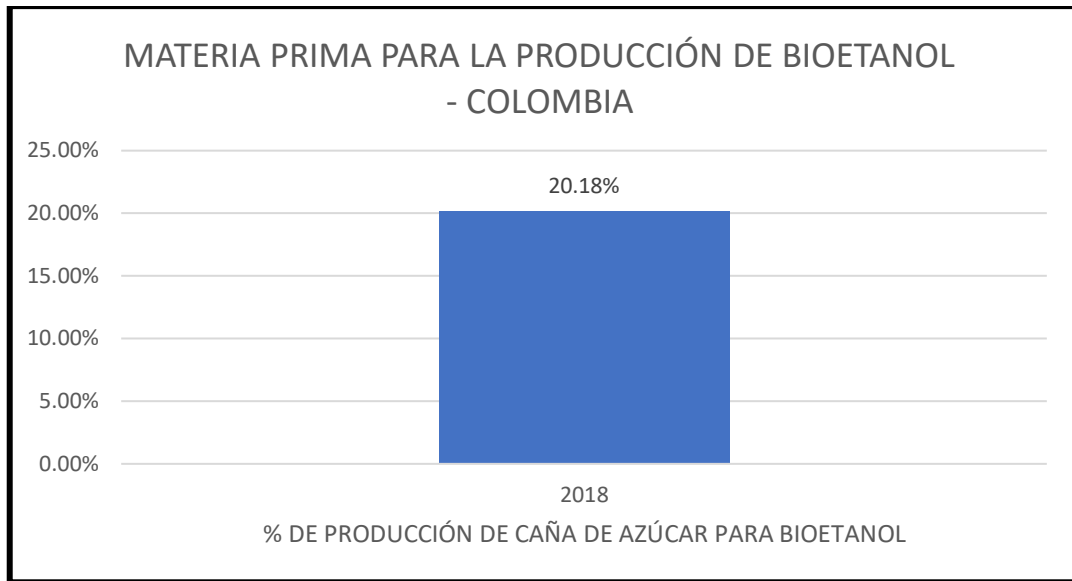


Figura 9. Porcentaje de materia prima utilizada para la producción de Bioetanol en Colombia

En la figura N°9 podemos notar que del 100% de la producción de caña de azúcar en Colombia en el año 2018 el 20.18% es destinada a la producción de bioetanol.

Objetivo específico 2: Para dar respuesta al objetivo 2 se presenta la siguiente tabla donde se da a conocer el proceso productivo del bioetanol de caña de azúcar y maíz considerando que, los principales países productores de bioetanol sostienen su producción en estas materias primas.

Tabla 6. Proceso productivo del bioetanol

Tabla del Proceso Productivo del Bioetanol								
Tipo de biomasa a procesar								
Biomasa como recurso energético		Fuente	Biorrefinería				Fuente	
Caña de azúcar	M a í z		Caña de azúcar		Maíz			
			Procesos	Aspectos Ambientales	Procesos	Aspectos Ambientales		
Primera Generación (1G)	Cambio de uso del suelo fertilizantes (NO ₂) Riego constante cultivo intensivo	(Callejas y Quezada 2009)	Fermentación alcohólica	>Bagazo (Generación de Residuo) >co ₂ >Vinaza (residuo líquido orgánico)	MOLIENDA SECA	MOLIENDA HÚMEDA	>Co ₂ >Vinaza (residuo líquido orgánico)	(Alejos y Calvo 2015)
		(Ricardo G. et al, 2013)	Extracción del caldo		Extracción del almidón de los granos de maíz	Tratamiento previo		(Linton et al., 2011 citado por Alexis y Arturo, 2018, p.969)
		(Timilsina y Shrestha,2010 citado por Saulino,2011)	Tratamiento del caldo		Molienda	Limpieza de granos		(Alves et al., 2018 citado por Alexis y Arturo, 2018, p. 970)
		(PNUMA,2009 citado por Saulino, 2011)	Fermentación		Licuefacción	Maceración de granos de maíz (se agrega agua caliente a los granos)		
		(Alexis y Arturo, 2018, p.968)	Centrifugación		Sacarificación	Molienda gruesa (se pasa los granos ablandados a un molino donde se separa el germen)		
		(Alexis y Arturo, 2018, p.970)	Destilación		Fermentación	Molienda fina (el macerado se lleva a un		

						homogeneizador y por acción de fuerzas mecánicas se separan las fibras, el gluten, el almidón)	
		(Raz, Ludeña, & Saucedo,2007 citado por Stronguiló Leturia y Chacón F.,2015, p.44)	Deshidratación		Destilación	"El proceso continúa al igual que el de molienda seca"	
		(Felipa,2009, p.49)			Deshidratación	Licuefacción	
					Desnaturalización	Sacarificación	
						Fermentación	
						Destilación	
						Deshidratación	
						Denaturalization	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°6 se observa el proceso del bioetanol que se genera a partir de la biomasa de primera Generación. De acuerdo al primer objetivo se logró identificar el tipo de materia prima que utilizan los países de mayor producción de bioetanol en Latinoamérica.

Conforme con los resultados encontrados de acuerdo al proceso de biorrefinería para la biomasa de primera generación según Alejos y Calvo (2015) es más básico y de menos costo, porque se manipulan materias primas ricas en sacarosa (caña de azúcar) y almidón (maíz).

Entonces para Salomón et al., (2007) citado por Alexis y Arturo (2018), los azúcares presentes en la caña de azúcar, solo requieren de un proceso de refinería más simple que el del maíz, porque según Dorsch et al., (2020) para la producción de bioetanol a partir de maíz se necesitan dos procesos complejos como lo es: molienda en seco y molienda húmedo.

A pesar que el proceso de producción de cultivos energéticos (adquisición de materia prima) hasta la etapa de Biorrefinería (manufactura, procesado y formulación) de bioetanol es considerada sencilla genera importantes aspectos ambientales a considerar.

En la etapa de producción de cultivos energéticos encontramos los siguientes aspectos ambientales: Cambio de uso del suelo, emisiones de dióxido de nitrógeno por el uso de fertilizantes, riego constante, cultivo intensivo. Mientras que en la etapa de biorrefinería de la caña de azúcar encontramos la generación de residuos a causa del bagazo, las emisiones de Dióxido de carbono y la formación de residuos líquidos orgánicos debido a las vinazas. En el proceso de biorrefinería del maíz los aspectos ambientales son los siguientes: emisiones de dióxido de carbono, generación de residuos líquidos orgánicos producto de las vinazas.

Objetivo específico 3: En la siguiente tabla se muestra las categorías de impacto ambiental de la metodología del análisis del ciclo de vida.

Tabla 7. *Categorías de impacto en la producción de bioetanol*

		Producción de etanol a base de maíz					Producción de etanol a base de maíz		
		Adquisición de materia prima		Manufactura, procesado y formulación			Adquisición de Materia prima	Manufactura, procesado y formulación	
Nº	Autores	Buitrago y Belalcázar, 2013, p. 150	Hun y Mele, 2013, p. 3	Hun y Mele, 2013, p. 4	Silva Lora, <i>et al</i> , 2017	Garolera <i>et al</i> , 2017	Manosalva et al., 2020, p. 2	Sánchez et al., 2007, p.69	Manosalva et al., 2020, p. 2
	Categorías de Impacto	Colombia	Argentina	Argentina	Brasil	Argentina	Argentina	Colombia	Argentina
1	Agotamiento de recursos abióticos		x	x	x		x	x	x
2	Impactos del uso del suelo. Competencias por el suelo				x	x		x	
2.1	Competencia por el suelo								
2.2	Pérdida de la función de soporte de vida								
2.4	Pérdida de biodiversidad								
3	Cambio climático	x	x	x	x	x	x	x	x

4	Agotamiento del ozono estratosférico								
5	Toxicidad en humanos								
6	Ecotoxicidad							x	
6.1	Ecotoxicidad en aguas dulces					x			

		Producción de etanol a base de caña de azúcar					Producción de etanol a base de maíz		
		Adquisición de Materia prima		Manufactura, procesado y formulación			Adquisición de Materia prima	Manufactura, procesado y formulación	
Nº	Autores	Buitrago y Belalcázar, 2013, p. 150	Hun y Mele, 2013, p. 3	Hun y Mele, 2013, p. 4	Silva lora, <i>et al</i> , 2017	Garolera <i>et al</i> , 2017	Manosalva et al., 2020, p. 2	Sánchez et al., 2007, p.69	Manosalva et al., 2020, p. 2
	Categorías de Impacto	Colombia	Argentina	Argentina	Brasil	Argentina	Argentina	Colombia	Argentina
6,2	Ecotoxicidad en agua marina								
6,3	ecotoxicidad terrestre								
6,4	ecotoxicidad en sedimentos agua dulce								
6.5	Ecotoxicidad en sedimentos marinos								
7	Formación de foto-oxidantes		x	x	x	x	x	x	x
8	Acidificación		x	x	x	x	x	x	x
9	Eutrofización		x	x		x	x	x	x
10	Impacto de la radiación ionizante								
11	Olor								
12	Ruido								

13	Calor residual (aumento de la temperatura del agua)								
14	Accidentes								
16	Desección								
17	Malos olores en agua								
18	Agotamiento de los recursos fósiles	x	x				x		
19	Material Particulado					x			

Fuente: Elaboración propia

En la tabla n°7 se visualizan los resultados que diversos autores han obtenido en la evaluación de impacto del análisis de ciclo de vida de la elaboración de bioetanol. Para realizar este análisis se ha tomado en cuenta a los principales países productores de bioetanol en Latinoamérica, la materia prima utilizada para su producción y el proceso productivo que abarca desde la adquisición de la materia prima y el proceso de biorrefinería, datos obtenidos en el objetivo específico 1 y 2.

Para determinar el impacto ambiental es fundamental realizar una cuantificación valorando la magnitud por la importancia de los efectos ambientales y agruparlos en categorías de Impacto, para eso se ha utilizado la metodología del Análisis del Ciclo de vida ya que es herramienta de gestión que relaciona las causas y el efecto, por lo tanto ayuda a la comprensión de los impactos ambientales, según lo mencionado por (CIDE,2022,p.60), además (Haya Leiva, 2016,p.4) refiere que el propósito de esta herramienta es analizar de forma objetiva los impactos ambientales generados por un producto o proceso.

De acuerdo a la producción de etanol a base de caña de azúcar y maíz, en la etapa de adquisición, manufactura, proceso y formulación. "se utilizó el enfoque de la cuna a la puerta, es decir desde el cultivo de la materia prima, caña de azúcar, hasta la obtención del Bioetanol como producto terminado". (Hun y Mele, 2013) obtuvieron como resultados de acuerdo al ciclo de vida de la cuna a la puerta las siguientes categorías de impactos en la producción de caña de azúcar: Formación de foto – oxidantes, acidificación, eutrofización, agotamiento de los recursos fósiles, agotamiento de los recursos abióticos y cambio climático, Silva Lora *et al*, (2017) concuerda con Hun y Mele pero obtiene como resultado una categoría de impacto adicional que se denomina, impactos y competencias del uso del suelo.

Para Garolera *et al* (2017), considera de acuerdo a su investigación 2 categorías más de impacto (Eco toxicidad de aguas dulces y material particulado) a causa de las emisiones (volatilización y lixiviación) de diferentes agroquímicos (herbicidas y fertilizantes) y de distintas sustancias que provienen de diferentes etapas que se conectan con este subsistema (producción de fertilizantes y consumo de diésel, principalmente).

Continuando con las investigaciones, Manosalva *et al*, (2020), concluyó que en el análisis del ciclo de vida del proceso de producción de bioetanol de maíz se generan las siguientes categorías de impacto: agotamiento de los recursos abióticos, cambio climático, formación de foto – oxidantes, acidificación, eutrofización, cambio climático y agotamiento de los recursos fósiles.

Según la investigación de Sánchez *et al* (2007), las categorías de impactos resultantes son: agotamiento de los recursos abióticos, impactos y competencias del suelo, cambio climático, ecotoxicidad, formación de foto – oxidantes, acidificación, eutrofización.

V. CONCLUSIONES

Se llegó a las siguientes conclusiones:

1. Son 3 los países con mayor producción de bioetanol en Latinoamérica, siendo Brasil el país que se ha mantenido liderando la producción de bioetanol hasta la actualidad, en el año 2021 tuvo una producción de 34 billones de litros; el segundo lugar lo ocupa Colombia que ha logrado permanecer en el puesto hasta el año 2018 con una producción de 0.3 billones de litros durante ese período y el tercer puesto lo ocupa Argentina que ingresó al ranking en el año 2011 y se logró mantener en el puesto hasta el 2020 con una producción de 1.1 billones de litros durante ese año.

2. El proceso de productivo depende del tipo de biomasa para la elaboración de bioetanol; Brasil, Colombia y Argentina utilizan cultivos de caña de azúcar y maíz, el bioetanol resultante de este tipo de materia prima es clasificado como biocombustible de primera generación por el origen de la materia prima. Brasil y Colombia utilizan caña de azúcar para su producción por lo tanto el proceso de refinería está conformado por: fermentación alcohólica, extracción del caldo, tratamiento del caldo, fermentación, centrifugación, destilación y deshidratación; mientras que Argentina utiliza el maíz, el proceso de biorrefinería a base de maíz va a depender del tipo de molienda que se utilizará, puede ser molienda seca o húmeda, la molienda seca está compuesta por las siguientes etapas: Extracción del almidón de los granos de maíz, molienda, licuefacción, sacarificación, fermentación, destilación, deshidratación y desnaturalización, la molienda húmeda está formada por: tratamiento previo, limpieza de granos, maceración de granos de maíz, molienda gruesa, molienda fina, luego el proceso continúa tal cuál al de molienda seca.

3. El impacto ambiental del proceso productivo del bioetanol se determina haciendo una evaluación de impacto del análisis de ciclo de vida donde se cuantifica la magnitud y la importancia de los efectos para luego agrupar los efectos en categorías de impacto. De acuerdo a los estudios recopilados de diversos autores hemos concluido que tanto en el proceso productivo a base de caña de azúcar o maíz las categorías de impacto que coinciden todos los autores citados son: la formación de foto – oxidantes, la acidificación y cambio climático.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda continuar con las investigaciones y desarrollo de nuevas tecnologías que ayuden a disminuir los impactos ambientales generados en las diferentes etapas productivas del bioetanol.
- Se recomienda seguir impulsando nuevas políticas para que más países se sumen a la transición de combustibles fósiles a biocombustibles.
- Se recomienda invertir en investigación e intensificar el acceso a tecnología para lograr que más personas puedan desarrollar su talento en nuevas técnicas y lograr obtener biocombustible a base de residuos u otros materiales más económicos y menos contaminantes.

REFERENCIAS

- ALEJOS, c., & Calvos, E. Biocombustibles de primera generación. *Revista peruana de química e ingeniería química* [En línea]. Diciembre 2015, 18(2), 19-30. [Fecha de Consulta: 10 de Junio de 2022]. Disponible en <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/quim/article/view/11784>.
ISSN:1609-7599
- ALEXIS L and Arturo L. Materias primas usadas para la producción de etanol de cuatro generaciones: retos y oportunidades. *Agrociencia*. Vol. 52, Julio de 2018, p. 24. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v52n7/2521-9766-agro-52-07-967-en.pdf>
ISSN 1405-3195
- ALONSO-GOMEZ, L., & Bello-Pérez, L. Materias primas usadas para la producción de etanol de cuatro generaciones: retos y oportunidades. *Agrociencia* [En línea]. Octubre – Noviembre de 2018, 52(7), 967-990. Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952018000700967
ISSN:2521-9766
- ALVES DE OLIVEIRA, L., *et al.* Water management for sugarcane and corn under future climate scenarios in Brazil. *Agricultural Water Management* [En línea]. 2018, 201, 199-206. [Fecha de consulta: 08 de mayo de 2022] Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377418300696>
ISSN: 0378-3774
- AMBROGI, R. Economía Ambiental I [En línea]. Managua, Nicaragua: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, 2016. Disponible en <https://catalogosiidca.csuca.org/Record/UNANM.98709>
- ARIAS, M.M, & Giraldo Mora, C.V. El rigor científico en la investigación cualitativa. *Investigación y educación en enfermería* [En línea]. Octubre – Diciembre de 2011, 29(3), 500-514. [Fecha de consulta: 15 de Junio]. Disponible en http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-53072011000300020
ISSN: 0120-5307
- BARRAGÁN Zorro, Johan y Andrés Pava, Camilo. Análisis sistémico de las externalidades del mercado de bioetanol. Tesis (Título en Economía). Bogotá: Universidad Católica de Colombia, Facultad de ciencias económicas y administrativas : s.n., 2018. 42pp. Disponible en <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/22679/1/An%C3%A1lisis%20sist%C3%A9mico%20de%20las%20externalidades%20del%20mercado%20de%20bioetanol.pdf>

- BARRIENTOS, P. Los biocombustibles y su efecto en la agricultura peruana. *Pensamiento Crítico* [En línea]. 31 de Marzo de 2009. , 10. Disponible en doi: <https://doi.org/10.15381/pc.v10i0.9123> ISSN: 2617-2143
- BUILTRAGO, Rodrigo y Belalcazar, Luis Carlos. Análisis del ciclo de vida para la producción de bioetanol en Colombia por medio de OpenLCA. *Epsilon Vol 01. 21 de octubre del 2013*. Colombia. Disponible en: <https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1157&context=ep> ISSN 1692-1259
- CALLEJAS, Edamar Salinas y Quezada, Víctor Gasca. Los biocombustibles. *El cotidiano* [En línea]. Setiembre - octubre 2009, n°157, pp. 75-82. [Fecha de consulta 05 de agosto de 2022] Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=32512739009> ISSN: 0186-1840
- CASTILLO, E., & Vasquez, M. (2003). El rigor metodológico en la investigación cualitativa. *Colombia médica* [En línea]. 2013, 34(3), 164-167. [Fecha de consulta: 12 de 06 de 2022]. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/283/28334309.pdf> ISSN: 0120-8322
- CASTRO-MARTINEZ, C., & Beltrán-Arredondo, L. PRODUCCIÓN DE BIODIESEL Y BIOETANOL: ¿UNA ALTERNATIVA SUSTENTABLE A LA CRISIS ENERGÉTICA?. *Ra Ximhai* [EN Línea]. Agosto de 2012, 8(3b), 93-100. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46125177010> ISSN: 1665-0441
- ECONOMÍA, sociedad y estadística. Centro de Investigación y Desarrollo - CIDE. 2022. Perú : s.n., Junio de 2022, Revista del Centro de Investigación y Desarrollo del INEI, pág. 93. Disponible en <https://www.inei.gob.pe/media/difusion/cide4/#p=60>
- DATOS Energía - Bioetanol: producción y ventas (total país). [en línea], [sin fecha]. [Consulta: 18 julio 2022]. Disponible en: <http://datos.energia.gob.ar/>.
- DORSCH, Quimey, *et al.* Diseño de una planta de producción de bioetanol. Tesis. Universidad Nacional de Mar de la plata. Argentina, Facultad de ingeniería: s.n., 2020. pág. 284. Disponible en <http://rinfi.fi.mdp.edu.ar/xmlui/handle/123456789/411>
- DUFEY, A. y Stange, D. Estudio regional sobre la economía de los biocombustibles en 2010: temas clave para los países de América Latina y el Caribe. *Comisión económica para América Latina y el Caribe* [en línea], 01 de marzo de 2011, [Consulta: 9 septiembre 2022]. Disponible en: <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/3906>.
- ESCUADERO Sánchez, C., & Cortez Suárez, L. Técnicas y métodos cualitativos para la investigación científica [En línea]. Vol.1. Machala,

Ecuador: UTMACH,2018. [Fecha de consulta: 09 de Junio de 2022]. Disponible en <https://universoabierto.org/2020/10/01/tecnicas-y-metodos-cualitativos-para-la-investigacion-cientifica/> ISBN: 978-9942-24-092-7

FAO. (2014). FAO. 10 de Junio de 2022, disponible en: <https://www.fao.org>.

FERREIRA Gonzáles, I., *et al.* Revisiones sistemáticas y metaanálisis. *Revista española de Cardiología* [En línea]. 30 de Junio de 2011, 64(8), 688-696. [Fecha de Consulta: 09 de Junio de 2022]. Disponible en doi: <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2011.03.029> ISSN: 0300-8932

FLORES Minguillo, S. (2020). Revisión Bibliográfica del uso de plantas para el control de plagas y enfermedades agrícolas. Tesis (Título en Ingeniería Ambiental) Lima: Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, 2020. 64 pp. Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.12692/53164>

GAROLERA de Nucci, L. Patricia, y otros. Estudio comparativo de diferentes mezclas nafta/etanol de caña de azúcar usando el enfoque de Ciclo de Vida. *Revista agrícola de Tucumán* [En línea], Vol. 94.07 de 2017. 02: [Fecha de consulta 07 de junio del 2022]. Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1851-30182017000200005&lng=es&nrm=iso&tlng=es ISSN 1851-3018

GUBA, E., & Lincoln, G. Epistemological and methodological bases of naturalistic inquiry. *Educational Communication and Technology* [En línea]. 1982, 30(4), 233-252. [Fecha de consulta : 10 de Junio del 2022]. <http://www.jstor.org/stable/30219846> ISSN: 0148 – 5806

GONZALES, L.F et al., Análisis de ciclo de vida de la producción de bioetanol de la caña de azúcar, estudio de caso: Ingenio Risaralda, *International Workshop advances in clear production*, 7ma, 2018, p. 01) http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:IMMl6Z48lLgJ:www.advancesincleanerproduction.net/7th/files/sexsoes/6A/8/gonzalez_lf_et_al_academic.pdf&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=pe

HAYA Leiva, Esperanza (2016). [ed.] Análisis del Ciclo de Vida. *Escuela de Organización industrial* [En línea]. 01 de Octubre de 2016. [Fecha de consulta: 18 de Julio de 2022]. Disponible en <https://www.eoi.es/es/savia/publicaciones/25482/analisis-de-ciclo-de-vida>

HERNÁNDEZ, R., Fernández, C., & Baptista, M. Metodología de la Investigación (6ta ed.). México D.F: Interamericana editores, 2014, 634 pp. Disponible en: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwi4oKjez476AhVxHrkGHZr9DFwQFnoECAgQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.uca.ac.cr%2Fwp-content%2Fuploads%2F2017%2F10%2FInvestigacion.pdf&usg=AOv>

Vaw0S6BhGROt3pwwqwyBTJ1Q
ISBN: 978-1-4562-2396-0

HERNÁNDEZ-SAMPIERI, R. & Mendoza, C (2018). Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta | RUDICS. [en línea], [sin fecha]. [Consulta: 10 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://virtual.cuautitlan.unam.mx/rudics/?p=2612>.

ISBN: 978-1-4562-6096-5

HUN, Andrea Lorena y Mele, Fernando Daniel. Análisis de Sensibilidad de un Caso del Noroeste Argentino de Ciclo de Vida de la Industria del Azúcar y del Bioetanol de Caña de Azúcar Argentina: s.n., 2013. Disponible en: <https://fcf.unse.edu.ar/archivos/publicaciones/codinoa-2013/trabajos/ambiente/02-nishihara.pdf>

IBARRA, Dany, Redondo, Johan Manuel y Fajardo, Carlos. Modelación de aspectos ambientales en la cadena de suministro del bioetanol. *Revista Ingeniería Industrial*. Vol. 12. 31 de 07 de 2013, p.2. Disponible en: <http://revistas.ubiobio.cl/index.php/RI/article/view/13>

LAMANA, Natalia Rieznik y Aja, Agustín Hernández. Análisis del ciclo de vida. *Ciudades para un futuro más sostenible - Madrid* [En Línea]: s.n., Julio de 2005, [Fecha de consulta: 05 de setiembre de 2022]. Disponible en <http://habitat.aq.upm.es/temas/a-analisis-ciclo-vida.html>

LIZANA Bobadilla, Victor Manuel (2016). El etanol carburante en la costa norte del Perú. Impactos energético, ambiental y socioeconómico. Tesis Doctoral. Oviedo s.n.: Universidad de Oviedo, Departamento de Energía, 2016. 269pp. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=79716>

MANOSALVA, Jonatan, et al. Estudio Comparativo Del Perfil Ambiental De Biorefinerías De Maíz A Través Del Análisis De Ciclo De Vida. 2020, pág. 4. Disponible en: https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/8620/INTA_CIA_InstitutodelIngenier%C3%ADaRural_Manosalva_J_Estudio_comparativo_del_perfil_ambiental_de_biorefiner%C3%ADas_de_ma%C3%ADz.pdf?sequence=1&isAllowed=y

MONTOYA R, M.I., et al/2006. Evaluación del impacto ambiental del proceso de obtención de alcohol carburante utilizando el algoritmo de reducción de residuos. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia* [en línea], n°. 36, pp. 85-95. [Consulta: 17 agosto 2022]. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0120-62302006000200007&lng=en&nrm=iso&tlng=es

MORELOS Gómez, J. Análisis de la variación de la eficiencia en la producción de biocombustibles en América. *Revista Estudios Gerenciales* [En línea]. 01 de Abril de 2016, 32(139), 120-126. [Fecha de consulta: 02 de Junio de 2022]. Disponible en doi: 10.1016/j.estger.2016.01.001
ISSN: 0123-5923

- OSSA Basañes, Federico José. Cultivos energéticos para biocombustibles. Tesis. Universidad Nacional de Cuyo, Instituto de energía, 2012. pág. 43. Disponible en <https://imd.uncuyo.edu.ar/upload/cultivos-energeticos-final.pdf>
- PIERAGOSTINI, Carla, Aguirre, Pio y Mussati, Miguel C. Life cycle assessment of corn-based ethanol production in Argentina. *Ciencia del Medio Ambiente total* Vol.472. 02 de 2014, págs. 212-225. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969713012862>
- RADA Cardenas, M. El Rigor en la Investigación. *Revista venezolana de investigación* [En línea]. 1 de Junio de 2007. N° 1, 17-26. [Fecha de consulta: 06 de Junio de 2022]. Disponible en https://scholar.google.com/scholar?hl=es&as_sdt=0,5&cluster=15305233141470045854
- REN 21, Secretariat. Renewables Global Status Report 2007. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century [En Línea], 2008. [Fecha de consulta: 05 de Junio]. Disponible en <https://www.ren21.net/reports/global-status-report/>
- REN 21, Secretariat. Renewables Global Status Report 2009. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century [En Línea], 2009. [Fecha de consulta: 07 de Junio]. Disponible en <https://www.ren21.net/reports/global-status-report/>
- REN 21, Secretariat. Renewables Global Status Report 2010. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century [En Línea], 2010. [Fecha de consulta: 05 de Junio]. Disponible en <https://www.ren21.net/reports/global-status-report/>
- REN 21, Secretariat. Renewables Global Status Report 2011. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century [En Línea], 2011. [Fecha de consulta: 06 de Junio]. Disponible en <https://www.ren21.net/reports/global-status-report/>
- REN 21, Secretariat. Renewables Global Status Report 2012. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century [En Línea], 2012. [Fecha de consulta: 06 de Junio]. Disponible en <https://www.ren21.net/reports/global-status-report/>
- REN 21, Secretariat. Renewables Global Status Report 2013. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century [En Línea], 2013. [Fecha de consulta: 07 de Junio]. Disponible en <https://www.ren21.net/reports/global-status-report/>
ISBN 978-3-9815934-0-2
- REN 21, Secretariat. Renewables Global Status Report 2014. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century [En Línea], 2014. [Fecha de consulta: 08 de Junio]. Disponible en <https://www.ren21.net/reports/global-status-report/>
ISBN 978-3-9815934-2-6

- REN 21, Secretariat. Renewables Global Status Report 2015. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century [En Línea], 2015. [Fecha de consulta: 08 de Junio]. Disponible en <https://www.ren21.net/reports/global-status-report/>
ISBN 978-3-9815934-6-4
- REN 21, Secretariat. Renewables Global Status Report 2016. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century [En Línea], 2016. [Fecha de consulta: 08 de Junio]. Disponible en <https://www.ren21.net/reports/global-status-report/>
ISBN 978-3-9818107-0-7
- REN 21, Secretariat. Renewables Global Status Report 2017. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century [En Línea], 2017. [Fecha de consulta: 09 de Junio]. Disponible en <https://www.ren21.net/reports/global-status-report/>
ISBN 978-3-9818107-6-9
- REN 21, Secretariat. Renewables Global Status Report 2018. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century [En Línea], 2018. [Fecha de consulta: 09 de Junio]. Disponible en <https://www.ren21.net/reports/global-status-report/>
ISBN 978-3-9818911-3-3
- REN 21, Secretariat. Renewables Global Status Report 2019. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century [En Línea], 2019. [Fecha de consulta: 10 de Junio]. Disponible en <https://www.ren21.net/reports/global-status-report/>
ISBN 978-3-9818911-7-1
- REN 21, Secretariat. Renewables Global Status Report 2020. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century [En Línea], 2020. [Fecha de consulta: 10 de Junio]. Disponible en <https://www.ren21.net/reports/global-status-report/>
ISBN 978-3-948393-00-7
- REN 21, Secretariat. Renewables Global Status Report 2021. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century [En Línea], 2021. [Fecha de consulta: 10 de Junio]. Disponible en <https://www.ren21.net/reports/global-status-report/>
ISBN 978-3-948393-03-8
- REN 21, Secretariat. Renewables Global Status Report 2022. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century [En Línea], 2022. [Fecha de consulta: 05 de Junio]. Disponible en <https://www.ren21.net/reports/global-status-report/>
ISBN 978-3-948393-04-5
- RICARDO G, Fernando Medina y Laura Cozzi. La economía agro-industrial de Jujuy: desde el Azúcar al Bioetanol. *Comisión Económica para América Latina y el Caribe*. 2013. Disponible en: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/4098/1/S2013555_es.pdf

- RODRIGUEZ Ballesteros, J, *et al*, Evaluación de impacto ambiental, Tesis (Título de Licenciado en Derecho). Nicaragua: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales, 2010. 154 pp.
<http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/1789/1/217591.pdf>
- RODRIGUEZ Cordova, R. Manual de Evaluación de impacto ambiental [En Línea]. 1° Ed. Nicaragua: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, 2004. [Fecha de consulta: 12 de Junio de 2022]. Disponible en: <https://docplayer.es/91044341-Evaluacion-de-impacto-ambiental.html>
- SAFRA de cana de acucar, companhia, Nacional de Abastecimento 2018, Conab. [En línea] 19 de agosto de 2022. [Citado el: 18 de Julio de 2022.] Disponible en: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar>
- SAFRA de cana de acucar, companhia, Nacional de Abastecimento 2019, Conab. [En línea] 19 de agosto de 2022. [Citado el: 18 de Julio de 2022.] Disponible en: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar>
- SAFRA de cana de acucar, companhia, Nacional de Abastecimento 2020, Conab. [En línea] 19 de agosto de 2022. [Citado el: 18 de Julio de 2022.] Disponible en: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar>
- SAFRA de cana de acucar, companhia, Nacional de Abastecimento 2021, Conab. [En línea] 19 de agosto de 2022. [Citado el: 18 de Julio de 2022.] Disponible en: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar>
- SALAEZ Fernández, S., & Roca Jusmet, J. Agotamiento de los combustibles fósiles y emisiones de co2: algunos posibles escenarios futuros de emisiones. *Revista Galega de Economía* [En Línea]. Junio de 2010, 19(1), 1-19. [Fecha de consulta: 05 de Julio de 2022]. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/391/39113124001.pdf>
ISSN: 1132-2799
- SAULINO, F., 2011. Implicaciones del desarrollo de los biocombustibles para la gestión y el aprovechamiento del agua. *Comisión Económica para América Latina y el Caribe* [en línea], octubre de 2011, [Consulta: 9 septiembre 2022]. Disponible en: <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/3941>
- SECRETARÍA de Energía de Argentina. 2022. Secretaría de energía. [En línea] 8 de Julio de 2022. [Citado el: 18 de 07 de 2022.] <http://datos.energia.gob.ar/dataset/estadisticas-de-biodiesel-y-bioetanol/archivo/e5478cfe-b3ff-4fc7-a564-18cbe4752ad4>.
- SILVA LORA, Electo Eduardo, y otros. Bioenergía y biorrefinerías para caña de azúcar y palma de aceite. *Palmas* 37. Vol. 2, 2016 págs. 119-136.

Disponible en:
<https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/11928/11921>

STRONGUILÓ LETURIA, María Laura y Chacón Febres, Lynet Milagros. Caracterización de biomasa residual de la región Arequipa para la producción de biocombustibles. *Enfoque UTE* Vol. 6, 2015, págs. 42-54. ISSN. 1390-6542, 1390-9363. Disponible en: <https://ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute/index.php/revista/article/view/77>

LATORRE, P.F.V. y Sarmiento, R.A.B. Empresas y derechos humanos: biocombustibles y derechos al agua y la alimentación en Colombia. *Revista de Derecho* [en línea], julio - diciembre de 2020 no. 54. [Consulta: 9 septiembre 2022]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.14482/dere.54.323.4>
ISSN 2145-9355

VALDÉS-Rodríguez, O., & Palacios-Wassenaar, O. Evolución y situación actual de plantaciones para biocombustibles: Perspectivas y retos para México. *Agro Productividad* [En Línea]. Febrero 2016, 9(2), 33-41. [Fecha de consulta: 5 de Julio de 2022]. Disponible en <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/718>

VILABOA, J., López Collado, J., Platas-Rosado, D., & Vilaboa-Arroniz, I. El mito de los biocombustibles en México. *Agroecosistemas tropicales y subtropicales* [En Línea]. 01 de Enero de 2019, Vol 22. [Fecha de consulta: 03 de Julio de 2022]. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/334233679_The_myth_of_biofuels_in_Mexico
ISSN: 1870-0462

ANEXO

- ANEXO 1

Tabla 8. Categorías, Subcategorías y matriz de categorización apriorística.

Categorías de Impacto de la Elaboración de Bioetanol en los Principales Países Productores de Latinoamérica – Análisis de Ciclo de Vida: Revisión Sistemática 2007- 2022.							
Ámbito de estudio	Problema General			Objetivos General			
Sustentabilidad de la bioenergía	¿Cuáles son las categorías de impacto en la elaboración de bioetanol de los principales países productores de Latinoamérica mediante el Análisis de ciclo de vida: Revisión sistemática 2007-2022?			Identificar las categorías de impacto en la elaboración de bioetanol de los principales países productores de Latinoamérica mediante el análisis de ciclo de vida.			
	Objetivos Específicos	Problemas Específicos	Categoría	Subcategoría	Criterio 1	Criterio 2	Unidad de Análisis
	Identificar los países con mayor producción de bioetanol en Latinoamérica	¿Cuáles son los países con mayor producción de bioetanol en Latinoamérica?	Países con mayor producción de Bioetanol en Latinoamérica	Países de Latinoamérica con mandatos de mezcla obligatoria (Dufey y Stange 2011)	Eficiencia productiva (José Morelos Gómez, 2016, p.123)	Materia prima para su producción Producción anual	<ul style="list-style-type: none"> • (REN21 Renewables Global Status Report 2007 Update. p. 32.) • (REN21 Renewables Global Status Report 2009 Update. p. 32) • (REN21 Renewables Global Status Report 2010 Update. p. 32)

							<ul style="list-style-type: none">• (REN21 Renewables Global Status Report 2011 Update. p. 32)• (REN21 Renewables Global Status Report 2012 Update. p. 32)• (REN21 Renewables Global Status Report 2013 Update. p. 32)• (REN21 Renewables Global Status Report 2014 Update. p. 32)• (REN21 Renewables Global Status Report 2015 Update. p. 32)• (REN21 Renewables Global Status Report 2016 Update. p. 32)• (REN21 Renewables Global Status Report 2017 Update. p. 32)• (REN21 Renewables Global
--	--	--	--	--	--	--	---

							<p>Status Report 2018 Update. p. 32)</p> <ul style="list-style-type: none">• (REN21 Renewables Global Status Report 2019 Update. p. 32)• (REN21 Renewables Global Status Report 2020 Update. p. 32)• (REN21 Renewables Global Status Report 2021 Update. p. 32)• (REN21 Renewables Global Status Report 2022 Update. p. 32)• Secretaría de Energía Argentina, 2021• ASOCAÑA, 2019• (Secretaría de energía, 2019 citado por Manosalva y Saporiti, 2019, p.1)• (Companhia Nacional de Abastecimento, “Boletim da Safra de cana de acucar”, 2022)
--	--	--	--	--	--	--	---

							<ul style="list-style-type: none"> • (Companhia Nacional de Abastecimento, “Boletim da Safra de cana de acucar”, 2021) • (Companhia Nacional de Abastecimento, “Boletim da Safra de cana de acucar”, 2020) • (Companhia Nacional de Abastecimento, “Boletim da Safra de cana de acucar”, 2019) • (FEPA, “Balance azucarero colombiano Asocaña”,2022)
	Objetivos Específicos	Problemas Específicos	Categoría	Subcategoría	Criterio 1	Criterio 2	Unidad de Análisis
	Conocer el proceso productivo bioetanol	¿Cuál es el proceso productivo del bioetanol?	Proceso productivo del bioetanol	De acuerdo al tipo de materia prima	Tipo de la biomasa a procesar	Obtención de materia prima	<ul style="list-style-type: none"> • Pieragostini <i>et al</i>,2014,p.216 • Callejas y Quezada 2009

						Biorrefinería	<ul style="list-style-type: none"> • Ricardo G. et al, 2013 • Timilsina y Shrestha,210 citado por Saulino,2011 • PNUMA,2009 citado por Saulino, 2011 • Alexis y Arturo, 2018, p.968 Ibarra-Vega, Redondo y Fajardo-Toro,2012, p.79 • Alexis y Arturo, 2018, p.970 • Raz, Ludeña, & Saucedo,2007 citado por Stronguiló Leturia y Chacón F.,2015, p.44 • Felipa,2009, p.49 • Alejos y Calvo 2015 • Linton et al., 2011 citado por Alexis y Arturo, 2018, p.969
	Objetivos Específicos	Problemas Específicos	Categoría	Subcategoría	Criterio 1	Criterio 2	Unidad de Análisis
	Determinar el impacto ambiental del proceso productivo del bioetanol	¿Cuál es el impacto ambiental del proceso productivo bioetanol?	Impacto ambiental	Análisis del ciclo de vida (ACV)	Análisis del ciclo de vida (ACV)	Categorías de impacto	<ul style="list-style-type: none"> • María Isabel Montoya, 2006 • (Economía, sociedad y estadística, 2022, p.60)

					Evaluación de impacto del Análisis de Ciclo de Vida		<ul style="list-style-type: none">• Hun y Mele, 2013, p.3• Hun y Mele, 2013, p.4• GAROLERA et al, 2017• Manosalva et al., 2020, p. 2
--	--	--	--	--	--	--	---

Fuente: Elaboración propia

- ANEXO 2

	Ficha de Recolección de datos				N°001
Nombre de la Investigación:					
Nombre del Libro o Revista:					
URL / DOI:					
Autor(es):	Año:	País:	Buscador:	Palabra clave:	
Páginas:					
Insumo para la producción de bioetanol:	Característica de la Materia:				
Técnica de obtención de materia prima:					
Producción de etanol al año:					
Categorías de impacto (Marcar): <ol style="list-style-type: none"> 1. Agotamiento de los recursos abióticos 2. Impacto del uso del suelo <ol style="list-style-type: none"> 2.1. Competencia por el suelo 2.2. Pérdida de la función de soporte de vida 2.3. Pérdida de biodiversidad 3. Cambio climático 4. Agotamiento del ozono estratosférico 5. Toxicidad en humanos 6. Eco toxicidad <ol style="list-style-type: none"> 6.1. Eco toxicidad en aguas dulces 6.2. Eco toxicidad en agua marina 6.3. Eco toxicidad terrestre 6.4. Eco toxicidad en sedimentos de aguas dulces 6.5. Eco toxicidad en sedimentos marinos 7. Formación de foto oxidantes 					

<p>8. Acidificación</p> <p>9. Eutrofización</p> <p>10. Impacto de la radiación ionizante</p> <p>11. Olor</p> <p>12. Ruido</p> <p>13. Calor residual (aumento de la temperatura del agua)</p> <p>14. Accidentes</p> <p>15. Agotamiento de los recursos bióticos</p> <p>16. Desección</p> <p>17. Malos olores en agua</p>
<p>Conclusiones</p>

- ANEXO 3

Tabla 9. Producción de bioetanol en Brasil, Colombia y Argentina según autores

P A S B r a s i l C o l o m b i a	Producción anual en Blls / Lts												Fuentes		
	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(Ren21, "Renavables 2007 Global Status Report", 2008, p.48)	
	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	(Ren21, "Renavables 2009 Global Status Report", 2009, p.25)
	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	(Ren21, "Renavables 2010 Global Status Report", 2010, p. 56)	
						2	2	2			2		3	(Ren21, "Renavables 2011 Global Status Report", 2011, p.75)	
					1	5	6			8		5		(Ren21, "Renavables 2012 Global Status Report", 2012, p.100)	
	2	2	2	2	.	.	.	3	2	.	3	.	3	(Ren21, "Renavables 2013 Global Status Report", 2013, p.96)	
	7	6	8	1	6	5	5	0	7	5	3	3	4	(Ren21, "Renavables 2014 Global Status Report", 2014, p.108)	
														(Ren21, "Renavables 2015 Global Status Report", 2015, p.129)	
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				(Ren21, "Renavables 2016 Global Status Report", 2016, p.142)	
					
	3	3	4	3	4	4	4	5	4	3	0	0	0		

A r g e n t i n a	0	0	1	2	2	5	7	8	9	1	1	1	0	(Ren21, "Renavables 2017 Global Status Report", 2017, p.167) (Ren21, "Renavables 2018 Global Status Report", 2018, p.206) (Ren21, "Renavables 2019 Global Status Report", 2019, p.216) (Ren21, "Renavables 2020 Global Status Report", 2020, p.234) (Ren21, "Renavables 2021 Global Status Report", 2021, p.93)

Fuente: Elaboración propia

- ANEXO 4

Tabla 10. Producción de materia prima para la elaboración de bioetanol – según autores

Materia prima para la producción de bioetanol (miles de toneladas)						Fuentes
Año	Ma teri a pri ma	2018	2019	2020	2021	
Brasil	Caña de azúcar	118828.0069	128496.829	114293.1448	131918.6651	(Secretaría de Energía de Argentina, 2022) (Companhia Nacional de Abastecimento, "Boletim da Safra de cana de acucar", 2022) (Companhia Nacional de Abastecimento, "Boletim da Safra de cana de acucar", 2021)

Colombia	Caña de azúcar	471000				(Companhia Nacional de Abastecimento, “Boletim da Safra de cana de acucar”, 2020)
Argentina	Caña de azúcar	498236.16	519666.70	385149.70		(Companhia Nacional de Abastecimento, “Boletim da Safra de cana de acucar”, 2019)
	Maíz	553828.79	553828.79	423574.83		(FEPA, “Balance azucarero colombiano Asocaña”,2022)

Fuente: Elaboración propia



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, EDUARDO RONALD ESPINOZA FARFAN, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, asesor de Tesis titulada: "Categorías de Impacto de la producción de Bioetanol en los Principales Países Productores de Latinoamérica – Análisis de Ciclo de Vida: Revisión Sistemática 2007-2022.", cuyos autores son BORASINO ATOCHE ANDREA MARIA PIA, GUTIERREZ RIVERA SANTOS MANUEL GUSTAVO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 19.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 24 de Octubre del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
EDUARDO RONALD ESPINOZA FARFAN DNI: 40231227 ORCID: 0000-0003-4418-7009	Firmado electrónicamente por: ERESPINOZAF el 24- 10-2022 20:52:40

Código documento Trilce: TRI - 0435748