



BIO

BIOCOMBUSTIBLES II APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DOMÉSTICOS

**SANDRA EMPERATRÍZ PEÑA MURILLO
EDDIE MANUEL ZAMBRANO NEVÁREZ**



Tinta & Pluma
Editorial

Cada libro de Colección Tinta & Pluma es evaluado para su publicación mediante el sistema de dictaminación doble ciego por especialistas en la materia. Lo invitamos a ver el proceso de dictaminación de este libro transparentado en nuestra plataforma.



Ediciones Tinta & Pluma se especializa en la publicación de conocimiento científico en español e inglés en soporte de libro digital en las áreas de humanidades, ciencias sociales y ciencias exactas. Guía su criterio de publicación cumpliendo con las prácticas internacionales: dictaminación, comités y ética editorial, acceso abierto, medición del impacto de la publicación, difusión, distribución impresa y digital, transparencia editorial e indexación internacional.

BIOCOMBUSTIBLES II

APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DOMÉSTICOS



BIOCOMBUSTIBLES II APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DOMÉSTICOS

Autores

SANDRA EMPERATRÍZ PEÑA MURILLO

EDDIE MANUEL ZAMBRANO NEVÁREZ

Segunda edición: Tinta&Pluma 2023

Diseño de portada: Alfredo González Bores

Tinta&Pluma 2023, Guayaquil, Ecuador, Urbanización Puerto Azul, Mz 20 Villa 12,
fitogonzal@gmail.com

<https://editorialtintaypluma.com/index.php/etp/index>

ISBN: 978-9942-619-11-2

DOI: <https://doi.org/10.53887/etp.vi>



Obra revisada previamente por la modalidad doble par ciego, en caso de requerir información sobre el proceso comunicarse con la editorial.

Queda prohibida la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio (electrónico, mecánico, fotocopia, grabación u otros), sin la previa autorización por escrito del titular de los derechos de autor, bajo las sanciones establecidas por la ley. El contenido de esta publicación puede ser reproducido citando la fuente.

El trabajo publicado expresa exclusivamente la opinión de los autores, de manera que no compromete el pensamiento ni la responsabilidad de la editorial

PRÓLOGO

La intención de los autores con esta investigación fue de aportar al conocimiento de la población el daño irremediable causado por los efectos de invernadero y cuál sería el camino a seguir para la reducción de estos contaminantes, para esto lo que se pretende llevar a cabo es que mediante los desechos de las personas en específico el aceite de cocina usado para la creación de biodiesel, estos puedan ser usados como biocombustibles ya que serían alentadores y a su vez bajarían los altos niveles de la contaminación provocados por combustibles fósiles.

Por esto se pretende lograr encontrar cada vez más, nuevas fuentes alternativas de energía como vendría siendo la obtención del biodiesel con el fin de reemplazar los combustibles fósiles y sus derivados, por otro lado aparte de ser una energía renovable con la habilidad de reducir la emisión de gases contaminantes también se reutilizarán aceites procedentes en la cocción, los que a su vez que son perjudiciales para el medio ambiente, El efecto que produce el biodiesel en el medio ambiente se da en alrededor de 41% menos de gases de efecto invernadero, que los generados por Diesel corriente (términos de equivalente energético).

En este sentido, la implementación de biocombustibles compone un amplio campo para el progreso investigativo y su adaptación como alternativa energética, así como incitar la creación de nuevas metodologías para el proceso reciclaje de este material.

En los últimos años, se ha estado promoviendo la sustitución del combustible convencional por energías alternativas, siendo el biodiesel una de ellas, se están efectuando estudios en busca de otra matriz para la generación de estos biocombustibles, entre los más importantes las algas. Los biocombustibles producidos a partir de microalgas han surgido como una alternativa muy intrigante donde se ha desarrollado diferentes mecanismos para la implementación. Por esto nace la necesidad de conocer las diferentes formas de obtención del de biocombustible, analizar la situación mundial.

El combustible líquido, el biodiésel, se puede utilizar para quemar energía directamente o se puede tratar químicamente para obtener otros productos químicos o combustibles, como el biodiésel. Los residuos de madera, los recortes de césped, la paja recolectada, el bagazo y las vainas de las semillas se pueden utilizar como materia prima. Por otro lado, la digestión anaeróbica incluye la biodegradación a una temperatura de 30 °C a 65 °C, sin presencia de oxígeno. De este proceso se obtiene principalmente biogás, que es una mezcla de metano y CO₂.

Este proceso se puede realizar en rellenos sanitarios, o en biodigestores comunitarios, en un plazo de 30 a 60 días. Se pueden utilizar los desechos animales de la granja, las aguas residuales, los desechos de la industria alimentaria y las cocinas domésticas. Sin embargo, los desechos de la cosecha o la madera no se pueden usar, ya que las bacterias no pueden descomponer fácilmente la lignina. Finalmente, en la gasificación, la biomasa se somete a combustión en ausencia de oxígeno para obtener gas de síntesis o syngas.

En el futuro, aumentará la demanda de energía, así como la generación de residuos; sin embargo, los desechos pueden usarse para producir biocombustibles, resolviendo el problema de la contaminación y creando una fuente alternativa de energía renovable. Los biocombustibles presentan importantes ventajas, como su origen renovable y su reducido impacto ambiental. Sin embargo, existe la necesidad de desarrollar procesos eficientes y de bajo consumo energético utilizando materiales lignocelulósicos, que son económicos y muy abundantes. El aprovechamiento de residuos para la producción de biocombustibles tiene un gran potencial, por lo que los estudios deben enfocarse en su desarrollo. Por lo tanto, los biocombustibles ayudarán a diversificar las fuentes de energía del país para asegurar un desarrollo sostenible, respetando el medio ambiente.

Índice

PROLOGO.....	2
RESUMEN	8
INTRODUCCIÓN.....	11
I Definiciones Generales.....	13
Desechos o residuos.....	13
Tipos de residuos	13
Residuos solidos	13
Clasificación de los residuos solidos.....	13
Desecho peligroso	15
Desechos sólidos incompatibles.....	15
Residuos sólidos municipales	15
Residuos líquidos	15
Residuos gaseosos	16
Composición de los residuos sólidos urbanos	16
Otros residuos	17
Propiedades de los residuos sólidos municipales	17
Gestión integral de los residuos	17
Generación de los residuos solidos	18
Manipulación de los residuos solidos	19
Minimización	19
Manipulación y separación en origen.....	19
Almacenamiento en origen.....	20
Procesamiento	20
Recolección de los residuos solidos.....	20
<i>Transporte</i>	20
Tratamiento y transformación de residuos solidos.....	21
Tratamientos químicos	21
Tratamientos biológicos	22
Relleno Sanitario.....	22
Relleno Sanitario de Operación Mecánica.....	22
Relleno Sanitario de Operación Manual	22
Control de Subproducto de Rellenos Sanitario.....	23
Clausura	23
Normativa ambiental para el manejo de residuos.....	23
Impacto ambiental que generan los residuos solidos	24
Impacto a la salud generada por los residuos.....	24

Manejo de los desechos sólidos en América Latina.....	24
II: Residuos Domésticos	26
Definición de Residuos Domésticos.....	26
Tipos de Residuos Domésticos	26
Según su estado	27
Según su Composición	27
Materiales Sólidos Reciclables	28
Residuos Sólidos Inertes.....	28
Residuos Sólidos Compuestos	28
Residuos Sólidos Peligrosos	28
Residuos Domésticos Sólidos Especiales.....	28
Residuos Domésticos Sólidos No Especiales	29
Propiedades de los Residuos Domésticos.....	29
Propiedades Físicas	29
Propiedades Químicas	31
Propiedades Biológicas.....	32
Gestión Integral de los Residuos Domésticos	34
Principal Problemática de la Gestión de Residuos Domésticos.....	34
Ciclo de vida de los Residuos Domésticos	35
Tiempo de descomposición de los Residuos Domésticos	38
Impactos Negativos del Inadecuado Manejo de Residuos Domésticos	38
Tipos	38
Problemas de Salud Relacionados a las Etapas de Ciclo de vida de los Residuos Domésticos.....	42
Producción y Almacenamiento in situ.....	42
Impactos Positivos del Adecuado Manejo de los Residuos Domésticos	43
Gestión Ambiental en Ecuador.....	44
Manejo de los Residuos Domésticos en América Latina y Caribe.....	53
Generación de Residuos Domésticos	53
Tratamiento de los Residuos Domésticos en otros Países	57
III: Biocombustibles	58
Historia de los biocombustibles.....	58
Recursos del Biocombustible.....	60
Definición.....	61
Materia prima para obtención de los biocombustibles	62
Tipos de biocombustibles.....	63
Los biocombustibles de primera generación (ig).....	64

Biocombustibles de segunda generación (2g).....	64
Principales biocombustibles.....	65
Bioetanol.....	65
Biodiesel.....	65
Biogás.....	66
Ventajas y desventajas.....	69
Las ventajas y las desventajas de usar biodiésel en lugar de diésel.....	69
Las ventajas y las desventajas sociales y económicas.....	70
Uso de los biocombustibles.....	71
Subproductos y aplicaciones.....	71
Propiedades.....	71
Proceso de producción de los biocombustibles.....	72
Producción de biodiesel.....	73
Técnicas para la obtención de biodiesel a partir de microalgas.....	79
Producción de bioetanol.....	85
Etanol celulósico.....	94
Principales países productores de biocombustibles.....	121
IV: PRODUCCION NACIONAL E INTERNACIONAL.....	122
NACIONAL.....	122
INTERNACIONAL.....	123
UTILIZACIÓN DEL BIOCOMBUSTIBLE EN LATINOAMÉRICA.....	124
IMPORTACIONES Y EXPORTACIONES.....	126
V: COMPARACIONES INTERNACIONALES SOBRE LOS PRECIOS DE LOS BIOCOMBUSTIBLES.....	131
PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLE MUNDIALMENTE.....	132
PRODUCCIÓN MUNDIAL DE BIOETANOL POR PAÍS EN MILLONES DE LITROS POR AÑO.....	133
PRODUCCIÓN DE BIODIESEL POR PAÍS EN MILLONES DE LITROS POR AÑO.....	134
Costos de producción de los biocombustibles.....	134
Tendencias en el comercio global de biocombustibles.....	135
Produccion de biocombustibles en ecuador.....	135
Intereses sociales en la produccion de biocombustibles.....	135
Avances tecnologicos en la produccion de biocombustibles.....	136
Enzimas para desarrollar biocombustibles.....	136
Nuevo método para mejorar la producción de biodiesel.....	137
Combustible de algas.....	137
Biocombustible de aguas residuales.....	137

Arboles modificados genéticamente para la producción de biocombustibles	138
Biocombustible producido a partir de los residuos del vino.....	138
Situación actual del uso de biocombustibles	139
Aspectos reglamentarios de los biocombustibles.....	139
VI: BIOCMBUSTIBLES A PARTIR DE RESIDUOS DOMÉSTICOS.....	140
Tipos.....	141
Biogás	141
Bioalcoholes.....	141
Bioetanol.....	141
Biodiesel.....	142
Ventajas.....	143
Desventajas.....	143
Materiales.....	144
Obtención de biocombustibles a partir de residuos domésticos.....	145
Biogás a partir de residuos orgánicos y su puesta como combustible de segunda generación.....	145
Bioalcoholes a partir de residuos sólidos urbanos.....	146
Bioetanol a partir de residuos domiciliarios.....	150
Obtención y valoración de combustible líquido por medio de pirolisis a partir de residuos sólidos domésticos.....	153
Aplicaciones.....	155
Los residuos como materia prima para la producción de biocombustibles.....	155
Impacto social y económico en el uso de biocombustibles a partir de residuos domésticos.....	156
Impacto ambiental de los biocombustibles a partir de residuos domésticos.....	156
Propiedades físico – químicas.....	157
Países con mayor producción de biocombustibles a partir de residuos sólidos urbanos.....	158
Noticias actuales acerca de la obtención de biocombustibles a partir de residuos domésticos.....	159
BIBLIOGRAFÍA.....	162
BIBLIOGRAFÍA WEB.....	168

RESUMEN

La demanda de biocombustibles está creciendo rápidamente en todo el mundo, ya que los combustibles derivados del petróleo son reservas finitas. En este contexto, el biodiesel y el bioetanol son biocombustibles populares que están disponibles comercialmente en varios países.

Los biocombustibles pueden ser preparado a partir de biomasa comestible. Sin embargo, esto ya está generando debate entre alimentos y combustible entre los miembros de sociedades civiles, por lo tanto, es necesario sintetizar biocombustibles a partir de materiales de desecho no comestibles.

Los desperdicios de comida pueden ser utilizado como recursos para la producción de biodiesel y bioetanol ya que contienen una cantidad significativa de lípidos y carbohidratos. En el futuro, la producción industrial de biodiesel y bioetanol a partir del desperdicio de alimentos puede contribuir a resolver los problemas de eliminación de residuos, escasez de energía y seguridad energética.

Una de las principales preocupaciones sobre el uso excesivo de los recursos fósiles es forzar el uso de fuentes de energía alternativas. El biodiesel es considerado una de las alternativas más viables al diésel de combustible fósil, con propiedades similares y muchos beneficios ambientales. Aunque existen varios métodos de producción de biodiesel, desarrollar catalizadores estables y rentables con métodos de producción eficientes y utilizando diferentes materias primas puede ser la mejor solución para reducir los costos de producción. Teniendo en cuenta la complejidad del proceso de producción de biodiésel, la planificación del proceso, la evaluación cuantitativa y la optimización del

biodiésel desde una perspectiva de todo el sistema son esenciales para eliminar la complejidad y mejorar el rendimiento del sistema.

La ingeniería de sistemas de procesos proporciona un enfoque eficaz para el diseño y la optimización de los sistemas de producción de biodiesel utilizando una variedad de herramientas. Esta revisión presenta las últimas investigaciones sobre biodiésel en ingeniería de sistemas de procesos, con un enfoque especial en la producción de biodiésel, incluido el diseño y la simulación de procesos, la evaluación de la sostenibilidad, la optimización y la gestión de la cadena de suministro. La revisión también destaca los desafíos y oportunidades para el desarrollo de tecnologías de biodiésel enzimático potencialmente sostenibles y respetuosas con el medio ambiente. Optimización y gestión de la cadena de suministro.

Los biocombustibles en forma sólida y líquida se utilizan desde que el hombre descubrió el fuego. La madera fue la primera forma de biocombustible que utilizaron incluso los antiguos para cocinar y calentarse. Con el descubrimiento de la electricidad, el hombre descubrió otra forma de utilizar el biocombustible. En la actualidad, la energía proporciona a los seres humanos unos 370 exajulios de energía al año, equivalente a unos 170 millones de barriles de petróleo al día. Cerca de un 95% de esta energía proviene de combustibles fósiles. Las organizaciones en la actualidad sugieren que la combustión directa de la biomasa vegetal proporciona alrededor de un tercio de las necesidades energéticas de África, Asia y América Latina, y hasta un 80 al 90% en los países más pobres de estas regiones. La constante escasez de combustible atrajo la atención de los distintos académicos y gobiernos hacia los temas de la crisis energética y el uso de biocombustibles.

Palabras claves: Biocombustibles, energías renovables, combustibles fósiles, fuentes convencionales, algas.

INTRODUCCIÓN

Desde la crisis energética de la década de 1970, muchos países están interesados en desarrollar la biomasa como fuente de combustible. Hasta hace poco, el interés en la energía de la biomasa ha disminuido debido al avance tecnológico que hace que la energía fósil se vuelva relativamente barata. Sin embargo, las altas emisiones de efecto invernadero, la contaminación del aire mortal, los precios inestables de la energía basada en fósiles y el fuerte crecimiento de la demanda mundial de combustible para el transporte han impulsado amplios esfuerzos de investigación en el desarrollo de bioenergía. En los países industrializados, hay una amplia gama de materias primas disponibles en abundancia para la producción de biocombustibles, incluidos los residuos agrícolas y forestales, los residuos industriales y de la construcción, residuos domésticos y los residuos sólidos municipales (RSU).

La búsqueda de energía para las diversas actividades que realiza el hombre llevo al descubrimiento del combustible fósil siendo este carbón, petróleo y el gas natural. Actualmente, los combustibles fósiles proporcionan el 85% de energía que se utiliza a nivel mundial. Desde mediados del siglo XX con el crecimiento de la población, la extensión de la producción industrial y el uso masivo de tecnologías, comenzó a crecer la preocupación por el agotamiento de las reservas de petróleo y el deterioro ambiental. Desde entonces, se impulsó el desarrollo de energías alternativas; entre ellas, los biocombustibles. La utilización de vegetales para su uso en combustibles inicia con el Ingeniero Alemán Rudolf Diesel el cual aplicó este prototipo a uno de sus experimentos, obteniendo un biocombustible que en la actualidad lleva su apellido, pero el petróleo se apuntaba como un producto barato, de alta disponibilidad y eficiente.

Con el pasar del tiempo se fueron evidenciando los daños al medio ambiente que han provocado la explotación y utilización del combustible fósil, por lo cual el mismo ser humano se ha puesto nuevos desafíos para obtener energía de manera limpia y sostenible. Los biocombustibles que se generan a partir de estas materias primas se clasifican como biocombustibles de segunda generación. A diferencia de los biocombustibles de primera generación que se derivan de cultivos alimentarios comestibles (es decir, caña de azúcar, trigo, cebada, maíz, papa, soja, girasol y coco), los biocombustibles de segunda generación se generan a partir de materiales lignocelulósicos (es decir, jaropa, yuca, hierba de cambio, madera y paja) y residuos de biomasa. El uso de residuos y desechos de biomasa como recurso primario para los biocombustibles es una propuesta prometedora para reducir los problemas ambientales relacionados con la eliminación de desechos, al convertir los desechos que de otro modo se habrían dejado descomponer en biocombustibles útiles. Los biocombustibles se los define como combustibles de origen biológicos que tuvieron su origen inmediato en la vida, es decir no han sido fosilizados. A medida que se desarrolle este documento de investigación académica, se identificarán las ventajas y desventajas de los biocombustibles y el proceso de obtención de los mismos aprovechando los residuos sólidos domésticos; con la profundidad de los detalles tecnológicos de las técnicas de conversión de residuos domésticos y residuos de biomasa en biocombustibles. La revisión sirve para abarcar la información actualizada relacionada con la producción de bioenergía a partir de residuos y residuos de biomasa en el campo de bioenergía en rápida expansión.

I Definiciones Generales

Desechos o residuos

Los desechos o residuos son todos aquellos desperdicios los cuales no son transportados por agua y que han sido rechazados debido a que ya no son aptos para volver a utilizarse.

En este caso los residuos sólidos domésticos se refieren específicamente a los residuos de alimentos que son biodegradables a los cuales se los denomina *basura*, y a los residuos no biodegradables, los cuales se les denomina *desecho*. Los desechos incluyen materiales muy diversos, estos materiales pueden ser derivados de los combustibles (plástico, papel, textiles, etc.) o no derivados (metal, mampostería, vidrio, etc.). [1]

Tipos de residuos

Residuos solidos

Son originados por organismos vivos como desechos de las funciones que estos realizan, por los fenómenos naturales derivados de los ciclos y por la acción directa del hombre, donde presentan a los residuos más perjudiciales y nocivos para el medio ambiente ya que la mayoría de estos tiene un efecto negativo y prolongado en el entorno, lo cual está dado en varias ocasiones por la propia naturaleza fisicoquímica de los desechos. [2]

Clasificación de los residuos solidos

Señala la siguiente clasificación para los desechos según su origen:

Desecho solido domiciliario

Es el tipo de desecho con características como su composición, cantidad, naturaleza y volumen es generado debido a las actividades realizadas en viviendas o en algún establecimiento similar a estas. [3]

Desecho solido comercial

Se genera en establecimientos comerciales y mercantiles, como en restaurantes, plazas de mercado, cafeterías, bodegas, entre otros.

Desecho solido de demolición

Estos desechos son producidos por la construcción de viviendas, edificios, calles, etc., que quedan de la realización o derrumbe de alguna de las obras antes mencionadas. Su composición consta de tierra, material pétreo, ladrillos, hormigón, maderas, metales, vidrios, arena, etc.

Desecho solido de barrido de calles

Tienen su origen gracias al barrido y la limpieza de las calles y también se originan de otras fuentes como: basuras domiciliarias, institucional, industrial y comercial, las cuales son arrojadas de manera clandestina a la vía pública, desechos como hojas, polvo, ramas, residuos de frutas, papeles, excremento humano y de animales, cajas pequeñas, vidrios, cartones, animales muertos, plásticos, así como demás desechos sólidos similares a los anteriores. [4]

Desechos sólidos de limpieza de parques y jardines

Desechos originados por la limpieza y arreglo de jardines y parques públicos, poda de árboles, corte de césped o arbustos ubicados en zonas públicas o privadas.

Desechos sólidos de hospitales, sanatorios y laboratorios de análisis e investigación o patógenos.

Son los desechos generados por actividades quirúrgicas, laboratorios de análisis, actividades de curación, entre otros. Se los considera como desechos patógenos y se les da un tratamiento especial, tanto desde su recolección como en su destino final en el relleno sanitario, de acuerdo con las normas de salud vigentes y aquellas que el Ministerio del Ambiente expida al respecto.[5]

Desecho solido institucional.

Es aquel que se genera en establecimientos educativos, militares, religiosos, gubernamentales, carcelarios, terminales terrestres, y aéreos, entre otros.

Desecho solido industrial

Se generan en actividades propias del sector como resultado de los procesos de producción.

Desecho solido especial

Son los desechos que por sus características, peso o volumen y requieren un manejo diferente al de los desechos sólidos domiciliarios. Son considerados como desechos especiales:

- Animales muertos cuyo peso sobrepase los 40 kg.
- Estiércoles producidos en mataderos, parques, cuarteles y otros establecimientos.
- Chatarras, vidrios, metales, muebles, enseres domésticos.
- Resto de árboles o poda de césped de los jardines los cuales no puedan recolectarse mediante un sistema ordinario de recolección.
- Materiales de demolición y tierras de arrojado clandestino.

Desecho peligroso

Son desechos que cumplen con alguna de las letras del código C.R.E.T.I.B (corrosivo, reactivas, explosivos, toxicas, inflamables y biológicas) y son perjudiciales para los seres vivos, el equilibrio ecológico y el medio ambiente.

Desechos sólidos incompatibles

Aquellos solidos que cuando se mezclan pueden reaccionar de manera peligrosa y pueden ser nocivos para el ser humano y contra el medio ambiente.

Residuos sólidos municipales

Se dividen en cuatro grandes grupos entre residuos domiciliarios urbanos y rurales

Residuos tipo A

Proviene de la preparación de alimentos o sobras de los mismos y también están compuestos por los residuos pequeños del jardín

Residuos tipo B

Estos residuos tienen un tiempo intermedio de degradación que es entre tres meses y un año, no se los considera del Tipo A debido a que la humedad de estos es inferior. Están compuestos por cartón, papel, madera y tela.

Residuos tipo C

Son aquellos que se degradan en una cantidad mayor de tiempo que otros residuos y están compuestos por vidrio, metales y plásticos.

Residuos tipo D

Desechos que no se encuentran en ningunos de los tipos antes mencionados, por ejemplo:

- Envases tetra pack.
- Desechos industriales y peligrosos (pilas, focos fluorescentes, etc.)
- Objetos electrónicos.
- Desechos hospitalarios.

Residuos líquidos

Son residuos que se generan por la degradación de la basura y estos son mejor conocidos como *lixiviados*.

Residuos gaseosos

Se entiende por residuo gaseoso un producto en estado gaseoso procedente de un proceso de extracción, transformación o utilización, que carente de valor para su propietario, éste decide abandonar.

Composición de los residuos sólidos urbanos

Residuos de alimentos

Su composición química es muy conocida: grasas, proteínas, hidratos de carbono, etc. Presentan una gran variación entre zonas urbanas y rurales, ya que en este último suelen utilizarse para la alimentación de algunos animales domésticos.

Papel y cartón

Para su fabricación se emplea madera y por medio de un proceso químico el cual consume grandes cantidades de agua, energía y productos químicos, se obtiene la pasta de papel. La materia prima principal es los árboles, son descortezados, troceados y mediante un proceso de transformación de materia se obtiene la pasta. Una vez obtenida se lava y se blanquea, y se procede a la fabricación de papel o cartón. Su participación en el conjunto de los residuos es elevada debido a su gran consumo por habitante y año. [6]

Plásticos

El plástico se obtiene por medio de la combinación de uno o varios polímeros con aditivos y cargas, con la finalidad de obtener un material con propiedades determinadas. Son compuestos de naturaleza orgánica y en su composición están presentes principalmente el carbono e hidrogeno junto con otros elementos, pero en menor proporción como lo son el Nitrógeno, Oxígeno, Azufre, Cloro, Fosforo, Silicio, entre otros. Los polímeros son materiales obtenidos del petróleo por la industria mediante una serie de reacciones hasta obtener un material resistente e inalterable. Esta última característica hace que sean casi imposibles de desaparecer de forma natural. [7]

Existen tres grandes familias de polímeros:

- Termoplásticos
- Termofijos
- Elastómeros

Vidrios

El vidrio, a lo largo de la historia ha sido utilizado por el ser humano para fabricar envases para conservar sus alimentos. En el proceso para su obtención se utilizan materias primas como: arena (sílice), caliza (carbonato cálcico), sosa (carbonato sódico). A esto se le añaden otras sustancias como colorantes. Su consumo es muy elevado y tienen gran incidencia en el volumen de residuos sólidos urbanos.

Otros residuos

Existen otro tipo de residuos como las pilas, capaces de convertir la energía química en energía eléctrica. En su composición contiene materiales peligrosos como el Mercurio, Zinc, Cadmio, Níquel, Plomo y Litio. [8]

Existen varios tipos como:

- Alcalinas.
- Carbono-zinc.
- Mercurio botón y cilíndricos.
- Cadmio-níquel.
- Plata botón.
- Zinc botón.

Propiedades de los residuos sólidos municipales

Dentro de las propiedades físicas y químicas de los residuos sólidos urbanos y rurales, tenemos:

Humedad

Es la cantidad de agua contenida en el residuo, se puede obtener desde una muestra de 1 a 2 kg de los residuos que son calentados a 80 °C durante un lapso de tiempo de 24 horas.

Densidad

Este parámetro está en función de la composición y compactación de los Residuos Sólidos Urbanos y los Residuos Sólidos Rurales. Es un valor fundamental para así poder determinar las dimensiones de los tachos de uso domiciliario, de oficina y de los camiones encargados de la recolección de estos residuos. Sus unidades de medida están dadas en masa sobre volumen. Se clasifican en dos tipos:

1. Densidad suelta. Es el valor de densidad del residuo desde el origen sin ejercer algún tipo de presión.
2. Densidad compactada o de transporte. Es el valor que se le da a la densidad que se encuentra en el carro compactador, después de que éste haya ejercido una determinada presión sobre ella.

Granulometría

Es la manera en que se determina el tamaño de partícula mediante conteo o con un tamiz.

Gestión integral de los residuos

Se define como la selección y aplicación de determinadas técnicas que son apropiadas para la gestión de los residuos sólidos, además de aplicar tecnologías y programas de gestión para así conseguir el objetivo propuesto.[9]

La Gestión Integral De Residuos Sólidos abarca lo que es planificación, ordenamiento de los servicios de recolección, concientización y participación de la ciudadanía tomando en consideración el eje de las 3R: Reducir, Reutilizar y Reciclar.

Es muy importante que el plan tome en consideración las características de cada municipio como lo son: marco legal, presupuesto, personal y las tecnologías disponibles, de igual manera que las relaciones con factores sociales y ambientales teniendo en cuenta que cada actor relacionado con la gestión y el plan, asuma la responsabilidad que le corresponde a cada parte en el manejo de los residuos sólidos se basa en:

- Reciclar residuos.
- Reducir la generación de residuos.
- Reutilizar los residuos.

Generación de los residuos solidos

Se obtienen por la producción de residuos por medio de procesos productivos o por consumo.

Naturaleza

Su origen tiene relación con el uso del suelo y de la parte en la que se encuentre localizada. De esta manera los residuos se pueden clasificar en urbanos, agrícolas e industriales.

Los RSU, son de naturaleza doméstica y comercial, donde también están incluidos los de manejo especial y los peligrosos, los de naturaleza institucional generados en construcciones y demoliciones, de los servicios municipales plantas de tratamiento de aguas.

Problemática

Los principales problemas en la gestión de residuos sólidos están compuestos por su naturaleza y cantidad la cual varía dependiendo del tipo de residuo, el desarrollo de zonas urbanas, tecnologías y limitaciones de fondo, así como también de materias primas y energía.

La falta de recursos económicos, perjudica en gran medida la gestión integral de residuos sólidos y en consecuencia no se puede manejar de manera apropiada.

Se requiere eficacia, uniformidad y orden de datos en el manejo de los residuos sólidos urbanos. Aún hay un camino muy largo por recorrer para que algún día todas las personas hagan conciencia acerca de lo que significa tratar estos residuos para dejar un mejor planeta para las futuras generaciones.[10]

Cantidad

La cantidad varía de acuerdo a la ubicación en la que se encuentren, por lo que los municipios están en las obligaciones de tomar las acciones pertinentes para el tratamiento de estos.

La variación de estas cantidades se da diariamente, semanalmente, mensualmente y estacionalmente. La información de tasas máximas y mínimas de generación de residuos sólidos, se puede utilizar para la selección de equipamiento y tamaño de las unidades de gestión de residuos sólidos.

Composición

Conocer la composición de estos residuos es muy importante tanto en proporción como en sus elementos, esto ayuda en gran medida a poder tomar la acción correctiva respectiva, las maquinarias y tecnologías aptas para tratar los residuos.

Para determinar la composición de estos residuos es recomendable tomar muestras de forma periódica de camiones de recolección, de tachos domésticos, de acuerdo el área donde se encuentren se puede determinar la clase de residuos generados, esto va de la mano con el nivel económico y el tamaño de la residencia.

Manipulación de los residuos sólidos

Las variadas y diferentes actividades industriales, comerciales y domésticas han tomado un método diferente para la manipulación de residuos sólidos en origen, con la finalidad de reducirlos, de la misma manera reciclarlos y reutilizar aquellos aún se pueda darles otro uso.

El lugar adecuado para realizar lo que es la separación, reciclaje y reutilización es en el mismo punto de origen.

Minimización

Este método de minimización o reducción, ayuda mucho en el manejo efectivo de los residuos generados.

La reducción se debe hacer dependiendo del tipo de residuo que se encuentra en el lugar de origen, tomando en cuenta las características del residuo para así proceder a su respectivo tratamiento. La industria ha tenido en cuenta el problema que puede conllevar la generación de grandes cantidades de residuos, por ende, en algunas de las industrias han extendido la vida útil de sus productos y en otra, los mismos residuos que generan los vuelven a reutilizar como materia prima en varios procesos.

Manipulación y separación en origen

La separación de los componentes de los residuos sólidos en el punto de generación facilita su recuperación y reutilización, además ayuda a disminuir el volumen de residuos que llegan al relleno sanitario.[11]

En primer lugar, se realiza una separación primaria, donde los residuos generados se los separan en orgánicos e inorgánicos. Los residuos orgánicos ayudan como abono del suelo para así nutrirlo de elementos muy ricos para así poder utilizarlo en agricultura o jardinería.

En la separación secundaria se tiene una separación más específica de los residuos, estos se separan de acuerdo a su naturaleza como lo son los residuos de cartón, botellas, papel periódico, latas de aluminio, residuos de jardinería, materiales féreos y residuos peligrosos.

Almacenamiento en origen

Los residuos sólidos deben tener un lugar donde se puedan almacenar hasta que puedan ser procesados y aprovechados.

Es muy importante que, para un mejor manejo de los residuos, estos deben ser almacenados de manera separada, así de esta manera se podrá manipular de manera más fácil los residuos que se van a tratar, teniendo en cuenta factores como la temperatura para su respectivo almacenamiento.

Procesamiento

En el procesamiento de RSU se utilizan operaciones unitarias, tratamientos físicos, químicos o biológicos realizados para reducir su volumen y peligrosidad, también aprovechar las cualidades de estos para ser reutilizados. Los procesamientos más utilizados en estos procesos son la separación, trituración, compactación, composteo e incineración.[12]

Recolección de los residuos sólidos

La recolección de residuos sólidos depende mucho de la temperatura, si hay una temperatura elevada, la recolección debe ser diaria y si la temperatura es baja, la recolección se puede hacer pasando 2 o 3 días.

Almacenamiento

Los contenedores se utilizan como lugar temporal de disposición de residuos sólidos al momento que se estos se generan y su forma de recolección puede ser manual o mecanizada.

Para facilitar el control de generación de residuos sólidos existen contenedores que cuentan con registro automático del peso de los mismos.

Transporte

El transporte adecuado para desplazar de un lugar a otro los residuos debe ser un vehículo con un vagón de carga motorizado, que cumpla con todas las normas de calidad que exigen las agencias reguladoras, incluso el personal que trabaja recolectando los residuos debe estar protegido y asegurarse que todo el residuo quede compactado y seguro hasta llegar a su disposición final.

Sistema de transferencia

Para su transferencia, el personal encargado de la recolección, lleva los residuos generados hacia el vehículo que va a transportar dichos residuos a su lugar de disposición final.

Tratamiento y transformación de residuos solidos

Se llevan a cabo fuera de la fuente de recolección, donde se logran recuperar.

Tratamientos físicos

Reducción

La reducción de los RSU se puede realizar por medio de la trituración y la compactación.

Separación mecánica

Este tipo de tratamiento se puede realizar por tamaño, por densidad o por campo eléctrico y magnético.

- **Separación por tamaño**

Es la separación de los materiales dependiendo las características de este, su forma y tamaño es lo que ayudan a distinguir un grupo de otro.

- **Separación por densidad**

Separa los materiales según su densidad, los más ligeros como el papel, plásticos y residuos orgánicos y los más pesados como la madera, metales e inorgánicos.

- **Separación por campo eléctrico y magnético**

En este proceso se utilizan imanes para separar los metales del resto de residuos e incluso aquellos que tienen un tamaño reducido.

Tratamientos químicos

Incineración

Reduce el volumen y descompone por medio de un proceso de oxidación térmica los residuos que se van a tratar.

Pirolisis

Proceso en el cual se queman residuos orgánicos en ausencia de oxígeno a una temperatura de 850°C.

La pirolisis es un proceso muy antiguo ya que data desde la época de los egipcios quienes utilizaban la pirolisis para preparar fluidos de embalsamiento.

Gasificación

Este proceso produce combustibles gaseosos y para ello utiliza aire, oxígeno, vapor, o hidrógeno para aumentar el rendimiento de combustión.

Se utiliza en temperaturas mayores a la de pirolisis, una vez todo el material se convierte en gas, se completa el proceso.

Tratamientos biológicos

Aerobio

Son los tratamientos que se llevan a cabo en presencia de oxígeno, un proceso que utiliza un tratamiento aerobio es el de compostaje, ya que utiliza bacterias que pueden producirse en condiciones aerobias, este tratamiento es el adecuado.[13]

Anaerobio

Son los tratamientos que se llevan a cabo en ausencia de oxígeno, este proceso es más complejo ya que se lleva a cabo en contenedores sellados el cual puede recuperar y usar el biogás que se genera al momento de la descomposición de los residuos.

Las reacciones de este proceso degradan alto contenido de materia orgánica en ausencia de oxígeno, producen dióxido de carbono, metano y otros tipos de gases. [14]

Relleno Sanitario

Lugar diseñado para la disposición final de los residuos. Consiste en depositar en el suelo los desechos sólidos, los cuales se esparcen y se compactan para que de esta manera su volumen sea reducido y así no ocupar mucha área, luego de esto se lo cubre con una capa de tierra y se vuelve a compactar al final del día.[15]

Para la construcción de un relleno sanitario se debe tomar en cuenta el área que será utilizada y que esta cumpla con las condiciones requeridas, como lo son el que no se encuentren aguas subterráneas cerca del territorio y que haya abundante material para cubrir los residuos.[16]

Existen dos tipos de rellenos sanitarios los cuales son los de operación mecánicas y los de operación manual.

Relleno Sanitario de Operación Mecánica

Es aquel diseñado para las grandes ciudades y poblaciones que generan más de 40 toneladas diarias de residuos sólidos. Para operar este tipo de relleno sanitario se requiere el uso de un compactador de residuos sólidos, así como equipo especializado para el movimiento de tierra.

Relleno Sanitario de Operación Manual

Es una adaptación de relleno sanitario para las pequeñas poblaciones urbanas, así como también las rurales, las cuales generan no más de 15 toneladas al día, estos tipos de rellenos no están en capacidad de adquirir maquinaria pesada debido a sus altos costos de operación y mantenimiento.

El término manual se refiere a que la operación de manejo de residuos es ejecutada con apoyo de una cuadrilla de hombres y el empleo de algunas herramientas.

Control de Subproducto de Rellenos Sanitario

Es muy importante manejar de cerca la producción de lixiviados y biogás.

Lixiviados

Son líquidos que se originan como resultado de pasar a través de un sólido. Este líquido va arrastrando varias partículas de los sólidos que atraviesa. Los lixiviados se forman gracias a la acumulación de residuos orgánicos líquidos que se degradan por la acción del calor, el viento y la humedad, además de mezclarse con nitratos y fosfatos que se encuentran pulverizados en el suelo. A esta mezcla se le une líquidos que se encuentran presentes en todo tipo de envases plásticos o metálicos, como lo son detergentes y otros químicos. Esta combinación forma un líquido de color negro o amarillo de un aspecto muy denso y se mal olor, su composición puede variar en grados de toxicidad, puede ser inocuo o muy toxico, este depende de los elementos donde se formó. [17]

Biogás

El biogás que se produce en los rellenos sanitarios debe ser controlado mediante ventilación o algún filtro de aire para evitar su emanación hacia la atmosfera ya que esto puede ser perjudicial para el medio ambiente. El biogás también se lo utiliza como combustible y su calidad depende de la cantidad y tipo de residuo que lo genera.

Clausura

Un relleno sanitario se puede decir que debe ser clausurado cuando haya cumplido su tiempo de vida útil lo cual se da entre 10 a 15 años, una vez cumplido este periodo de tiempo, se busca otro lugar donde los residuos puedan ser depositados, no sin antes cubrir en su totalidad el relleno utilizado y de esta manera el área que ocupó pueda ser utilizada para otros fines.[18]

Normativa ambiental para el manejo de residuos

La normativa ambiental tiene como finalidad hacer cumplir todos los parámetros establecidos para el manejo adecuado de los residuos generados, esta normativa varia ligeramente dependiendo el lugar donde sea aplicado. En Ecuador la normativa está regulada por el MAE (Ministerio del Ambiente de la República del Ecuador) de acuerdo con la Constitución Política de la República, como lo establece el artículo 396 párrafo segundo. La Ley Orgánica de la Salud, determina la responsabilidad que tienen los municipios en materia de desechos sólidos según lo dispuesto en el Libro II: Salud y Seguridad ambiental, capítulo II y en el artículo 100 de la constitución. La Ley de Gestión Ambiental en su artículo 20. El texto Unificado de Legislación Secundaria Medio Ambiental, Libro VI, Título 3 contiene la Política Nacional de Residuos Sólidos, y el Anexo 6 que contiene la Norma de Calidad Ambiental para el manejo y disposición final de los desechos sólidos no peligrosos.

Impacto ambiental que generan los residuos solidos

Los residuos sólidos, dependiendo de su naturaleza y origen, generan un impacto negativo al medio ambiente. Por este motivo se deben manejar de manera adecuada para su tratamiento y así sacar beneficio de este problema. Debido a su proceso de descomposiciones estas van generando emisiones en caso de que el subproducto generado sea un gas, y contaminación de cuerpos hídricos en caso de ser líquido, no solamente afecta al medio ambiente, sino también afecta a los seres vivos, trayendo consigo enfermedades.[19]

La problemática ambiental que gira en torno a la generación de este tipo de residuos afecta al ser humano en los siguientes aspectos:

- Salud pública.
- Factores sociales.
- Factores económicos.
- Factores ambientales.

Impacto a la salud generada por los residuos

Los efectos en la salud se deben principalmente por un mal manejo lo cual trae como consecuencia la propagación de vectores de enfermedades. Los vectores que atrae este mal manejo son moscas, ratas, cucarachas, los cuales encuentran en estos residuos su fuente de alimentación y un hábitat adecuado para subsistir. Estos vectores traen consigo enfermedades como la fiebre tifoidea, diarrea, salmonelosis, malaria, disenterías, rosis, dengue, rabia, entre otras.[20]

Manejo de los desechos sólidos en América Latina

En los países de América Latina y el Caribe, la generación de residuos sólidos va en aumento, esto debido a que principalmente las personas no hacen conciencia de las consecuencias que puede traer. Los gobernantes hacen poco o nada ante esta problemática, envían a segundo plano lo que es el manejo de los Residuos Sólidos por cubrir necesidades básicas del resto del pueblo. A nivel mundial este tema de generación de residuos sólidos ha tomado mayor importancia debido a factores como la sobrepoblación, que en América Latina afecta en gran medida.[21]

Actualmente muchos países de América Latina han tomado conciencia y adecuando el uso de rellenos sanitarios implementando tecnologías que ayuden a su recolección, de esta manera se reduciría el impacto ambiental que generan estos residuos y también los impactos hacia la salud del ser humano **Tabla 1, Tabla 2.** [22]

Tabla 1. GENERACIÓN DE BASURA EN LAS PRINCIPALES CIUDADES DE LATINOAMÉRICA Y EL CARIBE

País	Ciudad/Municipio	Población (Hab)	Generación (ton/día)	Generación (Kg/hab-día)	Referencia
Argentina	Buenos Aires	2768772	5000	1,81	Noguera y Oliveros (2010)
Venezuela	Caracas	2758917	4000	1,45	
Mexico	Mexico D.F	8720916	12000	1,38	
Chile	Santiago de Chile	5875013	7100	1,21	
Venezuela	Maracaibo	1428043	1700	1,19	
Perú	Lima	8445200	8938,5	1,06	
Colombia	Bogotá	6778691	5891,8	0,87	
Ecuador	Quito	1839853	1500	0,82	
Cuba	La Habana	2201600	1060	0,48	
Guatemala	Guatemala	3762960	1500	0,40	
Bolivia	La Paz	2350466	451	0,19	

[23] Alejandrina Sáez y Joheni A. Urdaneta G (2014)

Tabla 2. TIPIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES (%) EN PAÍSES SELECCIONADOS EN VÍAS DE DESARROLLO

	País/Ciudad	Cartón y papel	Metal	Vidrio	Textiles	Plásticos	Orgánicos y perecibles	Otros e inertes	Referencia
América Latina y El Caribe	República Dominicana	8				9	75		Peralta et al (2011)
	Barbados	20				9	59	12	
	Bélice	5	5	5		5	60	20	
	Costa Rica	20.7	2.1	2.3	4.1	17.7	19.8	3.3	OPS(2005)
	Perú	7.5	2.3	3.4	1.5	4.3	54.5	25.9	
	Caracas**	22.3	2.9	4.5	4.1	11.7	41.3	11.2	
	Asunción	10.2	1.3	3.5	1.2	4.2	58.2	19.9	
	Ecuador	9.6	0.7	3.7		4.5	71.4		
	Guatemala	13.9	1.8	3.2	0.9		8.1	63.3	
	México	20.9	3.1	7.6	4.5	8.4	44	11.5	

[24] (Organización Panamericana de la Salud y Organización Mundial de la Salud: División de Salud y Ambiente, 2005), (Peralta, Rosario, & Aurelyn y Vélez, 2011), Hui et al. (2006).

Tabla 3. SITUACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE TRATAMIENTO EN ALGUNOS PAÍSES DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

País	Iniciativa
México	Desde 1994 se instalaron planta de selección y aprovechamiento de residuos sólidos con una capacidad de 5500 ton/día. En la ciudad de México opera una planta pequeña para la elaboración de composta a partir de residuos de jardinería.
Colombia	País latinoamericano con la tasa más alta de reciclaje de papel y cartón con 57 toneladas recicladas por cada 100 producidas.
Chile	Se reciclan el 50% de papeles y cartón.
Ecuador	En la ciudad de Loja se ha logrado la separación intradomiliaria de residuos orgánicos, aplicando la técnica de lombricultura.
Uruguay	Desde 1999 está en marcha un convenio parcial para la implementación de un programa de reciclaje de envases plásticos. Ala fecha el programa a permitido retirar de los residuos sólidos más de 250 toneladas anuales de envases PET. Desde 1999 cuenta en Montevideo con una planta procesadora de residuos, la cual genera 15 toneladas diarias de fertilizantes orgánico.
Islas Caimán	Varios municipios tienen programas de recolección selectivas de baterías ó pilas.
Venezuela	Venta de baterías de automóviles, aceites lubricantes de desechos, tarros de aluminio, papel, metales entre otros a otros países. Se estima que entre el 10 y el 20% del total de residuos pudieran estarse reciclando.
Barbados	El material que más se recicla es el aluminio (95%), seguido del hierro (90%), el vidrio(25%), el papel y cartón (20%, el plástico (2%) y materia orgánica (1%).
Trinidad y Tobago	Alrededor de 1 521,73 toneladas por año de materiales que incluyen plásticos, papel, metales ferrosos y no ferrosos entre otros son reciclados. Se han formalizado algunas iniciativas de recuperación de vidrio, plásticos, papel y cartón

[25]Adaptado de la OPS (2005) y Universidad del Zulia: FEC (2010).

II: Residuos Domésticos

Definición de Residuos Domésticos

Se define como Residuos Domésticos a aquellos que son generados o producidos por el hombre todos los días debido a sus actividades personales (educación, alimentación, higiene, etc). Aunque también se puede llegar a considerar residuos generados de construcciones, industrias, áreas verdes, etc.[26]

Por ejemplo, tenemos residuos de comida, botellas, papeles, cartón, pilas, etc.

Tipos de Residuos Domésticos

Los residuos domésticos se dividen según su estado, lo cuales son: Sólidos, Líquidos y Gaseosos.

Según su estado

Sólido

Son aquellos que por su composición, naturaleza, volumen y cantidad son producidos en actividades efectuadas en viviendas o diferentes establecimientos similares a éstas. [27]

Como ejemplo tenemos: envases, periódicos, vidrios, muebles, etc.

Líquido

Son aquellos residuos en estado líquido provenientes de descargas de uso doméstico, que han padecido una degradación en su calidad original. Ej.: Aguas residuales o servidas (en estas se encuentran las pinturas, solventes, etc). [1][28]

Gaseoso

Son fluidos que se expanden de manera indefinida teniendo poca densidad. Por ejemplo, el monóxido de carbono, dióxido de carbono, etc.

Según su Composición

Los Residuos Sólidos Domésticos se clasifican en:

Residuos Sólidos Biodegradables

Son aquellos Residuos que por su condición orgánica pueden regresar a ser parte del ecosistema. En este grupo tenemos a los restos de comida, estiércol, residuos de cosecha, etc. [23]

Para poderlos volver a reciclar se puede utilizar un proceso conocido como “compostaje”, el cual mediante condiciones controladas se puede acelerar el proceso de descomposición y así se integre a la tierra de manera rápida.[29]

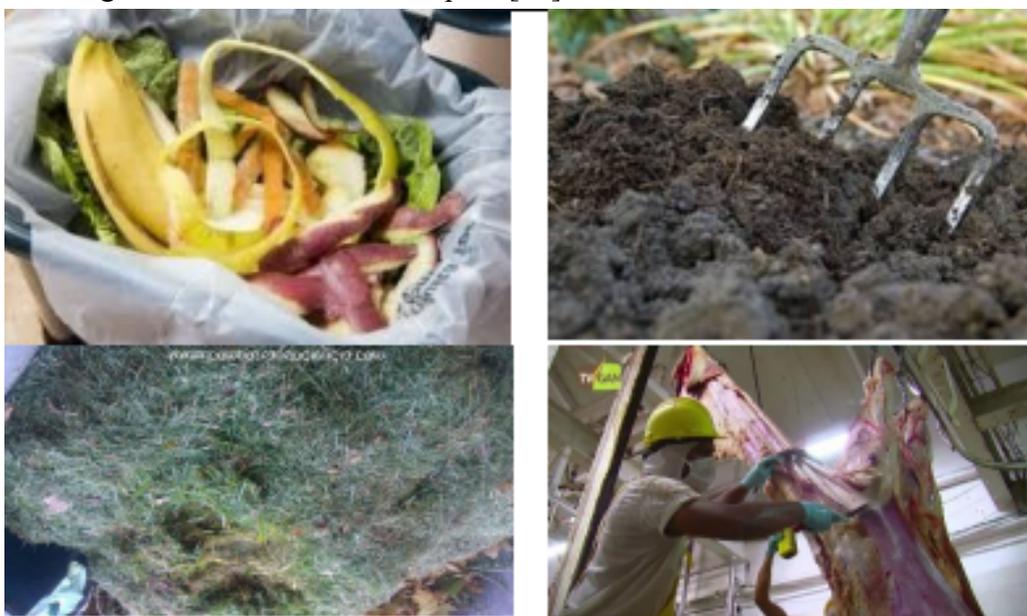


Ilustración 1. Ejemplos de Residuos Sólidos Biodegradable. Fuente: [2]

Materiales Sólidos Reciclables

Se refiere a aquellos objetos, materiales o sustancias que son susceptibles de ser aprovechados para ser reintegrados a un proceso productivo. Ejms: Materiales de plástico, vidrio, etc. [30]

Residuos Sólidos Inertes

Son aquellos provenientes de demoliciones, construcciones o los que resultaron de desastres naturales y no tienen características de peligrosos.[31]

Residuos Sólidos Compuestos

En este grupo se encuentran principalmente algunos juguetes plásticos y prendas de vestir.

Residuos Sólidos Peligrosos

Son aquellos residuos que, al poseer características de tipo tóxicas, infecciosas, corrosivas, explosivas, combustibles, volátiles, radiactivas o reactivas pueden llegar a causar riesgos a la salud humana. También aquellos que sin ser peligrosos en su estado original se transforman mediante procesos naturales en residuos peligrosos. Así mismo se consideran peligrosos a empaques, embalajes y envases que tuvieron contacto con ellos.[27]

En los hogares se encuentran residuos peligrosos como las pilas, bombillos, medicamentos vencidos, equipos electrónicos, etc. [32]

En este grupo también están los residuos con riesgos biológicos, los cuales pueden ser cadáveres de animales o elementos que entraron en contacto con virus o bacterias por medio de limas, cuchillas, agujas, etc.

Los Residuos Sólidos Peligrosos Domésticos no pueden ser reciclados, reutilizados, ni tampoco se los puede colocar en la basura, por esto se les dé un trato especial para su disposición final. Lo que hay que hacer primero es clasificarlos estos residuos generados en casa, luego almacenarlo y llevarlo a un Centro de acopio el cual se gestionará su disposición final de manera adecuada.[23]

Residuos Domésticos Sólidos Especiales

Son aquellos residuos obtenidos de manera doméstica y que por sus características deben recibir tratamientos especiales.

Se pueden clasificar en:

Electrodomésticos descartados.

- Residuos domiciliarios que tienen características peligrosas como cosméticos, termómetros, aerosoles, desinfectantes, baterías.
- Restos de animales muertos, etc.

Residuos Domésticos Sólidos No Especiales

Son aquellos residuos generados de manera cotidiana en viviendas unifamiliares (hogares de una sola familia). Por ejemplo, tenemos: vidrio, papeles, colchones, ropa, materiales no ferrosos y ferrosos, materia orgánica, etc.[23]

Propiedades de los Residuos Domésticos

Propiedades Físicas

Peso Específico

El peso específico es el peso del material por la unidad de volumen (generalmente la unidad es en kg/m^3), conocido también como densidad.

La densidad de los residuos que son depositados depende de su nivel de compactado, o sea el lugar donde se hace el análisis, puede ser en el contenedor, bolsa de basura, camión de recogida, vertedero, etc. Por lo que es importante saber el lugar de la muestra. Con el peso específico podemos conocer el volumen y la masa de los residuos.

En el **Tabla 4** y **Tabla 5** siguiente se especifican los procesos de algunos residuos, tanto doméstico o industriales, comerciales, ya sea o no compactados: [31]

Tabla 4. DENSIDAD DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN DISTINTAS CONDICIONES

<i>Localización de los Residuos</i>	Densidad (Kg/m^3)
<i>En cubos o contenedores</i>	150-250
<i>En camión compactador</i>	500-650
<i>En fosa de almacenamiento tras su descarga del camión</i>	350-600
<i>En vertedero con tratamiento de media densidad</i>	650-800
<i>En vertedero con tratamiento de alta densidad</i>	900-1000

Nota. Recuperado de *Evolución Histórica de los Residuos Sólidos Urbanos*. [33]

Tabla 5. DATOS TÍPICOS SOBRE PESO ESPECÍFICO Y CONTENIDO DE HUMEDAD PARA LOS RESIDUOS SÓLIDOS

Tipo de Residuo	Peso Específico (Kg/m ³)		Contenido de Humedad, % en peso	
	Rango	Típico	Rango	Típico
DOMÉSTICOS (NO COMPACTADOS)				
Residuos de comida mezclados	131-481	291	50-80	70
Papel	42-131	89	4-10	6
Cartón	42-80	50	4-8	5
Textiles	42-101	65	6-15	10
Gomas	101-202	131	1-4	2
Cuero	101-261	160	8-12	10
Residuos de Jardín	59-225	101	30-80	60
Madera	131-320	237	15-40	20
Vidrio	160-481	196	1-4	2
Latas de hojalata	50-160	89	2-4	3
Basuras	89-181	131	5-20	15
RESIDUOS DE JARDÍN DOMÉSTICOS				
Hojas sueltas y secas	30-148	59	20-40	30
Hierba verde suelta y húmeda	208-297	237	40-80	60
Hierba verde húmeda y compactada	593-831	593	50-90	80
Residuos de jardín triturados	267-356	297	20-70	50
Residuos de jardín compostados	267-386	326	40-60	50
URBANOS				
En camión compactados	178-451	297	15-40	20
EN VERTEDERO				
Medianamente compactados	362-498	451	15-40	25
Bien compactados	590-742	600	15-40	25
AGRÍCOLAS				
Agrícolas mezclados	400-751	561	40-80	50

Animales muertos	202-498	359	-	-
Residuos de frutas mezclados	249-751	359	60-90	75
Estiércol húmedo	899-1.050	1.000	75-96	94
Residuos de vegetales mezclados	202-700	359	60-90	75

Nota. Recuperado de Gestión Integral de Residuos Sólidos. [34]

Contenido de Humedad

Es el método en el cual se mide la humedad o peso húmedo, en la cual la humedad de la muestra se define como el porcentaje del peso de un material húmedo.

Hay 2 métodos:

Peso-Seco: Expresamos como un porcentaje el peso seco de un material.

Peso-Húmedo: Éste se usa más en los residuos sólidos. Su ecuación es la siguiente:

$$M = \frac{w - d}{w} * 100$$

En el cual:

M= Contenido de humedad, expresado en %.

W= Peso inicial de la muestra según se entrega. Kg

d= Peso de la muestra después de secarse a una temperatura de 105°C. (Kg)

Tamaño de Partícula

En los residuos sólidos el tamaño y distribución del tamaño de los componentes de los residuos son importantes en los procesos físicos y mecánicos de recuperación de materiales. En los Residuos Sólidos Urbanos el tamaño medio de los componentes se encuentra entre 178 y 203 mm, dependiendo de los materiales.[33]

Capacidad de Campo

Es la cantidad de humedad la cual es retenida por una muestra de residuo sujeta a la acción de la gravedad. Es muy importante en la determinar la creación de lixiviación en vertederos. Ésta capacidad varía según el grado de presión que se aplica y el estado de la descomposición del residuo.

Propiedades Químicas

Es muy importante conocer estas propiedades ya que nos permitirá saber la capacidad de estos residuos al ser procesados o recuperados. Por lo general son una combinación de diferentes tipos de materiales que tienen un cierto grado de humedad que pueden ser combustibles o no. Por el cual, si se desea emplear los residuos como combustibles, es necesario conocer el punto de fusión de cenizas, el análisis físico y elemental, su contenido energético, etc.

Entre las propiedades químicas tenemos las siguientes:

Punto de Fusión de la Ceniza

Es la temperatura en la cual la ceniza obtenida de la incineración de los residuos cambia o se transforma en sólidos (escoria) debido a la fusión y aglomeración.

Las Temperaturas de fusión para que se formen estas escorias oscilan entre los 1100°C y 1200°C.

Análisis elemental de los componentes de los Residuos Domésticos

Aquí se determina el porcentaje de hidrógeno, carbono, oxígeno, azufre, nitrógeno y ceniza. También se incluye la determinación de halógenos en este análisis debido a que emiten compuesto clorados en la combustión. Estos análisis nos ayudan a determinar los componentes químicos de la materia orgánica de los residuos. [35]

Contenido Energético de los componentes de los Residuos Domésticos

El contenido energético es la capacidad calorífica que contienen los componentes de los residuos domésticos, y es importante para conocer la cantidad total de energía que se puede recuperar con una determinada cantidad de residuo.[36]

Propiedades Biológicas

La fracción orgánica de la mayoría de estos residuos se clasifica de la siguiente manera:

- Hemicelulosa: Es un producto obtenido de la condensación de azúcares con 5 o 6 carbonos.
- Constituyentes solubles en agua: Entre este grupo están los aminoácidos, féculas, azúcares y diferentes ácidos orgánicos.
- Aceites, grasas y ceras: Son aquellos ésteres de alcoholes que tienen cadena larga.
- Lignina: Es un polímero que está conformado por anillos aromáticos con grupos metoxi. Se encuentra presente en productos de papel y tablas de aglomerado.
- Proteínas: Formado por enlaces de aminoácidos.
- Lignocelulosa, es una mezcla de lignina y celulosa.

Sin embargo, la característica fundamental de la fracción orgánica de los residuos es que la mayoría de los componentes orgánicos pueden ser transformados de manera biológica en gases y sólidos orgánicos e inorgánicos referentemente inertes. [33]

Biodegradabilidad de los Componentes de Residuos Domésticos

Es la virtud de un compuesto el cual es degradado en porciones más sencillas debido a que actúan microorganismos para que se produzca esto. Es posible en ocasiones, medirlo por medio del contenido en sólidos volátiles (El s.v. es el fragmento de materia orgánica que se volatiliza o elimina cuando se quema en un horno mufla a 550°C). Esta medida puede ser o no errada ya que varios compuestos de los Residuos son altamente volátiles

y sin embargo no son biodegradables, por ejemplo, se encuentra los restos de podas y el papel periódico.

El contenido de lignina de los residuos también es usado para la estimación de la fracción biodegradable a partir de la expresión siguiente y en Tabla 6:

$$BF = 0.83 - 0.028 * LC$$

Donde:

BF= Es la fracción biodegradable indicado en base a los sólidos volátiles (S.V.)

0.83= Es la constante empírica

0.028= Es la constante empírica

LC= Es el contenido en lignina de los sólidos volátiles (S.V.) expresados como porcentaje en peso seco.

Tabla 6. DATOS SOBRE LA FRACCIÓN BIODEGRADABLE DE COMPONENTES SELECCIONADOS DE RESIDUOS ORGÁNICOS BASÁNDOSE EN EL CONTENIDO DE LIGNINA

<i>COMPONENTE</i>	Sólidos Volátiles (SV) % de Sólidos Totales (ST)	Contenido de Lignina (LC)	Fracción Biodegradable (BF)
<i>Residuos de comida</i>	7-15	0.4	
<i>PAPEL</i>			
<i>Papel de periódico</i>	94.0	21.9	0.22
<i>Papel de oficina</i>	96.4	0.4	0.82
<i>Cartón</i>	94.0	12.9	0.47
<i>Residuos de jardín</i>	50-90	4.1	0.72

Nota. Recuperado de *Gestión Integral de Residuos Sólidos*. [37]

Producción de Olores

Los olores se producen cuando los residuos son almacenados durante un largo tiempo “in situ” antes de ser recogidos en estaciones de transferencia o vertederos. Esta formación de olores es producida debido a la descomposición anaeróbica de los compuestos que son fácilmente putrescibles que se hallan en las basuras. La producción de olores desagradables se debe a los procesos de fermentación anaeróbica, descomposición y putrefacción de los residuos.

Las sustancias liberadas caracterizadas por su mal olor se enlistan en Tabla 7.

Tabla 7. CARACTERIZACIÓN DE LOS OLORES CON EL COMPUESTO QUE LOS PRODUCE

<i>Componente</i>	Tipo de olor orientado
<i>Aminas</i>	Pescado
<i>Mercaptanos</i>	Mofeta
<i>Sulfuros Orgánicos</i>	Col podrida
<i>Diaminas</i>	Carne podrida, putrefacción
<i>Amoniaco</i>	Amoniaco
<i>Ácido sulfhídrico</i>	Huevos podridos
<i>Escatol</i>	Heces, fecal
<i>Nota. Recuperado de Gestión Integral de Residuos Sólidos. [37]</i>	

Reproducción de Moscas

En los climas cálidos, las moscas pueden desarrollarse en el almacenamiento “in situ” de los residuos, por el cual pueden invadir los alrededores de las zonas de manipulación, a nivel de vertederos como de contenedores.

Gestión Integral de los Residuos Domésticos

La Gestión Integral de Residuos Domésticos se define al grupo de actividades, ya sean educativas, administrativas, técnicas y operativas las cuales se encuentran relacionadas con la generación, separación en la fuente, recolección, transporte, tratamientos y disposición final, etc.

El adecuado manejo de estos residuos tiene éxito siempre y cuando la población ejecuta una educación ambiental que les ayude a comprender las relaciones con su entorno, para que por medio de esta realidad en la que se encuentran poder tener nuevas actitudes que permitan valorar y respetar el medio ambiente, lo que conllevará a una mejora en la calidad de vida. [38]

Principal Problemática de la Gestión de Residuos Domésticos

La gestión integral de los Residuos domésticos tiene como objetivo buscar alguna solución eficaz para el tratamiento de estos. En la sociedad hay una gran preocupación debido a sus efectos directos e indirectos, siendo estos permanentes e irreversibles, de manera principal en el medio ambiente, siendo estos: El aire, tierra, paisaje y el agua, así mismo en la salud de los habitantes.[31]

Ciclo de vida de los Residuos Domésticos

El ciclo de vida de los residuos domésticos son los siguientes:

Generación

En el hogar es donde se van formando y acumulando estos residuos los cuales son desechados. En Ecuador, en el año 2012 la generación per cápita de manera diaria era de 0.79 kg/hab/día, mientras que en el año 2014 por parte de la AME (Asociación de Municipalidades Ecuatorianas) y el INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos) determinaron un promedio de 0.70 kg/hab/día.

Composición

En el Ecuador el porcentaje de composición de los residuos se indica en la xxx

Tabla 8. PORCENTAJE DE LA COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS EN EL ECUADOR

<i>Material</i>	Porcentaje (%)	Producción (ton/día)	Porcentaje (%)	Producción (ton/día)	Porcentaje (%) 2013	Producción (ton/día)
<i>Materia Orgánica</i>	71.4	5298	62	83471.6	61.4	
<i>Papel y Cartón</i>	9.6	709	8	11369	9.4	
<i>Plástico</i>	4.5	336	9	11850.5	11	
<i>Vidrio</i>	3.7	274	2	2569.3	2.6	
<i>Metales</i>	0.7	53	-	-	-	
<i>Chatarra</i>	-	-	3	4661.8	2.2	
<i>Residuos sólidos no recuperados</i>	-	-	16	21604.9	13.3	11341
<i>Total</i>	100	6669	100	135527.1	100	11341

Nota. Recuperado de "Material Comparativo de los Indicadores de los Residuos Sólidos en la Zona Urbana y Cuatro Parroquias Rurales del Cantón Azogues" [37]

Segregación en la fuente

Se refiere a la acción de separar los residuos que tengan un mayor nivel de aprovechamiento, esta separación se la hace desde la fuente de origen, o sea en los hogares. Esta separación se lo deber realizar utilizando bolsas diferenciadas, las cuales son entregadas cuando se realiza la fase de recolección de residuos. Normalmente los productos que se segregan son cartones, papel, plástico, latas, vidrios, etc. [3]

Tabla 9. CLASIFICACIÓN ESPECÍFICA PARA DISPONER RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS

<i>Tipo de Residuo</i>	Color de Recipiente	Descripción
<i>Orgánico/Reciclable</i>	Verde	Restos de comida, origen biológico, cáscaras de frutas, hojas, verduras, etc
<i>No reciclables, no peligrosos</i>	Negro	Materiales No Aprovechables: Toallas sanitarias, papel higiénico, servilletas usadas. Envases con restos de comida, envases de plásticos de aceites comestibles.
<i>Reciclables</i>	Azul	Materiales susceptibles a reciclado (Papel, cartón, vidrio, etc)
<i>Vidrio/Metales</i>	Blanco	Botellas de vidrio, latas de atún, sardina, conservas. Deben estar vacíos, secos y limpios.
<i>Especiales</i>	Anaranjado	Escombros, muebles, electrónicos.
<i>Peligrosos</i>	Rojo	Residuos con una o varias características citadas en el CRETIB (Corrosivo, Reactivo, Explosivo, Tóxico, Inflamable y Biológico-Infecioso).

Nota. Recuperado de Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2148 [4]

Recolección Selectiva y Transporte

La recolección de los residuos comienza desde las viviendas; ya sea por medio de una infraestructura como contenedores en el cual estén diferenciados según los tipos de residuos o por una recolección por acera utilizando bolsas diferenciadas, las mismas que serán entregadas al personal a cargo de la recolección, que pueden ser el reciclador formal o el personal municipal.

Tratamiento

Hay diferentes maneras en las cuales se tratan estos residuos, pero lo principal es la disminución del volumen, para así mejorar su accesibilidad en la disponibilidad final. Otra manera, es separar estos residuos para su compost o su incineración.

Comercialización

La comercialización se realiza a partir de residuos sólidos que se puedan volver a reutilizar, esto debe ser hecho por la empresa encargada la cual tenga su registro de salubridad y así mantener ordenado los aspectos legales necesarios.[38]

Disposición Final

Es el destino final para aquellos residuos que no se pueden reciclar, siendo eliminados por medio de los rellenos sanitarios.

Según las normas, una de las condiciones a cumplir es que la capa de impermeabilización se debe encontrar formada por materiales naturales o minerales con un valor máximo determinado del coeficiente de permeabilidad (también conocida como Ley de Darcy), o materiales sintéticos, dificultando la infiltración de los lixiviados que se van formando mientras se realiza la operación de un relleno sanitario. Las membranas que usualmente se emplean contienen espesores de 2 – 2,5 mm.

En la Gestión Integral de Residuos debe quedar asignado el tipo de tratamiento, aprovechamiento, o disposición final de estos Tabla 10. Estos procesos son seleccionados en base a las características que tienen estos residuos. En el cuadro siguiente, se presentan ciertas alternativas que se puede realizar a los residuos:

Tabla 10. TÉCNICAS DE APROVECHAMIENTO, TRATAMIENTO O DISPOSICIÓN PARA RESIDUOS

<i>Residuos</i>	Tratamiento o Disposición Final
<i>Ordinarios</i>	Relleno Sanitario
<i>Biodegradables</i>	Lombricultura, compostaje
<i>Reciclables: Vidrio, plásticos, cartón y similares</i>	Reciclaje
<i>Peligrosos: Tienen algunas restricciones según sus características</i>	Incineración, aprovechamiento, rellenos de seguridad, tratamientos térmicos, fisicoquímicos.
<i>Nota. Recuperado de “Propuesta de un Plan Integral para el manejo de los Residuos Sólidos del Cantón Tisaleo”.[39][38]</i>	

Tiempo de descomposición de los Residuos Domésticos

El tiempo de descomposición de algunos Residuos Domésticos tenemos:

- Papel y cartón: 3 a 6 meses
- Envases tetra brick: 30 años
- Lata: 100 años
- Cáscara de frutas: 3 a 4 semanas
- Tela de algodón: 1 a 5 meses
- Bolsas de plástico: 100 a 1000 años
- Botellas de vidrio: 4000 años

Impactos Negativos del Inadecuado Manejo de Residuos Domésticos

Hay diferentes impactos negativos que se generan debido al inadecuado manejo de los residuos domésticos:

Tipos

Ambientales

En el aspecto ambiental, debido a este mal manejo de los residuos domésticos puede traer consecuencias como:

Incremento del calentamiento global.

- Que los vectores se propaguen.
- Daño en el medio ambiente debido a que los recursos naturales se degradan.
- Contaminación del agua, aire, suelo.
- Ausencia de ambientes públicos, etc.

Contaminación del Aire

Al acumular la basura esto contamina el aire ya que generan gases en el proceso de putrefacción de las fracciones orgánicas, la combustión espontánea de estos gases genera COPs (Compuestos Orgánicos persistentes) que son nocivos para la salud humana y producen el efecto invernadero.

Los Compuestos Orgánicos Persistentes son aquellas sustancias que tienen propiedades tóxicas y nocivas las cuales producen muchos efectos contaminantes y tienen una gran resistencia a la degradación.

Contaminación del Agua

El mal manejo de estos residuos puede llegar a generar contaminación en los ríos, acuíferos subterráneos, y debido a que son arrastrados las aguas lluvias llegan a los mares y a las reservas disponibles de aguas, causando una gran contaminación y esto hace que se generen muchas enfermedades en los seres vivos.[40]

Contaminación de Suelos

Al mantener y dejar acumular estos residuos en las calles, producen líquidos contaminantes que afectan al suelo. Estos líquidos pueden llegar a mezclarse con aguas de inundación y de anegamientos transitorios que se dan por precipitaciones. El impacto que se genera no sólo en los vertederos, si no en cualquier lugar donde no se realice un buen manejo y procesamiento de estos residuos causan aparte de contaminar los suelos, genera más el calentamiento global. [41]

Problemas Paisajísticos

Acumular residuos en lugares en los cuales son inadecuados conlleva problemas paisajísticos negativos, ya que constituyen un daño visual asociando a un importante riesgo ambiental, llegando a generar accidentes. El manejo de estos residuos no solo es reciclarlos, tratarlos, o disponerlos de manera adecuada, si no que implica el compromiso y responsabilidad de reducir, ejecutar tecnologías limpias, que estén basados en la sustentabilidad del crecimiento de la sociedad con el medio ambiente.

Sociales

De manera social, si hay una mala o inadecuada gestión de los residuos sólidos domésticos generará diferentes problemas en la salud y así mismo laborales para las personas recicladoras tanto informales como formales; todo esto se da debido a que los residuos reciclados no se lo han separado por clase de material y esto genera una mayor dificultad para así separar estos residuos y poder efectuar su venta final. [32]

Salud

Las enfermedades se producen mediante contacto directo con los residuos o de manera indirecta por medio de vectores o transmisores como las cucarachas, mosquitos, moscas, perros, ratas que comen de la basura. El manejo inadecuado de estos residuos, según la revista Panamericana de la Salud, pueden generar más de 40 enfermedades desde una colitis, hasta infecciones que producen la muerte al ser humano.

De acuerdo a la Organización Panamericana de la Salud, las enfermedades más comunes son:

- Infecciosas: Hepatitis infecciosa, Fiebres Paratifoideas, Tétanos, disentería bacteriana, etc.
- Parasitarias: Leptospirosis, Disentería Amebiana, Trichuris Trichiura, Fasciola Hepática, etc.
- Otras: Alergias, enfermedades de la piel, intoxicaciones por inhalación o ingesta de sustancias peligrosas existentes en el basural. En esta clase se encuentran los, piojos, pulgas, garrapatas, que producen la parasitosis externa.

Tabla 11. PROBLEMAS DE SALUD ASOCIADOS CON LOS DESECHOS DOMÉSTICOS

<i>Agente</i>	Problema de Salud
<i>Mal olor</i>	Malestar, cefaleas, náuseas y vómitos.
<i>Polvo</i>	Molestias y pérdida momentánea de la visión.
<i>Proliferación de vectores y microorganismos</i>	Enfermedades respiratorias y pulmonares. Enfermedades infecciosas.
<i>Pérdida de estética</i>	Deterioro de la calidad de vida.
<i>Nota.</i> Recuperado de Gestión de Residuos Sólidos Técnica, salud, ambiente y competencia. [37][42]	

Tabla 12. ENFERMEDADES RELACIONADAS CONVECTORES

<i>Vectores</i>	Forma de Transmisión	Principales Enfermedades
<i>Roedores</i>	Mediante orina, mordiscos y heces. Mediante pulgas que viven en el cuerpo de la rata.	Rabia Disenterías Peste bubónica Enfermedades diarreicas
<i>Moscas</i>	Mediante vía mecánica (a través de las patas, alas y cuerpo). Por medio de la saliva y heces.	Cólera Disenterías Diarrea infantil Tuberculosis
<i>Mosquitos</i>	Mediante la picadura del mosquito hembra.	Dengue Fiebre amarilla Malaria
<i>Cucarachas</i>	Mediante vía mecánica (a través de las patas, alas y cuerpo) y las heces	Cólera Gastroenteritis Intoxicaciones alimenticias
<i>Aves</i>	Por medio de las heces	Teniasis Toxoplasmosis Triquinosis

Nota. Recuperado de Gestión de Residuos Sólidos Técnica, salud, ambiente y competencia. [33]

Económicos

Existen diferentes problemas económicos que se generan como:

- El aumento de los costos para la limpieza pública.
- Incremento del costo para la modificación de rellenos sanitarios.
- Disminución económica de las localidades.
- Aumento del gasto por salud y de tratamientos de males debido a la mala manipulación de los residuos.

Problemas de Salud Relacionados a las Etapas de Ciclo de vida de los Residuos Domésticos

En cada etapa de ciclo de vida de los Residuos Domésticos se encuentran diferentes problemas:

Producción y Almacenamiento in situ

En esta etapa como problema ambiental tendríamos:

- La aparición de insectos, vectores, ratas, organismos patógenos y roedores menores ocasionando como riesgo a la salud enfermedades gastrointestinales, etc.
- El mal olor generado por la descomposición de los residuos sería una molestia causando contaminación en el aire.

Disposición inadecuada en la vía pública

En esta etapa del “ciclo de vida” como problema ambiental tendríamos:

- La aparición de insectos, vectores, ratas, organismos patógenos y roedores menores produciendo como riesgo a la salud diferentes tipos de enfermedades como lo ya señalado en la “Producción y Almacenamiento in situ”.
- Otro problema es el mal olor generado por estos residuos causando molestias a las personas.
- Disminuye el costo del suelo.

Recolección, transporte, almacenamiento en plantas de transferencias

Como problemas ambientales tenemos:

- El daño que debido a la generación de ruido producen molestias a las personas.
- Los olores fétidos producen enfermedades infectocontagiosas.

Segregación y Reciclaje

En la Segregación y Reciclaje los problemas son:

- Al reutilizar los envases tóxicos puede llegar a provocar intoxicaciones en los seres humanos.
- El ganado (cerdo) es alimentado mediante desperdicios, llegando a producir cisticercosis.
- El usar compost contaminado para la tierra, también genera riesgos a la salud, o al mismo medio ambiente.

Tratamiento y Disposición Final

Como problemas ambientales causados en el “Tratamiento y Disposición Final” tenemos:

- Daños en el suelo.
- Daño de las aguas subterráneas y superficiales.
- Daño en el medio ambiente debido a la incineración.

Estos problemas generan riesgos a la salud como enfermedades, ya sean alergias, gastrointestinales, respiratorias, enfermedades transmitidas por animales, molestias, intoxicaciones, etc.[30]

Impactos Positivos del Adecuado Manejo de los Residuos Domésticos

Entre los diferentes Impactos Positivos debido a un adecuado manejo en los Residuos

Domésticos tenemos:

Ambiental

- Disminución del gasto de recursos naturales resultante del reciclaje realizado para estos residuos domésticos.
- Ayuda a un progreso en la salud pública.
- Menor contaminación por arrojado de estos residuos domésticos.

Social

- Mejora las condiciones de trabajo para las personas que reciclan estos residuos.
- Mejora de la calidad de vida de los ciudadanos.
- Recuperación de espacios públicos que se encontraban en mal estado debido al amontonamiento de estos residuos.
- Menor tasa de morbilidad y mortalidad.
- Incremento en la concientización y cultura ambiental.

Económico

- Aumento de compañías de reciclaje.
- Incremento de ingresos económicos para los recicladores.
- Menores costos de los servicios para la limpieza pública.
- Menor costo de tratamiento de males ligado al manejo incorrecto de los residuos.

Gestión Ambiental en Ecuador

Este tema hace hincapié que la gestión ambiental concierne a cada uno de los ciudadanos en cada momento de vida.

Cada acción realizada debe ser de manera sincronizada: económicamente rentable, socialmente justa y sustentable ambientalmente.

Existen leyes suficientes para el mantenimiento de una adecuada gestión ambiental en el Ecuador, aunque lo más repetitivo es la falta de aplicación y el cumplimiento de las normas, regulaciones y leyes en vigencia. Por esto, se define que “La descarga, infiltración, o depósito de materiales o sustancias contaminantes en los suelos, se someterá a lo que la Ley disponga”.

La ciudadanía tiene el derecho de vivir en un entorno saludable, equilibrado de manera ecológica y expedita de contaminación. Cabe recalcar, que es de beneficio de cada

ciudadano la conservación del ecosistema, prevención del medio ambiente, y así poder asegurar un desarrollo sostenible.

El deber que tiene el Estado es el de precautelar el buen uso y conservación de los recursos naturales de nuestro país, para la convivencia de la ciudadanía.

La atención al entorno es uno de los temas más discutidos, debido a que su cuidado es una obligación que debe ser implementada, todos los ciudadanos deben ser responsables con respecto al cuidado del ambiente, los residuos generados y desechados que se observa a diario en las calles, es responsabilidad de los seres humanos. Es primordial producir menor basura, separarla y aprovecharla.

condiciones de operación posterior al transporte. Estas especificaciones se detallan en los siguientes artículos:

“Art. 8.- Condiciones ambientales de carga y descarga del Biodiesel. - El punto de Nube (Punto de enturbiamiento) fluctúa dependiendo de la composición, tipo y selección de la materia prima y el método utilizado para el proceso de obtención del biodiesel B100. En los casos que el biodiesel B100 se transporte a regiones en donde la temperatura ambiente sea inferior al punto de nube del producto, y luego se lo almacene, los autotanques deben tener aislamiento térmico o un método que permita calentar el producto para que el producto permanezca líquido. Se debe asumir un margen de seguridad de 6 grados C sobre la temperatura del punto de nube para mantener el producto líquido. Además, se recomienda realizar pruebas hidrostáticas periódicas a los serpentines de calentamiento que tengan instalados los autotanques. Al igual que con el diésel del petróleo, el B100 debe ser transportado de forma que no produzca contaminación, para lo cual los sujetos de control deben cumplir con los procedimientos determinados para el transporte en autotanques y buque-tanques establecidos en el Reglamento de Operación y Seguridad

del Transporte Terrestre de Combustibles (Excepto el GLP) en autotanques y Reglamento Ambiental de Operaciones Hidrocarburíferas.

Art. 9.- Muestreo. - El sistema de muestreo para este tipo de productos está basado en la norma ISO 5555:2001, considerando las normas de seguridad establecidas en la MSDS (Material Safety Data Sheet) y las características de almacenamiento del Biodiesel B100.

Art. 10.- Despacho de Biodiesel B100.- El productor de Biodiesel debe garantizar que su producto cumple con los requisitos de la norma Técnica Ecuatoriana INEN 2482 "Biodiesel Requisitos", vigente. En ella se encuentran los requisitos de calidad que el Biodiesel (B100) debe cumplir.”

Antes de iniciar el despacho y para cada envío del producto B100, el productor debe entregar al transportador un "Informe de resultados" de la calidad del producto, adjuntando la respectiva Guía de Remisión. Los resultados de los análisis de laboratorio reportados en el "Informe de resultados" deben ser emitidos por un laboratorio acreditado y entregado al comprador y al ente de control.

Capítulo IV

En esta sección se especifica como debe ser la infraestructura de las terminales y refinerías que se encargan de la producción y comercialización del Biodiesel, mostrados en los siguientes artículos:

“Art. 11.- Construcción y adecuación de instalaciones. - La adecuación de la infraestructura existente y/o construcción de nueva para la recepción y almacenamiento del Biodiesel B100, sistemas de mezclado en línea y despacho de la mezcla, equipos de medición, instrumentación de control en refinerías y terminales de EP Petroecuador o quien haga sus veces, deberán ceñirse a los códigos, estándares y normas nacionales e internacionales ó de la industria del petróleo (API, ANSI, ASTM, NFPA, ASME, ISA, y

otras afines), a fin de garantizar la calidad y seguridad de las instalaciones y condiciones óptimas de la operación y manejo del biodiesel y la mezcla respectiva.

Art. 12.- Recepción del Biodiesel en las instalaciones de mezcla. - EP Petroecuador o quien haga sus veces, previo a la recepción del Biodiesel B100, solicitará a las empresas proveedoras el respectivo "informe de resultados" de calidad, el cual deberá cumplir con los requisitos establecido en la Norma INEN 2482 "Biodiesel Requisitos", vigente. EP Petroecuador (comprador), en el punto de recepción del producto B100, debe, sin perjuicio de ejecutar todos los análisis señalados en la norma INEN 2482: "Biodiesel Requisitos", vigente, realizar los análisis básicos (Tabla 2) en los laboratorios de refinerías y terminales para los fines de comprobación de la calidad, para lo cual en presencia de una inspectora independiente y ente de control debe tomar las muestras necesarias de los autotanques antes de recibir el producto.

Tabla 2.- Análisis Básicos del Biodiesel B100

Parámetro	Unidad	Especificación
-----------	--------	----------------

Densidad a 15 C	Kg/m ³	860 - 900
-----------------	-------------------	-----------

Contenido de Agua	mg/kg	500 máximo
-------------------	-------	------------

Punto de Nube*	grados C	5 máximo
----------------	----------	----------

Contaminación Total	mg/kg	15 máximo
---------------------	-------	-----------

* Se realizará este ensayo en lugares de temperatura igual o inferior a 14 grados C.

En caso de incumplimiento de los requisitos de calidad establecidos en los parámetros básicos mencionados en la tabla anterior, no se debe aceptar el producto y se deberá informar por escrito al proveedor del producto y a la entidad de control correspondiente, a fin de que se disponga el análisis de la contramuestra en un laboratorio acreditado. EP PETROECUADOR debe instalar equipos contadores de partículas en puntos críticos en

terminales y refinerías para obtener reportes en tiempo real de las partículas totales del B100 y la mezcla bajo la norma ISO 4406-99 establecidas por la Word Wide Fuel Charter.

Art. 13.- Almacenamiento del Biodiesel, Diesel Premium y la Mezcla Diesel Premium Biodiesel. - Los sistemas de almacenamiento del Biodiesel, Diesel Premium y la Mezcla, según el caso, en las plantas productoras de Biodiesel y en las instalaciones de mezcla (refinerías y terminales) deben contar con un programa de control del contenido de agua y sedimentos presentes en el fondo de los tanques. Esta operación constituye una de las más importantes prácticas de aseguramiento de la no afectación de la calidad de los tres productos durante el almacenamiento. Se deben verificar las condiciones del tanque en el cual se va a realizar el almacenamiento de los productos: Biodiesel B100, Diesel premium y la mezcla Diesel premium – biodiesel enfatizando la eliminación de agua y sedimentos conforme a las normas establecidas; en cada operación se debe registrar la fecha del drenaje, la medición de agua antes y después del drenado y la cantidad de agua retirada, para lo cual se debe mantener una bitácora con esta información; esta periodicidad la debe ajustar cada planta de acuerdo a las cantidades de agua encontradas en la operación mensual. La disposición y aprovechamiento de los productos contaminados remanentes de las prácticas de drenaje deben ser debidamente tratados en los respectivos sistemas de separadores "API" de los sujetos de control.

Una de las fuentes potenciales de presencia de agua libre en el fondo del tanque se origina de la condensación del vapor de agua presente en la atmosfera, por lo tanto, en caso de presentarse elevado contenido de agua por condensación atmosférica, se debe instalar filtros desecantes con filtración micrónica de aire de una micra en los respiraderos del tanque.

Manejar en lo posible una alta rotación del inventario y evitar el almacenamiento de producto por períodos superiores a 3 meses.

Art. 14.- Sistema de Mezcla de Biodiesel - Diesel Premium. - El contenido de Biodiesel en el Diesel Premium debe cumplir con lo establecido en la norma INEN 1489 "Diesel. Requisitos", vigente. Para el efecto se debe utilizar sistemas/procedimientos que permitan monitorear y medir los volúmenes de los productos base que se están mezclando, tales como, sistemas de mezcla automáticos, balance o control de inventarios. Se debe utilizar un equipo mezclador automático en línea para garantizar la exactitud de los porcentajes de los componentes de la mezcla y la homogeneidad del producto. El mezclador de Diesel Premium - Biodiesel, en las instalaciones de la mezcla, deberá contemplar, dentro de la infraestructura mínima de almacenamiento y despacho de la mezcla los equipos y procedimientos que permitan disponer de producto dentro de especificaciones. En terminales se debe instalar sistemas de filtración micrónica y coalescente (menor o igual a 10 micras) a las dos corrientes Diesel premium y biodiesel antes de la mezcla de los citados productos para preparar el Diesel premium oxigenado con biodiesel acorde a la norma INEN 1489.

Art. 15.- Despacho de la mezcla Diesel Premium-Biodiesel. - Para el despacho de la mezcla Diesel Premium - Biodiesel (Diesel Premium), los componentes de la mezcla deben estar dentro del rango establecido en la norma INEN 1489: "Diesel. Requisitos", vigente, conforme lo establezca la Agencia de Regulación y Control Hidrocarburíferas. En caso de que se detecte que el contenido indicado de biodiesel en la mezcla no se cumple, el sujeto de control deberá realizar los ajustes necesarios para corregir la desviación. Se deben evitar, la operación de recibo y entrega simultánea de producto en un mismo tanque. EP Petroecuador, o quien haga sus veces, en los laboratorios de control de calidad de refinerías y terminales realizará los análisis de la mezcla Diesel Premium-Biodiesel (Diesel Premium) y emitirá el respectivo "informe de resultados" el cual deberá cumplir con "las especificaciones de calidad establecidas en la NTE INEN 1489 "Diesel.

Requisitos", vigente. Una vez recibido a satisfacción el producto, la comercializadora será responsable de sellar los compartimientos de los autotanques que transporten la mezcla de Diesel Premium -Biodiesel (Diesel Premium), a fin de eliminar riesgos de adulteración y deterioro del producto; a partir de este momento, la calidad del producto es de responsabilidad de la comercializadora.

Art. 16.- Transporte de Mezcla Diesel Premium -Biodiesel. - Para el transporte de la mezcla Diesel Premium-Biodiesel (Diesel Premium), se deben tener los mismos cuidados que se tienen para el transporte de combustibles derivados del petróleo. Se debe cumplir con los requisitos establecidos en el Reglamento de Operación y Seguridad del Transporte Terrestre de Combustibles (Excepto el GLP) en autotanques y Reglamento Ambiental de Operaciones Hidrocarburíferas. Los autotanques deben estar completamente limpios y herméticos, para evitar la contaminación con agua. Los sujetos de control deberán inspeccionar el interior de los tanques previo a la carga garantizando que estén libres de agua y sedimentos.”

Capítulo V

En este capítulo se muestra cuáles son los requerimientos que debe cumplir el biodiesel como tal o a su vez la mezcla que incluye este biocombustible, para ingresar a los centros de distribución, además del almacenamiento y manejo de residuos en el establecimiento, esto se detalla en los siguientes artículos:

“Art. 17.- Recepción de la mezcla Diesel Premium-Biodiesel. - Antes de descargar la mezcla diésel premium-biodiesel desde los autotanques a los tanques de almacenamiento en los centros de distribución, así como al nuevo producto almacenado, los centros de distribución de combustibles líquidos derivados de los hidrocarburos deberán realizar las siguientes pruebas de campo, para verificar la calidad del producto que recibe y del

producto almacenado, a fin (sic) garantizar al usuario final un producto de excelente calidad.

1. Apariencia
2. Densidad de la mezcla
3. Contenido de agua

La mezcla diésel premium-biodiesel debe ser manejado como cualquier combustible líquido derivado de los hidrocarburos, por lo tanto, deben tomarse todas las medidas de seguridad en la descarga y recepción del mismo, para evitar: sobrellenado y derrames durante el llenado de tanques. Antes de la primera recepción de la mezcla diésel premium-biodiesel, las comercializadoras de combustibles garantizarán que los centros de distribución de combustible líquido derivado de los hidrocarburos realicen una limpieza prolija e integral de los tanques de almacenamiento, líneas y sistemas asociados, retirar los residuos de óxido y sustancias extrañas, reemplazar los filtros del surtidor por filtros de menor o igual a 10 micras aprobados para biodiesel, reparar y/o cambiar las partes que no se encuentren en óptimas condiciones. Para los trabajos a realizarse en los centros de distribución deberán considerarse las regulaciones establecidas por la Agencia de Regulación y Control Hidrocarburíferas. Los tanques no deben mantenerse desocupados por mucho tiempo, ya que el aire que queda dentro de los mismos puede generar procesos de oxidación, al igual que la contaminación por partículas y el aumento en los niveles de agua. Las comercializadoras de combustibles líquidos derivados de los hidrocarburos garantizarán que el transporte de la mezcla y su manejo en las estaciones de servicio sea el adecuado, a fin de asegurar al consumidor final la venta del producto, acorde a las especificaciones de calidad de la norma INEN 1489 vigente.

Art. 18.- Almacenamiento de la mezcla Diesel Premium - Biodiesel. - Las comercializadoras deberán garantizar que los tanques de almacenamiento de los centros

de distribución de combustibles líquidos derivados de los hidrocarburos reciban mantenimiento periódico con especial cuidado en drenajes, filtros y uso de biocidas. La periodicidad de evacuación de agua la debe ajustar cada centro de distribución de combustibles líquidos derivados de los hidrocarburos, de acuerdo con las cantidades de agua encontradas en la operación mensual, buscando asegurar mantener los fondos de los tanques libres de agua y sedimentos. Los tanques deben tener completa hermeticidad no solo para la prevención de fugas, sino para evitar la contaminación del combustible. Por lo que, se debe realizar pruebas de hermeticidad e hidrostáticas en los tanques y equipos asociados, de acuerdo con lo establecido por la normativa aplicable.

Art. 19.- Limpieza de tanques de almacenamiento de la mezcla Diesel Premium - Biodiesel. - Las comercializadoras de combustibles líquidos derivados de los hidrocarburos garantizarán que los tanques de almacenamiento de los centros de distribución de combustibles líquidos derivados de los hidrocarburos reciban una limpieza integral antes de la primera recepción de la mezcla de diésel-biodiesel (Diesel Premium) y se mantengan en condiciones óptimas durante su operación, con el fin de evitar la generación de lodos y sedimentos.

Art. 20.- Manejo de filtros. - Las comercializadoras de combustibles líquidos derivados de los hidrocarburos garantizarán que los centros de distribución de combustibles líquidos derivados de los hidrocarburos mantengan sistemas de filtración para el despacho de la mezcla Diesel premium-biodiesel. Los centros de distribución de combustibles líquidos derivados de los hidrocarburos deben implementar respiraderos desecantes con filtración de 1 micra en las rejillas de ventilación de los tanques que absorban la humedad del aire y eviten la contaminación por partículas; y, en los dispensadores filtros de menor o igual a 10 micras. Se deben revisar periódicamente los filtros del sistema de distribución con la finalidad de que sean reemplazados una vez que hayan cumplido su vida útil.

Art. 21.- Disposición de residuos. - Todo material que entre en contacto con biodiesel o la mezcla diésel-biodiesel (absorbentes, arena, filtros, canecas, estopas, etc.) así como los sólidos, borras y en general, todos los materiales resultantes de la limpieza de los

Manejo de los Residuos Domésticos en América Latina y Caribe.

El manejo de los Residuos Domésticos comprende desde las actividades relacionadas con la manipulación de estos Residuos donde son producidos hasta su disposición final.

A continuación, se detalla estas etapas para ciertos países de América Latina y Caribe:

Generación de Residuos Domésticos

Esta etapa es el comienzo del manejo de los Residuos y está relacionada con las actividades realizadas por el ser humano, incremento de actividades comerciales, industriales y las condiciones climáticas.

De manera mundial el gasto de productos procesados elevó la tasa de producción de desechos por habitante diaria, siendo el caso de Latinoamérica el cual su tasa de generación incrementó en las últimas décadas de 0.5 a 1. [43]

En la siguiente Tabla 13 se representa la tasa de generación de residuos por habitante por día en las principales ciudades y municipio de Latinoamérica:

Tabla 13. GENERACIÓN DE BASURA EN LAS PRINCIPALES CIUDADES DE LATINOAMÉRICA Y EL CARIBE

<i>País</i>	<i>Ciudad/Municipio</i>	<i>Población(Hab)</i>	<i>Generación(Ton/día)</i>	<i>Generación(Kg/hab-día)</i>
<i>Argentina</i>	Buenos Aires	2768772	5000	1.81
<i>Venezuela</i>	Caracas	2758917	4000	1.45
<i>México</i>	Ciudad de México	8720916	12000	1.38
<i>Chile</i>	Santiago de Chile	5875013	7100	1.21
<i>Venezuela</i>	Maracaibo	1428043	1700	1.19
<i>Perú</i>	Lima	8445200	8938.5	1.06
<i>Colombia</i>	Bogotá	6778691	5891.8	0.87
<i>Cuba</i>	La Habana	2201600	1060	0.48
<i>Guatemala</i>	Guatemala	3762960	1500	0.40
<i>Bolivia</i>	La Paz	2350466	451	0.19

Nota. Recuperado de Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe[43]

El aumento promedio de la generación de residuos sólidos se estima que se encuentra entre 2 a 3% para los países en vías de desarrollo y de 3.2 a 4.5% para los países desarrollados.

Los países como Argentina, Venezuela y México presentan dificultades para implementar nuevas normativas de gestión de residuos sólidos, ya que le dan una falta de continuidad a estas gestiones debido a cambios en administraciones de los municipios, dificultando la sostenibilidad del sector Tabla 14.

➤ **Composición de Residuos Domésticos**

La clasificación y composición de los residuos sólidos están relacionados ya que estos son importantes en la selección y operación de equipos e instalaciones, evaluar si es factible la recuperación de energía y recursos, y el análisis, diseño de las instalaciones de disposición.

Tabla 14. TIPIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN PAÍSES EN VÍAS DE DESARROLLO (AMÉRICA LATINA Y CARIBE)

<i>País/Ciudad</i>	Cartón y Papel	Vidrio	Textiles	Plásticos	Orgánicos y Putrefactibles	Otros e Inertes
<i>República Dominicana</i>	8			9	75	
<i>Barbados</i>	20			9	59	12
<i>Belice</i>	5	5		5	60	20
<i>Costa Rica</i>	20.7	2.3	4.1	17.7	49.8	3.3
<i>Perú</i>	7.5	3.4	1.5	4.3	54.5	25.9
<i>Asunción</i>	10.2	3.5	1.2	4.2	58.2	19.9
<i>Guatemala</i>	13.9	3.2	0.9	8.1	63.3	8.8
<i>México</i>	20.9	7.6	4.5	8.4	44	11.5

Nota. Recuperado de Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe.

➤ **Recolección y Transporte de Residuos Domésticos**

Esta etapa se encuentra el conjunto de actividades el cual incluyen la recogida y el transporte de estos residuos comenzando desde los sitios donde se los depositan o almacenan por medio de los generadores hasta donde serán descargados, siendo este lugar una instalación de procesamiento e materiales, tratamiento, estaciones de transferencia o rellenos sanitarios. Para esta etapa y la disposición final, los municipios/empresas designan mayor parte de su presupuesto. Según la OPS (Organización Panamericana de la Salud) se refirió que en Latinoamérica un 60 y 70% del costo total del servicio es para la parte de recolección y la disposición final de los residuos sólidos.

La OPS indica que, en Latinoamérica y El Caribe, el sistema de recolección se lo hace de casa en casa utilizando vehículos cuyas capacidades varían con respecto al tamaño de la ciudad; usando camiones volteo de 3 m³ hasta los camiones compactadores de 15 m³ de capacidad el cual se encuentran de 2 a 4 operadores para ciudades medianas y grandes, en las zonas que no son tan accesibles se usan camiones de tracción animal y también

carritos manuales. Este sistema aplicado de recolección puerta-puerta es más caro que sistemas mecanizados o semi-mecanizados, pero el nivel de tecnología para la recolección depende de la economía de cada país.

Otro factor primordial, es con qué frecuencia es la recogida de estos residuos la cual cambia según el grado de urbanización, accesibilidad, etc. Esta frecuencia en Latinoamérica y El Caribe es de 2 a 5 veces por semana o 1 vez por semana la menos frecuente. [27]

➤ **Tratamiento y disposición final de Residuos Domésticos**

Al ser recogidos estos residuos se llevan a procesar para finalmente colocarlos en lugares que son destinados para la disposición final. Este proceso es para separar objetos de mayor tamaño, reducción de tamaño (trituration), separación de metales ferrosos y reducir el volumen (compactación).

En países de Latinoamérica y El Caribe el reciclaje y separación de estos residuos lo hace más el sector informal, separando los componentes de los residuos en los mismos sitios de almacenamiento o disposición final. En algunos países como Brasil, México y Chile, se están realizando avances para la formalización de este sector de recolección de manera informal.

En la mayoría de los países de Latinoamérica y El Caribe, predomina el reciclaje orientado a aprovechar el cartón, papel y materia orgánica, según la OPS señaló que hay una tendencia de reciclar los plásticos. Sin embargo, el reciclar no es tan atractivo de manera económica, debido a que es más económico usar la materia prima original que al reciclar, generando poco incentivo en el desarrollo de tecnologías para el reciclaje.

Según la OPS recalcó que apenas el 0.6% de los residuos orgánicos que se generan se transforman en abono, y que el porcentaje de residuos que son incinerados es solo el 1%.

La etapa terminante en el manejo de residuos se conoce como disposición final, en la cual los residuos que no reciben algún otro uso son dispuestos a este destino final.

Una práctica, que es aún común en América Latina y el Caribe, es de colocar los residuos en terrenos a cielo abierto sin precautelar medidas que sean necesarias para la interacción con el medio ambiente. Esto provoca problemas graves en contaminación. La disposición aceptada para los residuos sólidos son los llamados rellenos sanitarios, los cuales mediante principios de ingeniería se utilizan para disponer en el suelo, cobertura de los residuos disminuyendo peligros a la salud y ambiente, teniendo precaución con los gases y líquidos generados como resultado de la pudrición de la materia orgánica.

En la actualidad, en varios países se desarrollan mejoras en los rellenos sanitarios, estableciendo controles con el fin de la reducción de contaminación ambiental utilizando también procesos que aprovechen los gases para producción de energía eléctrica.

Tratamiento de los Residuos Domésticos en otros Países

En la Unión Europea (UE) objetivo principal es la reducción de cantidades de residuos producidos y así fomentar los residuos como recursos logrando niveles altos de reciclaje y eliminación de manera segura de estos residuos. [32]

Normalmente, la Unión Europea (UE) produce un aproximado de 2000 millones de Toneladas de residuos, incluyendo residuos peligrosos, en periodos de tiempo cortos, ciertos países han conseguido promover esta cultura de reciclado, con incentivos, infraestructura de calidad y campañas públicas de sensibilización.

En el año del 2010, en Europa se recicló el 35% de residuos, una mejora más que significativa con respecto al 23% que se registró en el 2001. No obstante, sigue difícil alcanzar el objetivo de la UE que es reciclar el 50% de los residuos domésticos y similares para el 2020, por el cual se analiza la gestión de RSU (Residuos Sólidos Urbanos), que principalmente son residuos domésticos, en los 27 Estados que son miembros de la UE más Islandia, Croacia, Suiza, Turquía y Noruega.

De manera actual, se han realizado diferentes maneras en detener el acelerado aumento de estos residuos en Europa, el cual normalizan la cantidad de residuos que las empresas puedan generar, y que los residuos de los productos que son usados, sean nuevamente procesados, aplicando las 4R (Reducir, Reutilizar, Reciclar, Recuperar).

La UE ha promovido legislaciones nacionales con el fin de la reducción del impacto de los residuos sobre el Medio Ambiente y la salud y así mejorar la eficacia al usar los recursos. [32]

III: Biocombustibles

Historia de los biocombustibles

La tecnología de fermentación data de hace 4000 años a. C., por medio del cual los seres humanos transforman alcohol como bebida a partir de diferentes frutos como uvas, bayas, miel y cereales. Dispuesto que, el etanol se experimentó como combustible para motores bastante antes de la producción de gasolina comercial en 1913. A inicios de 1826, el inventor estadounidense Samuel Morey diseñó un motor de combustión interna alimentado con etanol y trementina para hacer funcionar un barco de 7 a 8 mph (millas por hora). En 1860, el estadounidense Henry Ford construyó tractores que podían funcionar con etanol. El obstáculo que imposibilitó que el etanol se utilizara como combustible para motores en los EE. UU. fue el impuesto al alcohol promulgado en la década de 1860 para financiar la Guerra Civil.

Además, cuando la gasolina comenzó a predominar a fines de la década de 1910, muchos científicos abogaron por la capacidad y la sostenibilidad del etanol en la industria de los combustibles. En 1917, Alexander Graham Bell destacó la cantidad de materias primas potenciales para la producción de etanol: “cualquier materia vegetal competente de fermentarse, ya sea residuos de cultivos, pastos, desechos agrícolas y basura urbana”. En

un artículo publicado en 1918 de Scientific American elogió la eficacia de una mezcla de combustible de 25 % de gasolina, 25 % de bencol y 50 % de alcohol, la cual fue propuesta como una solución al problema de la disminución de las reservas de petróleo.

Tomando en cuenta que así mismo existen varios países que utilizan diferentes tipos de bicomcombustible, como el etanol; sin embargo, este está hecho de maíz, caña de azúcar, aceite de palma, entre otras, por medio de una serie de reacciones químicas, fermentaciones y calor para la descomposición de almidones, azúcares u otras partes de las plantas.

La energía desempeña un rol importante en el desarrollo humano, económico y en el bienestar de las sociedades, ya que es el motor de todas las actividades que realiza el hombre. Sin energía no habría vida y desarrollo. La fuente principal de energía se encuentra en el sol, que nos proporciona luz y calor. El resto se encuentra en la atmósfera, sobre la superficie terrestre o en el interior del planeta. Esta energía puede ser renovable y no renovable, dentro de esta última, encontramos a los combustibles fósiles, tales como: el petróleo, carbón mineral y el gas natural, los cuales son recursos limitados. A lo largo de la historia, la humanidad ha utilizado una variedad de recursos energéticos. Quizás el momento más decisivo fue el descubrimiento del fuego que, gracias a él, se comenzó a ser capaz de controlar y modificar muchos procesos que hasta el momento dependían únicamente de la naturaleza. Fue entonces, que la energía ha sido un elemento indispensable en la satisfacción de las necesidades cotidianas en todas las formas de organización social[44].

Biocombustibles

Los biocombustibles son los combustibles que se generan, directa o de forma indirecta, desde recursos naturales y la biomasa. Es viable la obtención de aceites desde residuos vegetales, básicamente extraídas desde semillas y frutos. La biomasa, por su lado es la

fuelle de energía que nace de materiales no fósiles y de procedimiento biológico, como tienen la posibilidad de ser cultivos energéticos, los desperdicios agrícolas y forestales y subproductos (el estiércol o la biomasa microbiana) El aceite se recibe comúnmente por compresión y sustracción con operaciones adicionales de transesterificación lo que posibilita obtener esteres que tienen la posibilidad de usar en motores diésel. Actualmente, son habituales los biocombustibles que proceden de la sacarosa, estos tipos de materia se transforma en energía por medio de procesos termoquímicas (combustión, pirolisis y gasificación). La energía producida por medio de la utilización de biocombustibles obtiene el nombre de bioenergía. Biocombustibles. [45].

Los biocombustibles son una fuente de energía renovable, a diferencia de los combustibles fósiles como el petróleo, el carbón y el gas natural (se crea desde los residuos). Se conforman, además como una elección energética sustentable, ya que, al proceder de materia orgánica, son capaces de neutralizar el dióxido de carbono que producen a lo largo de su combustión. [46]

Recursos del Biocombustible

Se producen biodiesel, aceites vegetales y animales, aceites de recuperación, aceites de recuperación de origen de residuos municipales e industriales, aceites vegetales usados, aceites de fritura usados y algas.

Fuentes de petróleo que se pueden utilizar en la producción de biodiesel:

- Aceites vegetales: girasol, soja, colza, cártamo, algodón, aceites de palma
- Aceites de recuperación: subproductos de la industria del aceite vegetal
- Aceites de recuperación de origen de residuos urbanos e industriales
- Aceites animales: aceites de escarcha, aceites de pescado y aceites de aves de corral
- Aceite vegetal es usados: aceites de cocina usados[47]

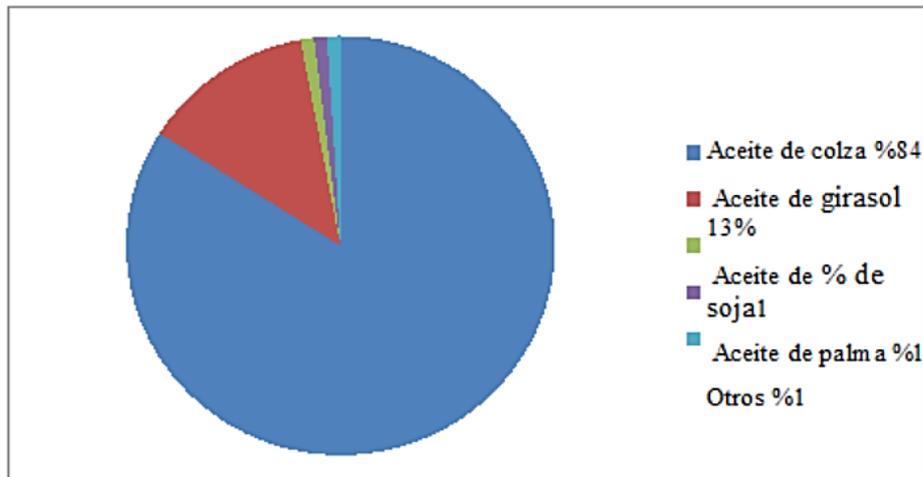


Ilustración 2 Fuentes de materias primas utilizadas en la producción de biodiésel. Nota Materia prima para el biocombustible tomado de [47]

Definición

Se define como biocombustible a aquellos fabricados a partir de materia orgánica obtenidos por la transformación de materia orgánica cultivada a propósito, también se distingue como biocombustible a aquellos que se extraen producto de la descomposición como por ejemplo basura y a los tratamientos de materias residuales como lo son las aguas residuales.[48], [49]

Los animales y las plantas son materia orgánica que contienen en su estructura lípidos en forma de aceites y grasas que pueden producir biomasa de vegetales como las plantas oleaginosas y microalgas. Se entiende que queda fuera de esta definición los combustibles fósiles o productos orgánicos que se deriven de estos. Los biocombustibles son biocombustibles en estado líquido o gaseoso, como los alcoholes, ésteres y otros productos de origen químico que son provenientes de compuestos orgánicos con base celulósica, luego extraída de plantas o cultivos silvestres, con la finalidad de ser un sustituyente del uso de la gasolina en el área del transporte o de generar electricidad, esta sustitución será en mayor o menor grado ya que dependerá de factores sociales y económicos.[39]

Materia prima para obtención de los biocombustibles

Los biocombustibles se obtienen según el tipo y nivel de procesamiento, así como del origen de la fuente de biomasa. Su procedencia es habitualmente materias primas como el azúcar, trigo, maíz o semillas oleaginosas. [31]; de acuerdo a la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se pueden observar los diferentes tipos, procesos y tecnologías aplicadas en los biocombustibles.

El azúcar como materia prima, junto con el almidón que proviene de la yuca y el maíz y residuos lignocelulósicos, producen alcohol carburante. En el año 2005 Colombia cosechó un 88% de caña de azúcar con una producción de 21.665.748 toneladas, siendo esta una fuente representativa en este país y en otros como Brasil e India. Por otro lado, se encuentra el maíz como el cereal de mayor cultivo en el mundo por encima del trigo y del arroz, pero a diferencia del azúcar, en Colombia el cultivo de maíz es muy bajo con respecto a Estados Unidos que es el mayor productor mundial de maíz. Siguiendo con Colombia como país de referencia, el panorama es distinto para la yuca en comparación del maíz.

Los residuos son la mejor alternativa para la producción de alcohol carburante, pero esa materia prima trae dificultades en aspectos económicos y sociales, así como limitaciones en el nivel industrial para su producción **Tabla 15.** [38]

Tabla 15. TIPOS, PROCESOS Y TECNOLOGÍAS APLICADAS EN LOS BIOCOMBUSTIBLES

Tipo	Insumo	Proceso conversión	Utilidad	Tecnología aplicada
<i>Biocombustibles líquidos de primera generación</i>				
Bioetanol	Caña de azúcar y almidones	Fermentación	Transporte	Comercial
Biodiésel	Oleaginosas, microalgas grasas vegetales y animales	Esterificación	Transporte	Comercial e I+D
<i>Biocombustibles líquidos de segunda generación</i>				
Bioetanol	Lignocelulosa, pasto, residuos agrícolas y forestales	Hidrólisis, gasificación (Fischer-Tropsch)	Transporte y generación de electricidad	I+D
Biodiésel	Biomasa	Gasificación (Fischer-Tropsch)		

Nota: Información tomada de [50]

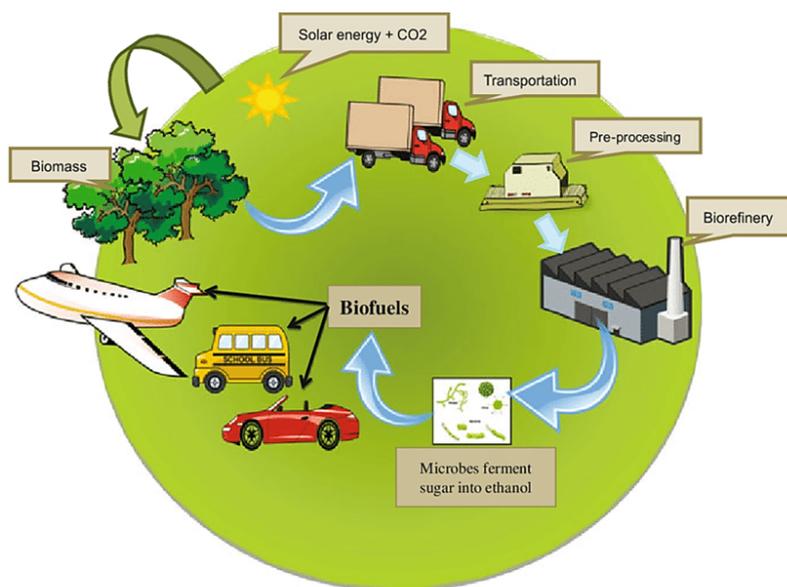


Ilustración 3. Aplicaciones de los biocombustibles. Note: Imagen tomado de [51]

Tipos de biocombustibles

Se ha propuesto una clasificación según la función que cumple la materia orgánica del que proviene el biocombustible, ya que existen numerosas clasificaciones, en algunas se agrupa por la composición química que no tiene tanta variante. Por lo que se menciona los biocombustibles de primera generación para designar a aquellos que producen a partir de aceites o azúcares comestibles provenientes de plantas como maíz, caña de azúcar,

girasol o soja. Su formas de obtención dependerán de cada una de sus propiedades de la planta de origen, si existe un alto grado de azúcares se opta por convertirlos en alcoholes por el proceso de fermentación; en el caso de que sea una planta rica en grasas o aceites, se recurre a la transesterificación, que es una reacción química en que se combinan los aceites con un alcohol para generar ésteres grasos, como el biodiésel.[52]

La obtención de biocombustibles de segunda generación es producto del uso de materias primas no aprovechables como fuente de alimento para los seres humanos, por ejemplo, residuos forestales y agrícolas, con alto contenido de celulosa y lignina, estos son componentes principales de una planta y que permite obtener un tipo de biocombustible.

Los biocombustibles de primera generación (1g)

Este término hace referencia a los biocombustibles producidos a partir de una materia prima de origen comestible, como por ejemplo azúcares, almidones y aceites vegetales. Estos son convertidos en combustibles líquidos usando una tecnología convencional, de fácil acceso y económica como la fermentación y la transesterificación. La ventaja de estos biocombustibles son su facilidad para procesarlos, las bajas emisiones de los gases de efecto invernadero, siendo su única desventaja que los recursos utilizados como materia prima es alimenticia. [43]

Biocombustibles de segunda generación (2g)

Los biocombustibles de segunda generación son combustibles líquidos obtenidos a partir de la lignocelulosa que se encuentran en las plantas. La diferencia de los biocombustibles de segunda generación con lo de biocombustibles convencionales, son la materia prima utilizada y la tecnología requerida para su producción. La obtención de biocombustible

siendo la lignocelulosa la materia prima es un proceso complejo pero posible por dos medios principales; el primer método es enzimático que fermenta el azúcar para obtener el etanol. Mientras que el segundo método se basa en procesos donde se utiliza la gasificación de la biomasa y un proceso llamado Fischer-Tropsch teniendo como resultado biodiesel sintético.[53]

Principales biocombustibles

Como biocombustibles se incluyen al bioetanol, biodiesel y biogás, que pueden ser obtenidos por distintos métodos, y a partir de diferentes materias primas. Son los principales biocombustibles producidos a nivel mundial y utilizados tanto para estudios para mejorar los métodos de obtención como para el reemplazo de hidrocarburos.

Bioetanol.

El bioetanol es un biocombustible usado como combustible renovable en muchos países al ser mezclado con la gasolina convencional. Es de primera generación y es usado mundialmente una gran producción anual, usando como materia prima la caña, el maíz, el trigo, entre otros, este proceso involucra la fermentación por medio de microorganismos que degradan los azúcares derivados a etanol.[54]

Biodiesel.

Es un combustible sustituto del gasóleo o diésel derivado del petróleo, compuesto por una mezcla de ésteres alquílicos de ácidos grasos de cadena larga, que pueden ser obtenidos por transesterificación de aceites vegetales, grasas animales, aceites usados o lípidos de microalgas.[55]. Puede ser utilizado con una concentración del 100%, es decir puro o se lo puede mezclar con diésel y se puede usar en motores a diésel. El biodiesel es el biocombustible de primera generación más común junto con el bioetanol.

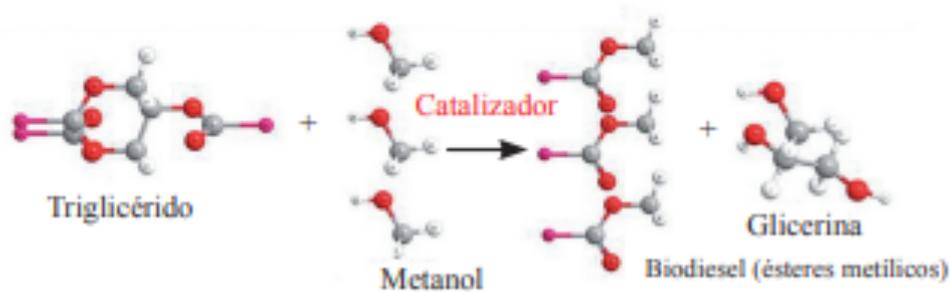


Ilustración 4. Esquema del proceso de transesterificación de triglicéridos con alcoholes para producir biodiesel. [55]

Biogás

Es producido a partir del proceso de biofermentación anaerobia de la materia orgánica, convirtiéndose así en una de las alternativas que llaman más la atención en el área de producción de biocombustibles. [34]

Los combustibles gaseosos principalmente se subdividen en dos sentidos: El biogás y el gas de gasógeno. El biogás es un combustible gaseoso que se genera en medios naturales o en dispositivos específicos. Se les denomina como combustibles gaseosos a hidrocarburos naturales y a los que son fabricados exclusivamente para su empleo como un combustible, y a aquellos que se obtienen como sub-producto en ciertos procesos industriales.

La composición de éstos varía según la procedencia de los mismos, pero los componentes se pueden clasificar en gases combustibles (CO, H₂, (HC)) y otros gases (N₂, CO₂, O₂).

En la combustión que se realiza con un combustible gaseoso es de fácil deducir que la mezcla que se realiza con el comburente es de manera fácil.

El modo en que básicamente se realiza la combustión es igual que para un combustible sólido o líquido. Se sigue utilizando, en general, el aire como comburente, aunque a veces se usa el oxígeno.

Al mismo tiempo la biogásificación de desechos sólidos, resulta bastante atractiva gracias a facilidades como:

- Se puede procesar material tanto seco como húmedo.
- No se requiere cultivos de bacterias puros o esterilidad.
- El biogás que se obtiene es de calidad, de fácil almacenamiento y uso.
- El residuo de la digestión es útil como biofertilizante.
- La combustión del metano, evita su emisión a la atmósfera.

Adicionalmente, la materia orgánica es abundante y el biogás obtenido puede ser transformado en varios tipos de energía y subproductos ya que el proceso está envuelto en un ciclo continuo como se demuestra en la Ilustración 5.

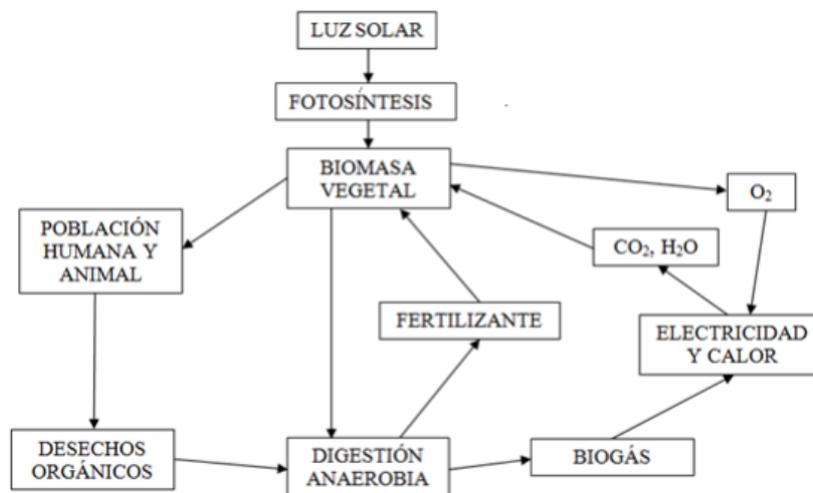


Ilustración 5. Ciclo del biogás [56]

Normalmente, hay dos métodos para producir biogás:

El método húmedo, cuando el sustrato tiene un máximo de 15% de materia seca, y el uso de las bombas es sencillo.

El método seco, cuando el sustrato tiene una proporción de materia seca del 25%, de mayor rendimiento en energía pero con mayores problemas en el manejo del material.

El sistema para la obtención de biogás a partir de residuos consta de los siguientes elementos:

Un depósito aislado térmicamente, construido en chapa de acero, donde se mezclan los residuos;

El digestor, elemento fundamental, de similares características al anterior, con un agitador de paletas, que giran lentamente;

Un cambiador de calor, necesario para aumentar la temperatura del digestor, de modo que se puedan realizar las reacciones químicas necesarias; el fluido calefactor es agua;

Un compresor, para elevar la presión del gas formado en el digestor, con una presión máxima de salida de unas decenas de bares;

Unas bombas, necesarias para vencer las pérdidas de carga del sustrato, formado por distintas materias espesas; Tuberías, presostatos, termómetros, válvulas, quemadores para calentar el agua, contador de biogás.

Los combustibles gaseosos generan una potencia menor en comparación con la gasolina o el gasoil, debido al menor poder calorífico, así como su baja densidad, salvo casos excepcionales, se suelen emplear en motores fijos, o ver restringido su uso a tiempos de crisis o de guerra, como ocurrió en Europa durante la Segunda Guerra Mundial. No es raro que se transforme en energía eléctrica, para lo que se usa un moto generador, con un motor de explosión de poca velocidad, funcionan bien a velocidad media y con pares altos. Las ventajas y las desventajas de usar etanol en lugar de gasolina

El biogás tiene problemas con la presencia de SH_2 , ya que es muy corrosivo.

Ventajas y desventajas

Como ventaja se destaca la propiedad de ser renovable y un producto generado localmente que va dirigido a la disminución de la dependencia del petróleo para mejorar la seguridad energética de los países que lo utilicen. Esto es más beneficioso para los países que no producen petróleo y que tienen otros tipos de fuentes energéticas. También se reducirían los gases emitidos al ambiente por la quema de la caña de azúcar antes de ser cosechada. El etanol es un oxigenante de la gasolina por lo que mejora su octanaje de manera considerable, por lo que reduciría los gases causantes del efecto invernadero. Actúa como anticongelante en los motores permitiendo un mejor arranque del motor en frío y previniendo el congelamiento.

Como desventaja es que aumenta el consumo de un 25% a un 30% más que la gasolina por lo que deberá tener menor precio por galón de venta. Disminuirá el empleo rural como resultado del proceso de cosecha de la caña de azúcar. Cuando es producido a partir de maíz se utilizan gas natural o carbón para la producción de vapor, en el proceso de cultivo se utilizan fertilizantes nitrogenados, herbicidas de origen fósil y maquinaria agrícola pesada, esto causa contaminación.[57]

Las ventajas y las desventajas de usar biodiésel en lugar de diésel

Como ventaja el biodiésel cuenta con una mayor lubricidad que el diésel permitiendo así extender la vida útil del motor. Es más fácil y seguro de transportar que el diésel ya que su punto de inflamación es 100° mayor que el del diésel fósil por lo que el biodiésel puede explotar a una temperatura mayor. Promueve la inclusión social de los habitantes que tiene menos facilidad para vivir en el sector rural. No contiene azufre por lo que no genera dióxido de azufre que contribuye a la contaminación ambiental.

Como desventaja el biodiésel tiene problemas de fluidez y congelamiento a bajas temperaturas en especial si es producida de palma africana. En costos, la materia prima para su producción es elevada teniendo relación con el petróleo, estos costos representan el 70% en costos totales de producción del biodiesel. Su contenido energético es menor que el diésel, siendo 12% menor en peso y 8% en volumen, teniendo un mayor consumo. [58]

Las ventajas y las desventajas sociales y económicas

Los biocombustibles podrían generar nuevos y grandes mercados para los productores agrícolas de cada país, ya que representan en la actualidad una fuente potencial de energía renovable. Pero sólo algunos de los programas de biocombustibles son viables, y la mayoría de estos implican altos costos sociales e irónicamente ambientales. Como desventaja en la producción de biocombustibles es el alza de precios de los alimentos, la creciente competencia por la tierra y el agua, y la deforestación. Se ha empezado a producir un efecto de competencia por la producción de comida y la de biocombustibles.

Los principales impactos están relacionados con el incremento en la demanda de insumos, recursos y energía con los riesgos potenciales sobre la calidad del agua y la conservación del hábitat. La producción de biocombustibles forma parte de una estrategia competitiva dentro del mercado mundial, principalmente para países desarrollados como Estados Unidos. La tendencia es hacia los biocombustibles de segunda generación, ya que el uso de cultivos agrícolas destinados a biocombustibles no supe las necesidades energéticas de bajo costo que hoy día logran el petróleo y sus derivados. Por esto las políticas de biocombustibles pueden ser necesarias para garantizar un mercado con el fin de aprovechar los efectos beneficiosos del aprender “haciendo y usando” y obtener beneficios dinámico en la innovación de nuevas tecnologías.[59]

Uso de los biocombustibles

Los biocombustibles líquidos han sido utilizados desde la antigüedad, como los combustibles de origen fósil y los motores de combustión interna, para el transporte y la calefacción. Tanto el bioetanol como el biodiesel pueden ser utilizados en mezclas de combustibles como la nafta y el diésel. En el caso del biodiesel la mezcla más utilizada en la actualidad es del 20%, es decir 20 partes del biodiesel y 80 partes de diésel obtenido del petróleo. En el caso del etanol, en más conocido E85, la mezcla es del 85% y del bioetanol del 15% en la gasolina, que puede ser utilizada en los motores de vehículos especiales.

Subproductos y aplicaciones

Los subproductos que se obtienen del etanol a partir de los granos, son los granos de destilería, que son destinados a la alimentación animal, también las aguas de deshecho que son ricas en nitrógeno, son utilizadas como fertilizante. Para el caso del etanol que proviene de la caña de azúcar, los subproductos son el bagazo, que es utilizado como fuente de energía para la generación de electricidad y vapor en los ingenios, también la vinaza, que se usa como fertilizante en los campos agrícolas. En la producción de biodiésel, el principal subproducto es la glicerina, que se puede vender para utilizarla en diferentes procesos industriales, incluida la elaboración de jabones y cosméticos. [54]

Propiedades

En la siguiente **Tabla 16** se comparan las propiedades físicas y químicas de diésel obtenido de la refinación del petróleo con las propiedades del biodiesel.

Tabla 16. Propiedades fisico-químicas que Diésel y Biodiésel.

PROPIEDADES	BIODIESEL	DIESEL
Norma del combustible	ASTM D975	ASTM PS121
Composición	C12-C22 FAME	C10-C21 HC
Metilester	95.5 > 98% (normas)	-
Carbono (%peso)	77	86.5
Azufre (%peso)	0-0.0024	0.05 max
Agua (ppm peso)	0.05% max	161
Oxígeno (%peso)	11	0
Hidrógeno (%peso)	12	13
No. Cetano	48-55	40-55
PCI (KJ/Kg)	37.700	41.860
Viscosidad cinemática (40°C)	1.9-6.0	1.3-4.1
Punto de inflamación (°C)	100-170	60-80
Punto de ebullición	182-338	188-343
Gravedad específica (Kg/l) (60°F)	0.88	0.85
Relación de aire/combustible	13.8	15

Fuente: [60]

Proceso de producción de los biocombustibles

El proceso de producción de un combustible dependerá de la naturaleza de la biomasa y el tipo de combustible que se desee obtener, se pueden utilizar diferentes métodos como

(Tabla 17):

- Mecánico que involucra el astillado, trituración y la compactación.
- Biotecnológicos que involucra la fermentación, digestión microbiana
- Termoquímica que involucra la combustión, pirólisis y gasificación.

Tabla 17. Métodos de obtención de biocombustibles.

Procesos de obtención de biocombustibles						
	Mecánicos	Termoquímicos		Biotecnológicos		Extractivos
Técnicas	Astillado Trituración Compactación	Pirolisis	Gasificación	Fermentación	Digestión anaerobia	Extracción físico-química
Productos	Leñas Astillas Briquetas Aserrín	Carbón Aceites	Gas de gasógeno	Etanol Varios	Biogás	Aceites Ésteres Hidrocarburos
Aplicaciones	Calefacción Electricidad	Calefacción Electricidad Transporte Industria química	Calefacción Electricidad Transporte Industria química	Transporte Industria química	Calefacción Electricidad	Transporte Industria química

[31]

Producción de biodiesel

El biodiesel se basa en la reacción de transesterificación de los glicéridos, utilizando catalizadores. La reacción ocurre cuando una molécula de triglicérido reacciona con tres moléculas de metanol o etanol para dar tres moléculas de monoésteres y una de glicerol.

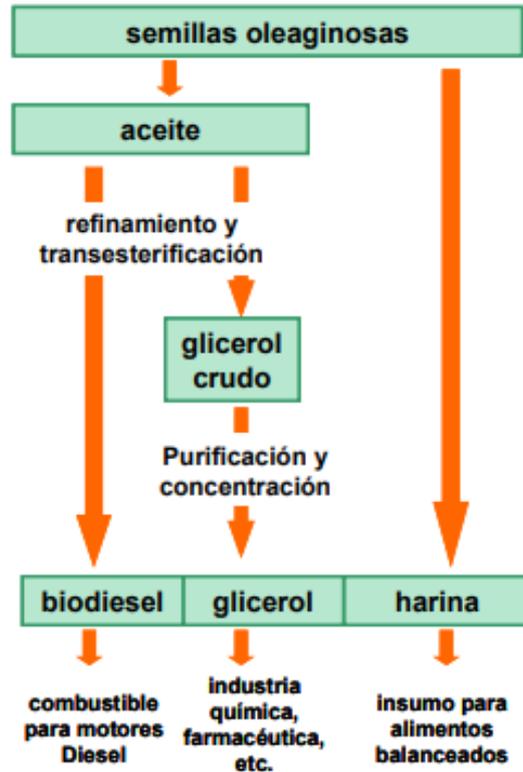


Ilustración 6 Obtención de Biodiesel [61]

Fabricación del biodiesel

El uso de catalizadores homogéneos en la reacción como el NaOH y KOH, que, al final del proceso, se encuentran formando parte de la mezcla de reacción. Para obtener un producto final que cumpla con la normativa, la mezcla es neutralizada y lavada con abundante agua para eliminar todas las sales y la glicerina. Hay dos factores importantes que influyen en el proceso de producción del biodiesel: el tipo de catalizador y el tipo de proceso (discontinuo, semicontinuo, y continuo). El tipo de catalizador ya es mencionado, en esta parte se hablará del tipo de proceso, los cuales son proceso discontinuo, el semicontinuo y el continuo. Para pequeñas producciones el proceso discontinuo, es decir, por lotes porque es el más indicado y más flexible para el procesamiento de materia prima multi-oleaginosa.

Por otro lado, para grandes producciones, mayor a 50.000 tm/año, se suele utilizar el proceso continuo porque es más económico, aunque trae consigo mayores dificultades técnicas de operación y puesta en marcha. Otro factor a tener en cuenta en este proceso es la disponibilidad y calidad de la materia prima, por lo que la operación continua es más conveniente para alimentaciones de materia prima con una determinada calidad asegurada.

Diversas tendencias. Aceites y biodiésel

La tipología de los aceites es muy diversa, y depende también del cultivo de procedencia; así, en el caso del olivo, en función de su calidad (sobre todo, alimenticia), debemos tener en cuenta los siguientes tipos:

1. Aceite de oliva virgen: obtenido por procedimientos mecánicos o físicos, en condiciones térmicas que no alteren el aceite, y sin haber sufrido tratamientos distintos al lavado, decantación, centrifugado y filtración. Hay tres tipos:

A) Aceite de oliva virgen extra, con acidez máxima de 1°.

B) Aceite de oliva virgen fino, de acidez inferior a 2 g por 100 g, expresado en ácido oleico (2°).

C) Aceite de oliva virgen lampante, hasta 3,3 g por 100 g, lo que le confiere un gusto defectuoso. 2. Aceite de oliva refinado. 3. Aceite de oliva puro: constituido por una mezcla de aceite de oliva virgen apto para el consumo y de aceite refinado.

4. Aceite de oliva crudo: obtenido mediante tratamiento con disolventes del orujo de oliva, con exclusión de los obtenidos por re esterificación y otras mezclas de aceites.

5. Aceite de orujo refinado: el anterior, con una acidez menor de 0, 5°.

6. Aceite de orujo de oliva: mezcla del anterior con aceite de oliva virgen distinto del lampante, y acidez menor de 1, 5°.

Actualmente, la producción de aceite se realiza en explotaciones particulares, en cooperativas y a escala industrial; pero el principal cultivo para estas necesidades energéticas parece ser la colza (rape), aunque no debemos despreciar el girasol, sobre todo en España, donde se trata de un cultivo muy arraigado.

Problemas derivados del uso de aceites vegetales

Los principales problemas derivados de la utilización de aceites vegetales pueden presentarse sucintamente:

- Alta densidad de los aceites frente al gasóleo.
- Alto coste en comparación con los combustibles líquidos fósiles.
- Una viscosidad excesiva que dificulta la fluidez del combustible.
- Consumo específico mayor en los motores. La viscosidad, como decimos, es el problema limitante; implica la necesidad de aumentar la fluidez del aceite. Frente a esto, se plantean dos alternativas:
 1. Conseguirlo por un calentamiento del aceite previo, con un posible funcionamiento en régimen dual del motor (empezar con gasoil y seguir con aceite), o bien con motores que no trabajen con empleo de inyección directa.
 2. Modificar las propiedades químicas a través de una reacción de transesterificación que dé lugar a un metilester de mayor semejanza al gasóleo en cuanto a sus características.

Esterificación

Es el método más sencillo para acercar las características de los aceites a las del gasoil, y el resultado es lo bastante bueno como para que se pueda hacer la sustitución sin que el sistema sufra menoscabo alguno.

Previamente, se exige la extracción y refinado del aceite de semilla. O bien la limpieza y el refinado del aceite usado. Se mezcla con un exceso de metanol (la relación estequiométrica es de tres moles de alcohol por mol de aceite) en presencia de un catalizador de la reacción (que suele ser KOH, pero que puede ser otro alcalino o ácido).

Si consideramos una producción de semilla de colza de 3 t/ha con un porcentaje del 40% de aceite (que podría llegar al 45 o al 50%), obtendremos una producción neta de 1.200 kg/año.ha de combustible (1.300 litros). Además, proporcionaría una cantidad de 1.800 kg de torta útil para alimentación animal, así como 3 toneladas de paja.

Normativas Europeas

Aquellos países más introducidos en los biocombustibles tienen su propia reglamentación sobre las cantidades totales y permitidas que deben tener sus biocombustibles, el estudio realizado en Europa ha mostrado que tanto Austria como Francia han puesto grandes esfuerzos en la producción de los combustibles ecológicos, por otra parte España tiene problemas con las especificaciones de los biocombustibles a base de girasol, ya que estos no cumplen con el parámetro del Iodo; se están tomando dos soluciones para este problema, por un lado se quiere realizar ingeniería genética para reducir las proporciones naturales de Iodo en el girasol y, aumentar los límites permitidos de Iodo para la inclusión de esta materia prima, ya que no hay evidencia que el rendimiento del motor disminuya mientras más presencia de Iodo haya.

Ventajas e inconvenientes adicionales

Las ventajas que tienen los biocombustibles son que estos se degradan en menos de 21 días y en gran proporción, la emisión de aldehídos disminuye en 70%, se disminuye a 40% la emisión de compuestos aromáticos, el ciclo del CO₂ se interrumpe, el hollín es casi imperceptible, no es tóxico y de manejo seguro en ciertas condiciones.

Sin embargo, se tienen ciertos inconvenientes como la pérdida de 5% de potencia, deja residuos en inyectores, cámara, pistón y válvulas, diluye el aceite de motor, aumenta los ciclos de cambios de filtros de combustible, disuelve el asfalto, presenta problemas para el arranque en invierno.

La mayoría de los fabricantes han permitido el uso de biocombustibles líquidos desde el año de 1991.

El balance energético es positivo con un cociente de 2.5 y 3.5.

Por cada kg de combustible fósil sustituido consumimos 0.9 a 0.79 kg menos de aceite mineral.

El biodiesel en el mercado europeo es de suma importancia para eliminar la dependencia energética.

Hay que introducir modificaciones en los motores los que incide en un incremento en los costes, el cual no todos los sectores están dispuestos a asumir.

Es un asunto que se lleva estudiando poco tiempo comparado con los motores y combustibles convencionales y según las proyecciones mejorara conforme transcurra el tiempo.

En cuanto a la cuestión económica lo que has no es rentable hoy en día pero hay que considerar que a futuro el petróleo aumentara de precio al ir agotándose, el aceite puede disminuir el precio porque mejorara el proceso de obtención y el gobierno deberá mejorar las condiciones aumentando las exenciones fiscales.

Técnicas para la obtención de biodiesel a partir de microalgas

La producción de biodiésel a partir de microalgas se divide en tres etapas:

1. Cultivo de la cepa para la producción de biomasa.
2. Cosecha de la biomasa y disrupción celular.
3. Reacción de esterificación para la conversión en biodiésel.

Selección de microalgas

Hay bastante más de 30.000 especies referentes de algas, a partir de las microscópicas flotando en los estanques, hasta las monumentales que tienen la posibilidad de llegar a conseguir cien metros que habitan las mejores. Las microalgas son la manera más primigenia de las plantas. Si bien el mecanismo de la fotosíntesis en las microalgas es parecido a la de las plantas, gracias a su composición celular simple, son principalmente más eficientes para transformar la energía solar en lípidos, el elemento base que van a ser luego transformado en biocombustibles. [62]

Con el fin de minimizar el efecto medioambiental de los biocombustibles elaborados desde plantas de tierra, los estudios se han centrado dichos años en muestras de análisis de plantas acuáticas como las algas que no compiten con las tierras agrícolas y la producción de alimentos. La parte más llamativa de la producción de biocombustibles de microalgas es el juego de números. Los elaboradores de biodiesel aseguran que son capaces de generar bastante más de 56.000 litros de aceite de algas por hectárea y año.

Puesto que las microalgas son capaces de generar 30 veces la proporción de lípidos por unidad de área de la tierra, comparativamente con los cultivos de semillas oleaginosas de tierra. Y esto se debe a que bastante más de la mitad de la estructura de las microalgas en peso está formado por lípidos. [63]

Métodos de cultivo

Los métodos de cultivo tienen en cuenta los siguientes parámetros del proceso: el tipo de sistema de cultivo (abierto o cerrado), las necesidades nutricionales, las necesidades de luz y la resistencia de la especie al estrés. Del mismo modo, las características del reactor en cuanto a superficie iluminada, transparencia y durabilidad del material, volumen - capacidad de escalado- y orientación e inclinación determinarán la tasa de crecimiento de las microalgas. Además, dependen del sistema de mezcla, la dispersión de gases, los sistemas de limpieza y la regulación de la temperatura.

Sistema Abierto

Su eficacia se basa en elementos como su larga vida útil y su bajo coste de mantenimiento para el cultivo de microalgas. Sin embargo, estos sistemas presentan inconvenientes como la escasa accesibilidad de las células a la luz, la necesidad de grandes extensiones de terreno para los cultivos y la exposición a condiciones ambientales que podrían provocar la alteración de factores cruciales como, por ejemplo, el pH del agua.

Existen varios tipos de sistemas de cultivo en campo abierto en los que se añaden agua y nutrientes a las microalgas de forma que se canalizan y recuperan las aguas residuales procedentes de fuentes industriales, fuentes de agua cercanas o instalaciones de tratamiento de aguas. El más popular es el de pista-estancamiento. En él, las microalgas, el agua y los nutrientes circulan por todo el estanque gracias a una hilera de paletas con el fin de mantener la flotación de las microalgas y facilitar el aprovechamiento del CO₂ atmosférico. El estanque está construido a poca profundidad para maximizar la exposición de la luz de las microalgas durante el proceso de fotosíntesis. [64]

Sistema Cerrado

Este tipo de cultivo se realiza mediante reactores tubulares cerrados y resulta especialmente atractivo por la robustez del sistema y el menor riesgo de contaminación.

En comparación con el sistema abierto, el sistema cerrado es más eficaz en cuanto a la fijación de CO₂ que requieren las microalgas, ya que permite obtener condiciones controladas durante el cultivo, evita el intercambio de gases y contaminantes y permite conservarlas y protegerlas de los factores ambientales nocivos, lo que se traduce en mayores densidades de población y una productividad más rápida.

En cuanto a las aplicaciones industriales, se prefieren los sistemas cerrados a los abiertos debido a la posibilidad de obtener productos de alto valor añadido, la facilidad de controlar las condiciones necesarias para la supervivencia y el crecimiento del cultivo y, en consecuencia, el aumento de la producción de biomasa a partir de las microalgas.

Sistema de cosecha

Existe una amplia gama de métodos para la recogida de microalgas. Estos varían en función de la especie utilizada, la concentración de biomasa y el valor añadido del producto. Algunos de estos métodos incluyen la centrifugación, la flotación, el ultrasonido y el electro floculación.

Centrifugación

La centrifugación es un método de recolección que utiliza la fuerza centrífuga para separar mecánicamente las microalgas acuáticas en función de las diferencias de densidad.

Este método es uno de los más eficientes en comparación con otros métodos de recolección ya que es más rápido y se aplica a todas las cepas de microalgas. En términos económicos, consume menos tiempo y puede recuperar casi toda la biomasa libre de floculantes o productos químicos. Sin embargo, a escala comercial, es poco práctico

debido al aumento del coste del capital de inversión combinado con el coste del consumo de energía de funcionamiento.

Flotación

En algunos casos, este método evita el uso de productos químicos adicionales y se considera un método de cosecha de bajo coste. La floculación se basa en varios mecanismos, como la neutralización de la carga, la descarga electrostática o los mecanismos de barrido, dependiendo de la sustancia floculante utilizada. En cuanto a la generación, la adición de floculantes promueve la aglomeración de las células microalgas que producen los flóculos, aumentando gradualmente su tamaño hasta su sedimentación. Existe una gran variedad de factores que pueden afectar el proceso de floculación, entre los que se encuentran los tipos de floculantes, el pH, la presencia de materia orgánica algal, la carga superficial, la biomasa inicial, la especie de microalga, etc. [64]

Extracción de lípidos

La extracción de lípidos de las microalgas se produce después de la extracción y purificación de la biomasa. La exposición de la biomasa a la luz solar es el método más rentable en términos de energía, pero requiere una gran cantidad de espacio y tiempo. Las microalgas incluyen muchos tipos de lípidos que pueden utilizarse en la producción de biocombustibles. En la extracción de lípidos se utilizan métodos como la física, la química y los fluidos supercríticos. El método más utilizado en la producción de biocombustibles es la extracción con disolventes.

Reacción de transesterificación

En este proceso se da la transferencia de un grupo acilo, que puede suceder entre un éster y un ácido (acidólisis), un éster y otro éster (Inter esterificación) o entre un éster y un alcohol (alcohólisis)

La reacción química que se produce durante la producción de biodiésel se conoce como transesterificación. En esta reacción, los triglicéridos contenidos en la fuente de lípidos reaccionan con un alcohol de bajo peso molecular para producir ésteres metílicos o etílicos. Esta reacción se produce en presencia de un catalizador alcalino, cuya concentración es extremadamente baja y no tiene ningún efecto sobre la eficacia de la esterificación. Este proceso implica un intercambio de grupos ésteres: glicerol por tres moléculas de un nuevo alcohol de bajo peso molecular, como se muestra en la Ilustración 7. Tras la reacción de transesterificación, el biodiésel y la glicerina se separan por decantación. [65], [66]

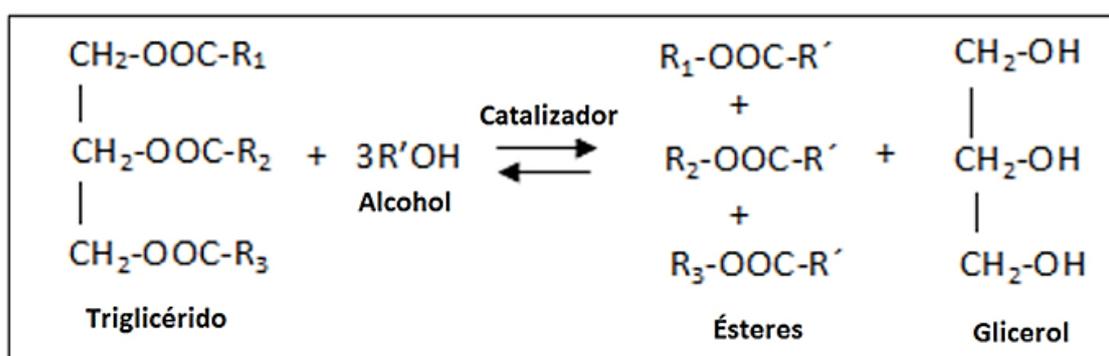


Ilustración 7. Reacción con catalizador. Nota: Reacción de transesterificación para la producción de biodiésel[66]

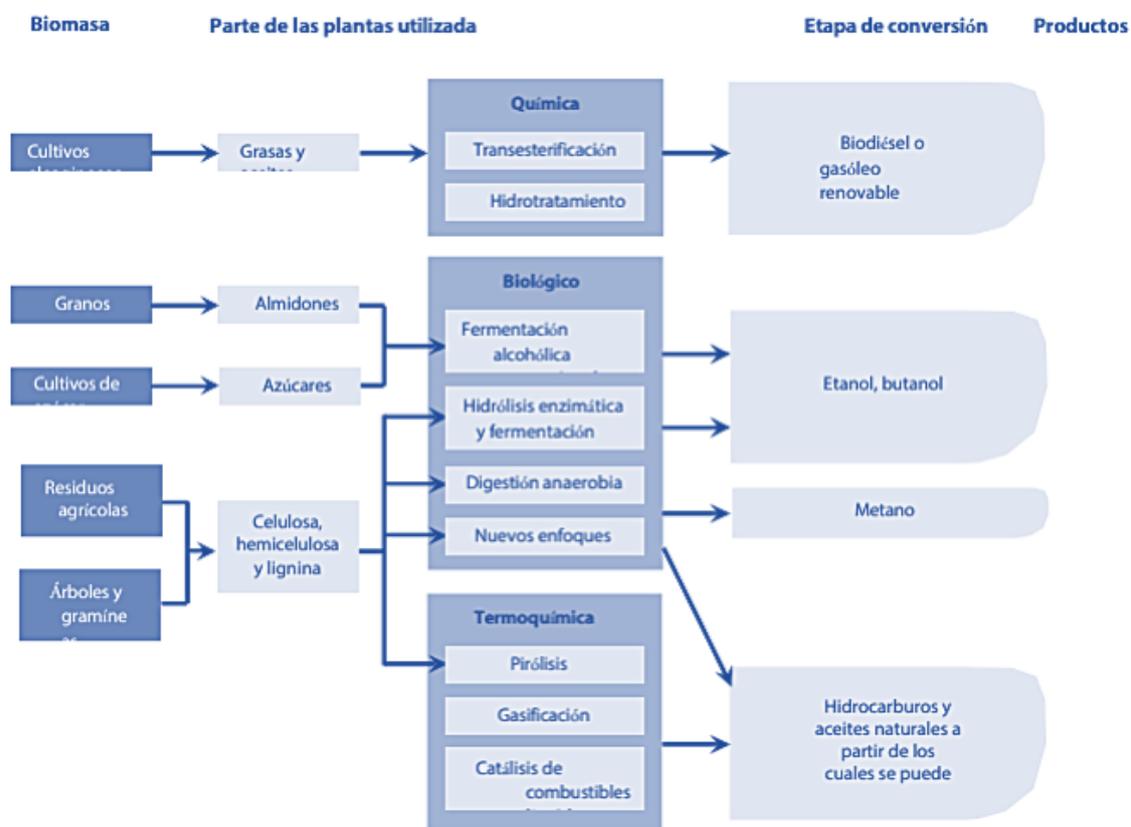


Ilustración 8. Panorama de las vías de los biocarburantes. Imagen tomada de [67].

Métodos de extracción de biodiésel

Transesterificación en un solo paso

Para la síntesis de biodiesel se utilizaron los consecutivos materiales: muestra de aceite (FFM Sdn Bhd), metanol (Merck 99%) e hidróxido de potasio (KOH) como catalizador (HMGM Chemicals >98%). Se premezclaron metanol e hidróxido de potasio para preparar metóxido de potasio y rápidamente se añadieron al aceite en el reactor con una velocidad de mezclado de 400 rpm durante 2 h a 50 °C. La relación molar de aceite a metanol fue de 1:10. Finalmente, la mezcla se dejó sedimentar durante la noche formando dos capas, a saber: la fase de biodiesel (capa superior) y la fase rica en glicerina. [68]

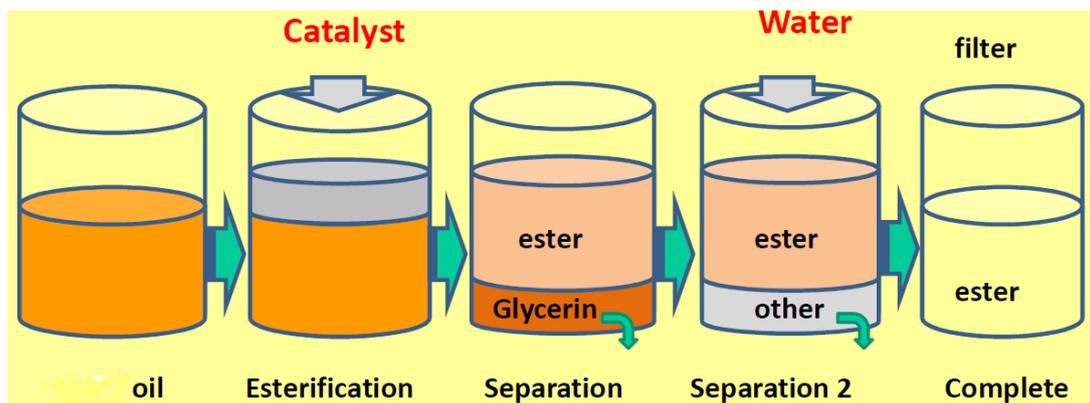


Ilustración 9. Especificaciones de biodiésel según las normas EN 14214 y ASTM D6751. Imagen tomada de [69]

Producción de bioetanol

Para obtener el bioetanol se utilizan soluciones tecnológicas industriales que pueden clasificarse de la siguiente forma en:

El proceso de extracción del biodiesel (pasos)

Transterificación de segundo paso

La metodología de producción seguida en este estudio fue según Tomosevic y Siler-Marinkovic [2003] con algunas modificaciones, donde se aplicó la transesterificación catalizada por álcali. Básicamente, el metanol fue el alcohol de elección y se usó KOH como catalizador. La solución de metóxido de potasio (PMS) se preparó recientemente mezclando una cantidad predeterminada de metanol ($\approx 12\%$ en peso de aceite) con KOH ($\approx 1,0\%$ en peso de aceite) en un recipiente hasta que todo el catalizador se disolvió. Luego se agregó el PMS a 200 g de aceite y se agitó vigorosamente durante 30 min a 30 oC. Luego, la mezcla se transfirió con cuidado a un embudo de decantación y se dejó reposar durante 4 h. la capa inferior (glicerol, metanol y la mayoría de los catalizadores) se drenó.

La capa superior (ésteres metílicos ME, algo de metanol y trazas del catalizador) se transfirió a otro matraz que contenía PMS recién preparado mezclado a 60 rpm bajo reflujo a 60 °C durante 30 min. después; la mezcla se transfirió con cuidado a un embudo de decantación y se dejó reposar allí durante la noche.

El glicerol se eliminó por decantación por gravedad, mientras que la capa de ésteres crudos obtenida se transfirió a baño de agua para eliminar el exceso de metanol a 65 °C y 20 kPa. Los ésteres metílicos brutos obtenidos se limpiaron a fondo mediante lavado con agua tibia (50 °C) agua desionizada, secada sobre Na₂SO₄ anhidro, pesada y aplicada para análisis posteriores (Buckner et al., 2016c)

Análisis cualitativo de glicerol

La prueba Borax/phth es una prueba especial para la detección del compuesto que contiene dos grupos hidroxilo vecinos como en el compuesto orgánico de glicerol de la siguiente manera: Mezclar la capa de 1 ml de glicerol con 1 ml de Borax/phth (color rojo) si el color rojo desaparece en frío y aparece después de calentar (directamente) este control positivo [69]

Análisis de espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR)

El análisis FTIR se realizó utilizando un instrumento, Perkin Elmer, modelo de espectro uno, para la detección de la eficiencia de transesterificación del aceite mediante la determinación de los grupos activos producidos a partir de estos procesos.

Los resultados obtenidos por Shalaby y Nour (2012) encontraron que la transesterificación del aceite en dos pasos condujo a la desaparición del 100 % del grupo hidroxilo, pero esto fue menos del 100 % en el caso de la transesterificación en un paso.

Extracción de bioetanol

El bioetanol es uno de los combustibles renovables más significativos debido a los beneficios económicos y ambientales de su uso

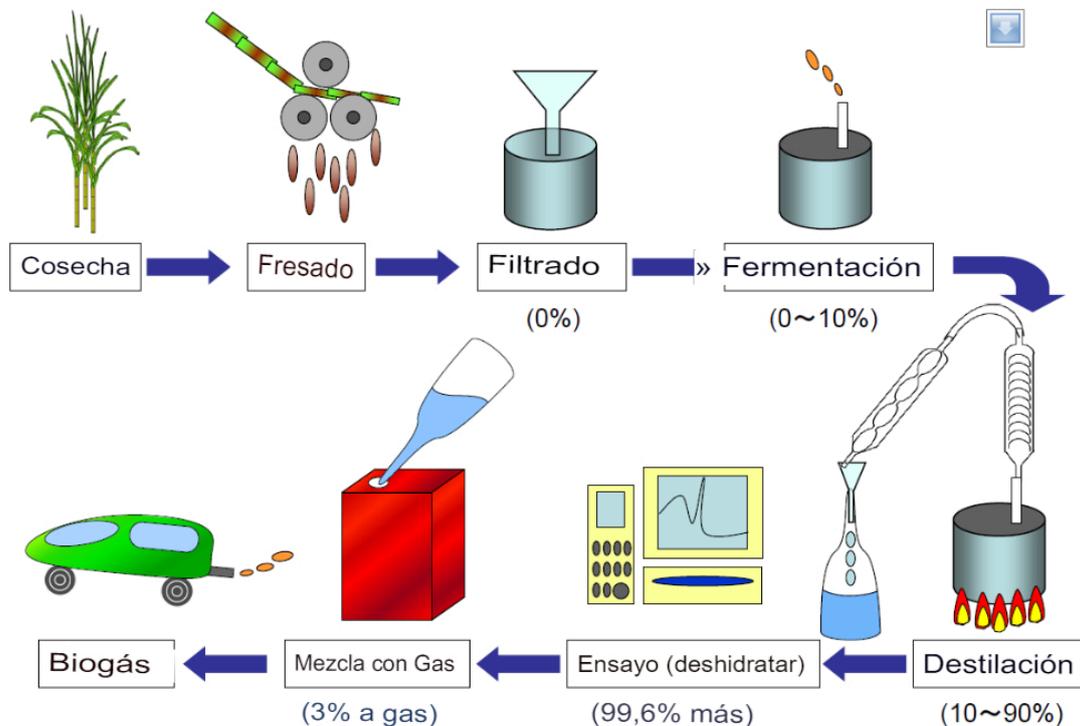


Ilustración 10. El uso de bioetanol como combustible de motor facultativo ha ido en firme aumento en todo el mundo por varias razones.

- 1) Los recursos de combustibles fósiles están reduciendo, pero la biomasa ha sido reconocida como una de las principales razones por las que la fuente mundial de energía renovable.
- 2) Las emisiones de gases de efecto invernadero es uno de los retos más importantes de este siglo debido al consumo de combustibles fósiles, los biocombustibles pueden ser una buena solución para este problema.
- 3) El precio del petróleo en el mercado mundial tiene una tendencia alcista.
- 4) Las reservas de petróleo son limitadas y es monopolio de algunos países importadores de petróleo y el resto del mundo depende de ellos.

5) También se estima que las reservas conocidas de petróleo se agotarán en menos de 50 años al ritmo actual de consumo.

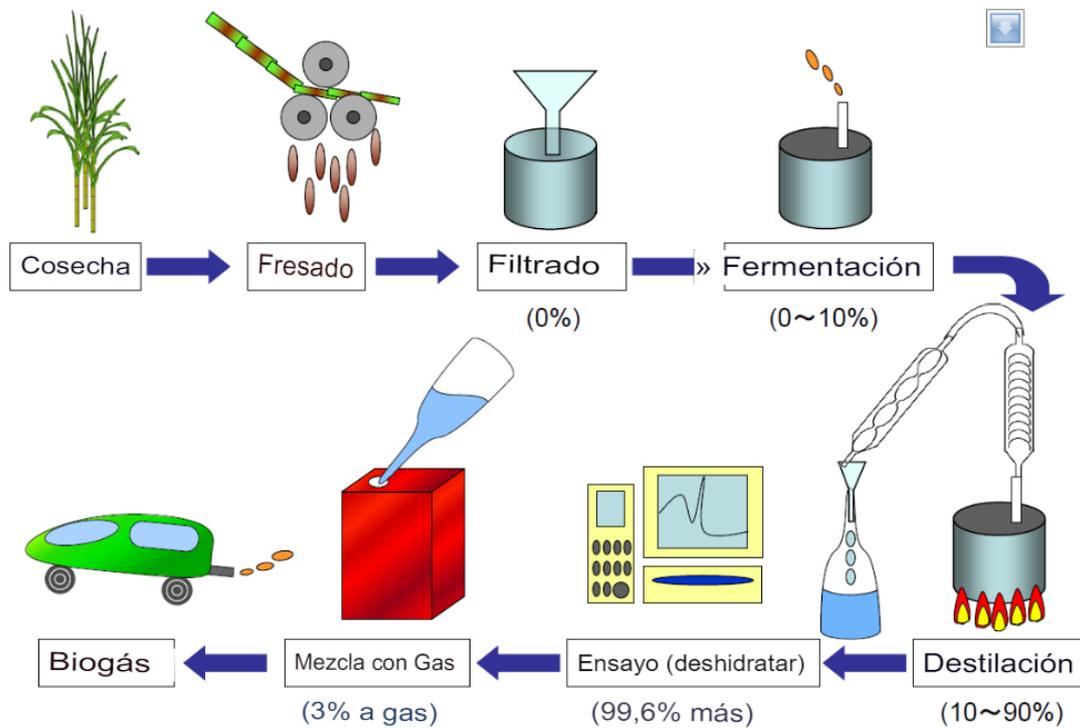


Ilustración 10. Producción de etanol absoluto a partir de sacarosa, almidón y materiales celulósicos. Imagen tomada de [63]

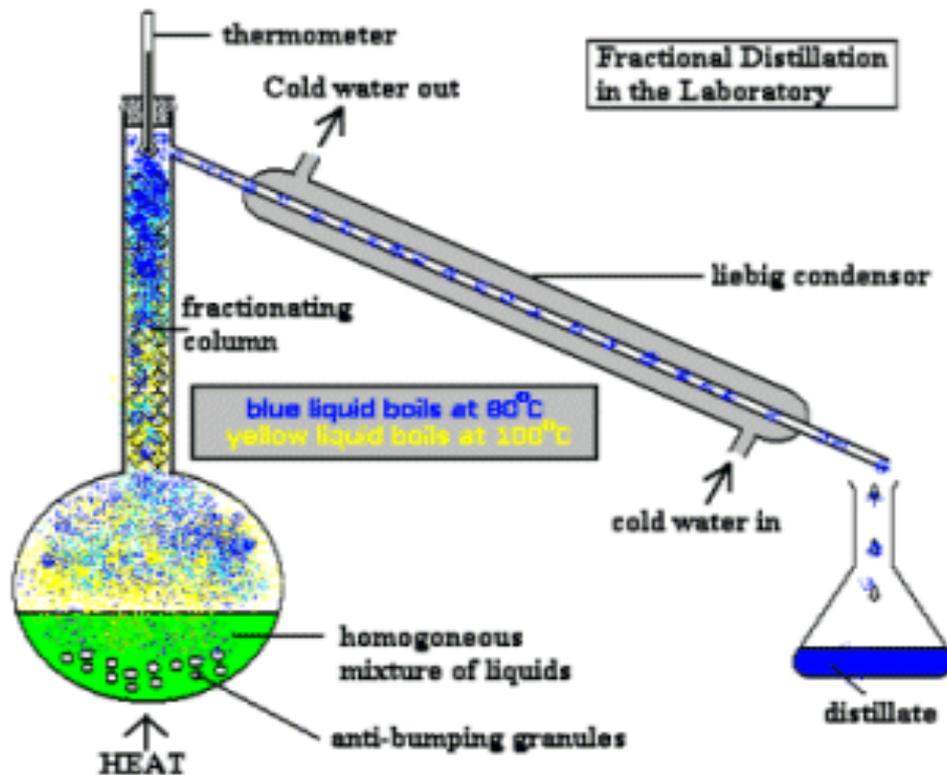


Ilustración 11. Los principales pasos de la producción de bioetanol a partir de materiales almidonados y celulósicos. Imagen tomada de (H. et al., 2011). El proceso de destilación para la producción de etanol.

Maíz bioenergético

Grano de maíz como materia prima de etanol

Entre los cultivos bioenergéticos utilizados para la producción de etanol combustible, la caña de azúcar es la principal materia prima utilizada en países tropicales como Brasil e India. En América del Norte y Europa, el etanol combustible se obtiene principalmente de materiales ricos en almidón, especialmente maíz. Por otro lado, durante los últimos años se ha llevado a cabo una intensa investigación sobre la utilización de biomasa lignocelulósica como materia prima. Diferentes países como Estados Unidos y Suecia han definido políticas estratégicas para el desarrollo de esta tecnología con el fin de producir grandes cantidades de biocombustibles renovables y disminuir su dependencia de los combustibles fósiles importados (Quintero et al., 2008).

Este trabajo apunta a la comparación integral de dos procesos para la producción de etanol combustible, cada uno de los cuales tiene su propia configuración tecnológica y utiliza

una materia prima diferente. Las dos materias primas seleccionadas (caña de azúcar y maíz) representan las materias primas más importantes para la producción de etanol en Colombia, un país tropical con vastos recursos de biomasa. Con el fin de brindar datos de evaluación para la toma de decisiones sobre la implementación a escala comercial del proceso en las condiciones colombianas, el objetivo de este trabajo es determinar cuál de los dos procesos analizados tiene el mejor desempeño desde el punto de vista económico y ambiental (Quintero et al., 2008).

Descripción del proceso

La producción de etanol combustible se puede describir como un proceso de cinco etapas: tratamiento previo de la materia prima, hidrólisis, fermentación, separación y deshidratación, y tratamiento de aguas residuales. La producción de bioetanol a partir de almidón incluye la descomposición de este polisacárido para obtener una concentración adecuada de azúcares fermentables, que son transformados en etanol por las levaduras. El diagrama de flujo simplificado para la producción de etanol a partir de maíz se muestra en la Ilustración 12. Después de lavar, triturar y moler los granos de maíz (Quintero et al., 2008).

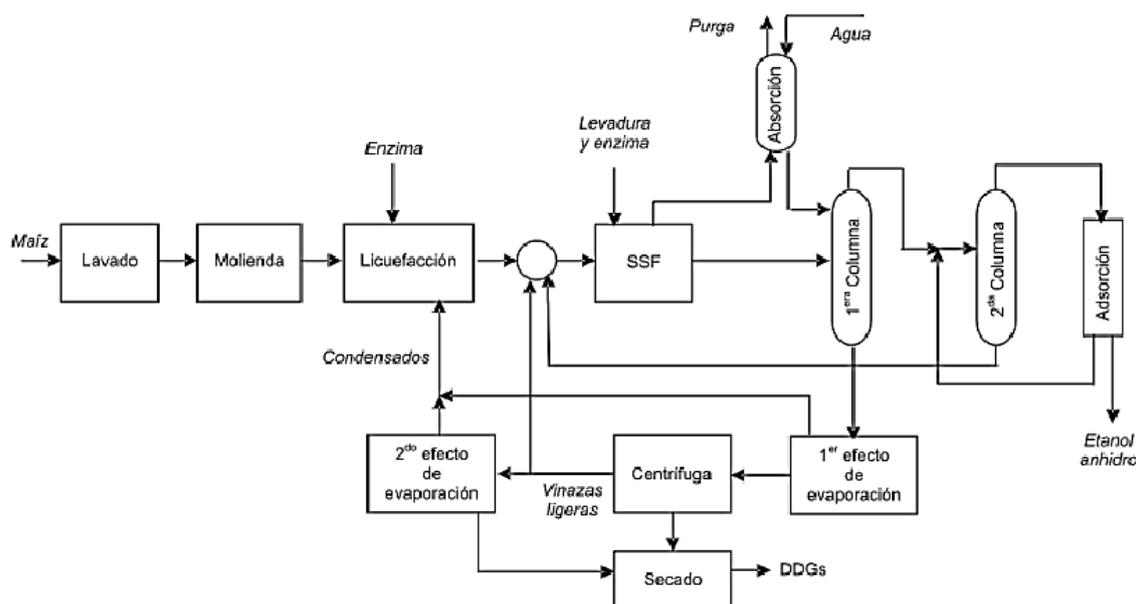


Ilustración 12. Esquema del proceso de obtención de etanol a partir de maíz.

Nota: procesos de obtención de etanol a partir de maíz y caña de azúcar. [70]

Rendimientos potenciales

El rendimiento promedio de maíz a nivel nacional fue de 167,5 bushels por acre en 2015.

El rendimiento de maíz ha aumentado aproximadamente 2 bushels por acre por año desde 1940 (NASS 2009). Es probable que este aumento continúe en el futuro y algunas personas predicen que la tendencia del rendimiento aumentará a un ritmo mayor debido a la biotecnología y los avances en el mejoramiento. El rendimiento de etanol por acre sería de 462 galones por acre a partir de 165 fanegas de maíz. Un acre de caña de azúcar puede producir un rendimiento aproximado de 35 toneladas o alrededor de 560 galones de etanol.[71]

Desafíos de producción

La producción de maíz está bendecida con casi 100 años de desarrollo e investigación de infraestructura. Los productores tienen gran conocimiento y experiencia en el cultivo del maíz. Esta infraestructura y el conocimiento de los productores hacen del maíz un cultivo natural para usos ampliados como el etanol. Sin embargo, los altos costos de producción y los altos insumos hacen del maíz un cultivo muy intensivo. Otros cultivos bioenergéticos pueden ser menos intensivos y requerir menos insumos. Es necesario comparar los costos versus las ganancias por acre, ya que la economía es un factor importante en la decisión de qué cultivo es el mejor. Cultivar otro cultivo en un acre donde se podría cultivar maíz tiene un riesgo conocido como costos de oportunidad. Los riesgos pueden incluir; un nuevo sistema de cultivo, sin infraestructura de cosecha, transporte o almacenamiento y tampoco un mercado de productos básicos al que recurrir si falla el mercado de biocombustibles.

Costos de producción estimados

Los costos de producción varían ampliamente según la labranza, el riego, el objetivo de rendimiento (fertilidad del suelo), el programa de fumigación o la selección de semillas y la rotación. Un ejemplo de presupuesto de maíz con secano, siembra directa, semilla biotecnológica, rotación de maíz y soya y una meta de rendimiento de 125 bushels incluiría: aspersión, planta, aspersión, aspersión, aspersión, cosecha, carro, camión y grano seco como operaciones para un total costo de \$211 por acre si se incluyen los gastos generales (seguro de cosecha, tierra, impuestos, etc.), el total es de \$483 por acre. Los costos de producción aumentan a más de \$900 en campos irrigados con maíz continuo. [71]

Crear energía y combustible a partir de biomasa

La energía de biomasa incluye biogás, biocombustibles líquidos (biodiesel, etanol, metanol, butanol) y biocombustibles sólidos (generalmente madera, pero podría ser cualquier sólido quemado para generar energía a partir del calor). Los biocombustibles sólidos se pueden quemar directamente para generar energía, pero tanto el biogás como los biocombustibles líquidos deben pasar por un proceso de conversión para convertirse en combustible utilizable. [70]

Hay varios procesos que convierten la biomasa en combustibles que dan energía a los hogares, crean combustible para vehículos y satisfacen otras necesidades energéticas como podemos ver en Ilustración 13 y así mismo esta los diferentes tipos de biocombustibles como nos muestra la Ilustración 14. La forma en que se procesa la biomasa depende del tipo de biomasa (p. ej., estiércol o cultivos de semillas oleaginosas) y cómo se utilizará (p. ej., para alimentar automóviles o generadores de energía). Los tres principales procesos por los que se puede obtener energía a partir de la biomasa son:

1. Consumo directo por quema de combustibles sólidos a generadores de energía.

2. Descomposición bacteriana, también llamada digestión anaerobia. En este proceso, las bacterias digieren los desechos húmedos sin exponerse al oxígeno para crear gas metano.
3. Conversión a combustibles líquidos o gaseosos.

Tanto el consumo directo como la descomposición bacteriana generan energía que se puede utilizar para generar calor para los generadores de energía. Para convertir la biomasa en combustibles líquidos o gaseosos, los biocombustibles deben convertirse de su forma original.

La forma más básica de hacer esto es a través de la fermentación de cultivos con alto contenido de azúcar (almidón) o grasa en etanol, que se puede mezclar directamente con gasolina para hacer funcionar los automóviles. Los cultivos de semillas oleaginosas como la canola o el girasol se utilizan para producir biocombustibles. Para un proceso más avanzado que requiere descomponer las paredes celulares de las plantas en su forma química más básica, los productores de energía utilizan un proceso de dos pasos: deconstrucción seguida de síntesis y mejora. El primer paso, la deconstrucción, descompone la biomasa en sus componentes más simples y puede ocurrir a temperaturas bajas o altas.

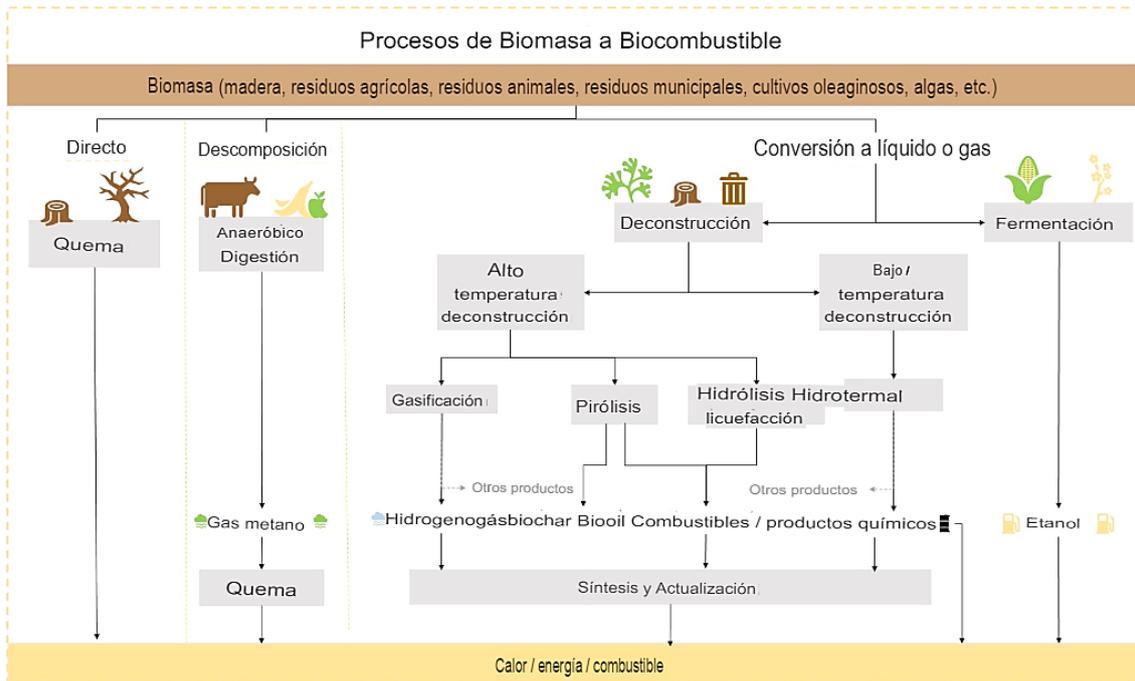


Ilustración 13. Proceso de Biomasa a Biocombustible.

Nota: Hay varios procesos que convierten la biomasa en combustibles, para satisfacer las necesidades energética.

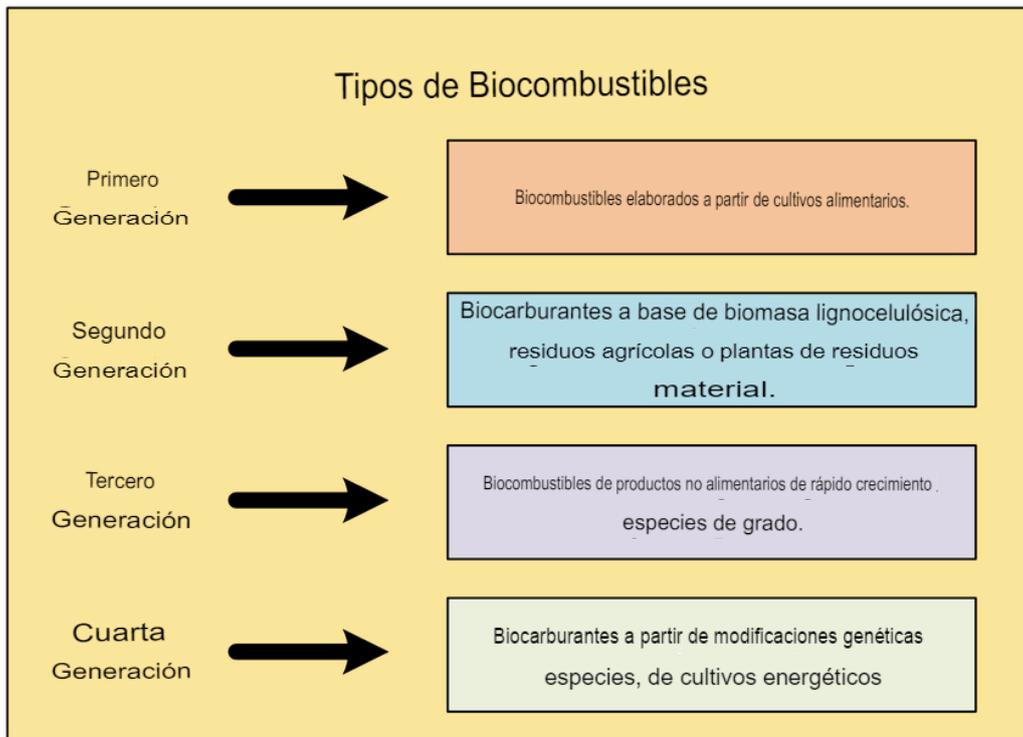


Ilustración 14. Tipos de Biocombustibles

Nota: Tipos de biocombustibles teniendo en cuenta el origen de las materias primas. [70]

Etanol celulósico

"Bioprospección" de degradadores naturales de biomasa

Imagina un árbol muerto que cae en el bosque o el montón de hojas compostadas de tu patio trasero. ¿La biomasa permanece intacta para siempre? No, porque los hongos y las bacterias dependen de esta biomasa para alimentarse y son capaces de romper las resistentes paredes celulares de las plantas para acceder a la energía almacenada. Para que esto sea posible, estos microbios deben producir enzimas capaces de descomponer la lignina, la hemicelulosa y la celulosa.[72]

La "bioprospección", o búsqueda de ejemplos naturales de degradadores microbianos de biomasa, es una forma de descubrir enzimas capaces de llevar a cabo las actividades que necesitamos para mejorar nuestros dilemas de procesamiento de biocombustibles.

La hormiga cortadora de hojas Ilustración 15, *Atta columbica*, es un ejemplo de insecto con una relación simbiótica de 50 millones de años con un hongo, *Leucoagaricus gongylophorus*. *L. gongylophorus* crece exclusivamente en colonias de *Atta*, viviendo de la materia foliar cortada de los árboles de los bosques, transportada hasta ellas por las hormigas. A cambio, el hongo exuda una mezcla de lípidos, proteínas y carbohidratos en una hinchazón en forma de bulbo llamada gongylidia.



Ilustración 15. Hormiga cortadora de hojas con hongo simbiótico
Nota: Hormiga degradar el material vegetal.[72]

Estructura de la materia prima de biomasa lignocelulósica

La lignocelulosa constituye el recurso renovable de biocombustible más grande del mundo. Son la principal fuente de materia prima subutilizada y su abundancia afecta negativamente el uso de la tierra. La materia prima de biomasa de las plantas es naturalmente recalcitrante debido a la compleja composición polimérica. La lignocelulosa, un polímero de carbohidrato complejo en base a materia seca, comprende aproximadamente 40–50 % de celulosa $[(C_6H_{10}O_5)_n]$, 20–40% de hemicelulosa $[(C_5H_8O_4)_m]$, 18–25% de lignina $[(C_9H_{10}O_3(OCH_3)_{0.9-1.7})_x]$ y otros componentes extraíbles. Las abundancias relativas de estas tres fracciones son factores significativos para considerar la probable producción de energía. Cada componente tiene una función

definida en la lignocelulosa. La celulosa proporciona resistencia y flexibilidad, mientras que la hemicelulosa actúa como enlace entre la lignina y las fibras de celulosa Ilustración 16. Además de mantener pegadas las fibras de celulosa y hemicelulosa, la lignina también brinda soporte estructural [73].

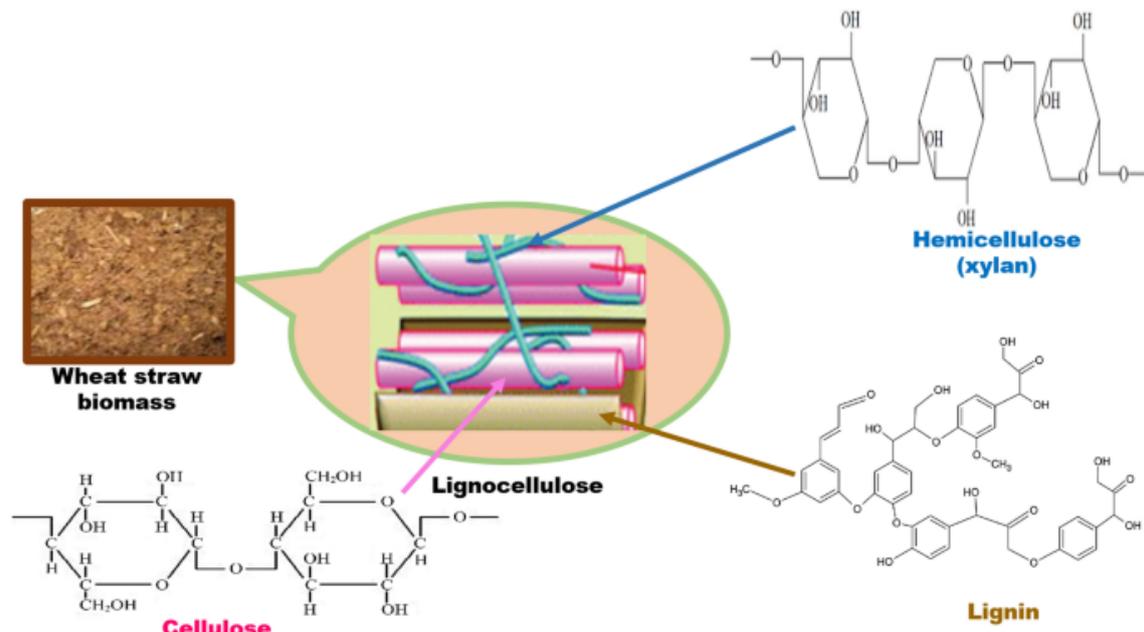


Ilustración 16. Estructura de biomasa lignocelulósica.
Nota: Estructura de biomasa lignocelulósica.[63]

Enzimas lignoceluloíticas involucradas en la hidrólisis de biomasa de polisacáridos

La biomasa lignocelulósica es el recurso natural renovable predominante y rentable empleado a nivel mundial para la producción de biocombustibles como resultado de su alto contenido de celulosa. No obstante, debido a la naturaleza recalcitrante de la lignocelulosa, se dificulta su despolimerización. Se requieren lignocelulasas tales como celulasas, hemicelulasas, pectinasas, así como lignasas y polisacáridos oxigenasas, para descomponer completamente la lignocelulosa. Estas enzimas hidrolíticas estimulan indirectamente la extensión de la pared celular vegetal al disminuir el tamaño y la viscosidad de los polímeros de la matriz, aumentando potencialmente la acción de los agentes de aflojamiento de la pared.

La pared celular de las plantas está compuesta por celulosa y hemicelulosa, que al hidrolizarse dan lugar a azúcares fermentables como glucosa, galactosa, etc. que sirven como fuente de carbono para la proliferación de microbios implicados en la producción de biocombustibles.

Según su estructura y función, las celulasas se pueden clasificar en tres tipos; (i) endoglucanasas, (ii) exoglucanasas, también conocidas como celobiohidrolasas, y (iii) β -glucosidasas, también llamadas celobiasas. Estas enzimas trabajan al unísono para hidrolizar la celulosa en la pared celular de las plantas. Las endoglucanasas actúan atacando aleatoriamente los sitios internos de la parte amorfa de la celulosa, allanando así el camino para la acción de la celobiohidrolasa en la región cristalina de la celulosa, hidrolizándola a celobiosa [73].

La acción sinérgica de la endoglucanasa y la celobiohidrolasa produce celobiosa, que luego es escindida por las β -glucosidasas en moléculas de glucosa. Luego, los microbios utilizan la energía almacenada en la glucosa convirtiéndola en combustible de hidrocarburo mediante la transformación de la energía solar en energía química. Las actividades de las diferentes celulasas se rigen por sus propiedades funcionales, que han sido ampliamente revisadas por [73]. La Tabla 18 describe las diversas propiedades funcionales de los tres grupos de celulasas [73].

Tabla 18. Propiedades funcionales y estructurales de las celulasas

Tipo de celulasa	Funciones	Propiedades estructurales
endoglucanasas	Rompe los enlaces internos de las moléculas de celulosa, produce celobiosa y posee una capacidad de disociación rápida	Poseen bucles cortos que se adhieren a lo largo de las cadenas de celulosa para producir oligómeros de cadena larga.
exoglucanasas o celobiohidrolasas,	Escindir el mismo enlace glucosídico de los extremos terminales de las moléculas de celulosa, produciendo celobiosa	Poseen bucles largos y se sienten atraídos por los sitios cristalinos a lo largo de las cadenas de microfibrillas de celulosa y producen principalmente celodextrina. Existe en dos formas según la parte de la cadena de oligosacáridos que es atacada. El extremo reductor y el extremo no reductor de la celobiohidrolasa
β -glucosidasas o celobiasas	Escinde la celobiosa en dos moléculas de glucosa	Tiene una estructura sólida con el sitio de funcionamiento dentro de un bolsillo que permite la entrada de disacáridos. Tiene 2 formas que catalizan la hidrólisis desde los extremos de la cadena reductora o los extremos de la cadena no reductora.

Nota: Descripción de las diversas propiedades funcionales de los tres grupos de celulasas

Fermentación de biomasa lignocelulósica para la producción de biocombustibles

La bioconversión de materia prima de biomasa lignocelulósica en biocombustible está cobrando una importancia significativa a nivel mundial. La bioconversión de lignocelulosa en biocombustibles implica cuatro procesos principales:

- 1) El proceso de pretratamiento, que puede ser físico, químico o ambos, que involucra la despolimerización parcial de la biomasa.
- 2) El proceso enzimático, que involucra la escisión de los polisacáridos en azúcares simples mediante las acciones de enzimas despolimerizantes de glicanos.
- 3) El proceso de fermentación que implica convertir los azúcares en bioetanol y
- 4) por último, el proceso de destilación que implica separar el bioetanol del agua y los sólidos residuales [73].

Aunque el pretratamiento biológico se considera el método de des lignificación más eficaz, factores como el tamaño de las partículas, el contenido de humedad, el tipo de biomasa y la naturaleza del microorganismo podrían dificultar el proceso de pretratamiento. Además, el pretratamiento biológico de la biomasa lignocelulósica es relativamente lento y puede tardar varios días antes de que se hidrolice por completo. El pretratamiento químico ofrece muchas posibilidades, ya que aumenta la porosidad de la biomasa y la separación de sólidos. Sin embargo, debido al efecto nocivo de los productos químicos utilizados para el pretratamiento en el medio ambiente cuando se eliminan y las dificultades que implica el reciclaje, el método de pretratamiento químico no se usa con frecuencia. El pretratamiento químico puede ser ácido o alcalino. Se presenta el diagrama de flujo para la producción de bioetanol Ilustración 17. [74]

Los microorganismos son actores importantes en la producción de biocombustibles. Sin embargo, el rendimiento del producto por cepas nativas no es económico, por lo que es necesario desarrollarlas y mejorarlas mediante el enfoque de la ingeniería metabólica y la ingeniería genética. Estudios recientes se han centrado en aplicar la ingeniería metabólica para modelar el desarrollo de cepas para optimizar la alta productividad y el valor energético a un costo de producción más económico. En un futuro cercano, existe una gran posibilidad de que surjan más rutas metabólicas únicas para la producción de biocombustibles a partir de la minería de bases de datos. Por lo tanto, la implementación de estas vías en hosts de fermentación industrial puede superar cualquier cuello de botella asociado con el uso de biomasa lignocelulósica como materia prima de fermentación renovable [73].

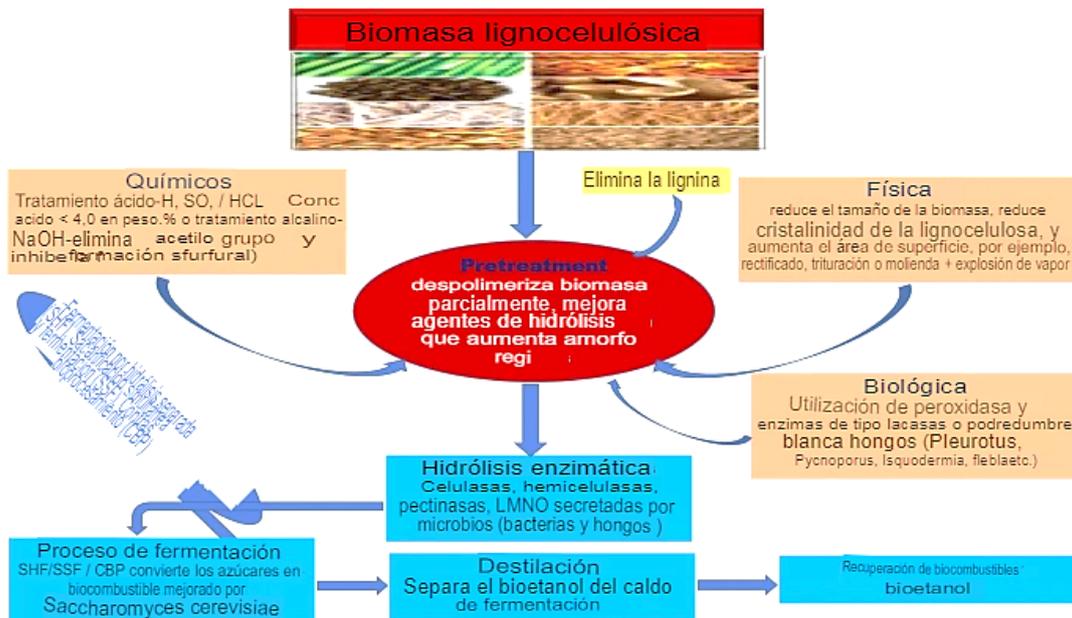


Ilustración 17. Diagrama de flujo de producción de bioetanol a partir de biomasa lignocelulósica. Nota: Tratamiento de la biomasa para la obtención de lignocelulósica. [63]

La bioprospección tiene importancia comercial ya que ofrece un margen para la generación de ingresos mediante la combinación de conocimientos tradicionales e información genética [75].

Los compuestos derivados de productos naturales han sido populares y juegan un papel vital en el descubrimiento de fármacos. La sustitución de fertilizantes químicos por biofertilizantes en la agricultura es de interés actual. Los biofertilizantes son las sustancias derivadas de microorganismos. Varios productos de belleza que contienen uno o más ingredientes derivados de productos naturales representan el mejor ejemplo de bioprospección. Muchas empresas preparan detergentes para ropa y lavavajillas utilizando productos naturales [75].

Biocombustibles de microbios

Los microorganismos son objeto de especial atención en varios campos científicos diferentes. Son abundantes en la mayoría de los entornos de la tierra y su uso está impulsando una pequeña pero significativa revolución tecnológica. Los microbios se utilizan para producir etanol para biocombustibles que se produce a partir de lignocelulosa, una mezcla de celulosa, hemicelulosa y lignina, que forman la pared celular de las plantas [76].

La enzima que descompone la celulosa es la celulasa. Los científicos han estado investigando las fuentes de esta enzima en varias especies microbianas en diversos entornos. Algunos de estos ambientes son inusuales, incluidos los estómagos de las termitas y el suelo que se encuentra cerca de los volcanes [76].

Sulfolobus solfatarticus es un archaeon que se encuentra en piscinas volcánicas cerca del Monte Vesubio. Los investigadores han estado experimentando recientemente con la modificación genética para mejorar la capacidad de este microbio para producir las enzimas necesarias [76].

El hongo *Trichoderma reesei* se encuentra en el suelo a nivel mundial. Se alimenta secretando cantidades significativas de celulasa. Originalmente descubierto durante la Segunda Guerra Mundial, este hongo fue responsable de la "podredumbre de la jungla" que descompuso la celulosa en las tiendas de campaña y los uniformes de los soldados estadounidenses. Una empresa canadiense modificó genéticamente el hongo para producir mayores cantidades de celulasa y convertir la paja en glucosa, que luego se puede convertir en etanol. Han conseguido convertir el 75% de la paja en glucosa [76].

Otra posible solución son las algas. Estos usan la fotosíntesis para convertir el dióxido de carbono en azúcar, que luego usan para producir lípidos. Usando biorreactores de laboratorio a pequeña escala, los científicos están usando los lípidos para crear

biodiesel y carbohidratos de algas para producir bioetanol. Si pueden escalarlo a niveles industriales, el uso de algas para producir biocombustibles puede convertirse en una gran parte de la combinación [76].

También está el problema de los residuos. Como el material vegetal utilizado no es comestible, por ejemplo, la paja, esto se reduce. Por lo tanto, un sistema microbiano para producir biocombustible es menos derrochador, más ético y barato. También proporciona una reducción significativa en el uso y la emisión de gases de efecto invernadero [76].

Un análisis PESTLE de la industria energética de biocombustibles

La industria de los biocombustibles aún se está desarrollando, ya que el consumo de todos los biocombustibles en la Unión Europea (UE) aumentó un 8 % entre 2016 y 2017. En la UE se crea la directiva de energías renovables (RED) como política de apoyo a la producción y desarrollo de estas energías renovables. Especialmente para el sector del transporte, el objetivo para todos los países de la UE es tener un 10 % de energías renovables en 2020 [77]

Los biocombustibles se consideran el producto clave para alcanzar este objetivo y se desarrollan criterios adicionales sobre su sostenibilidad. Varias fuentes bibliográficas destacan la importancia de comprender el papel de los biocombustibles en las posibles reducciones en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) del ciclo de vida que se pueden lograr con respecto a los combustibles fósiles para informar el desarrollo de políticas y las decisiones con respecto a los mejores tipos de combustible [77].

La evaluación de la sostenibilidad de la producción de biocombustibles a partir de biomasa y biorresiduos es un requisito previo importante para la toma de decisiones informada y acertada. Sin embargo, el análisis del ciclo de vida (ACV) sigue estando limitado por la dificultad de señalar los factores de impacto más relevantes. Se señalan

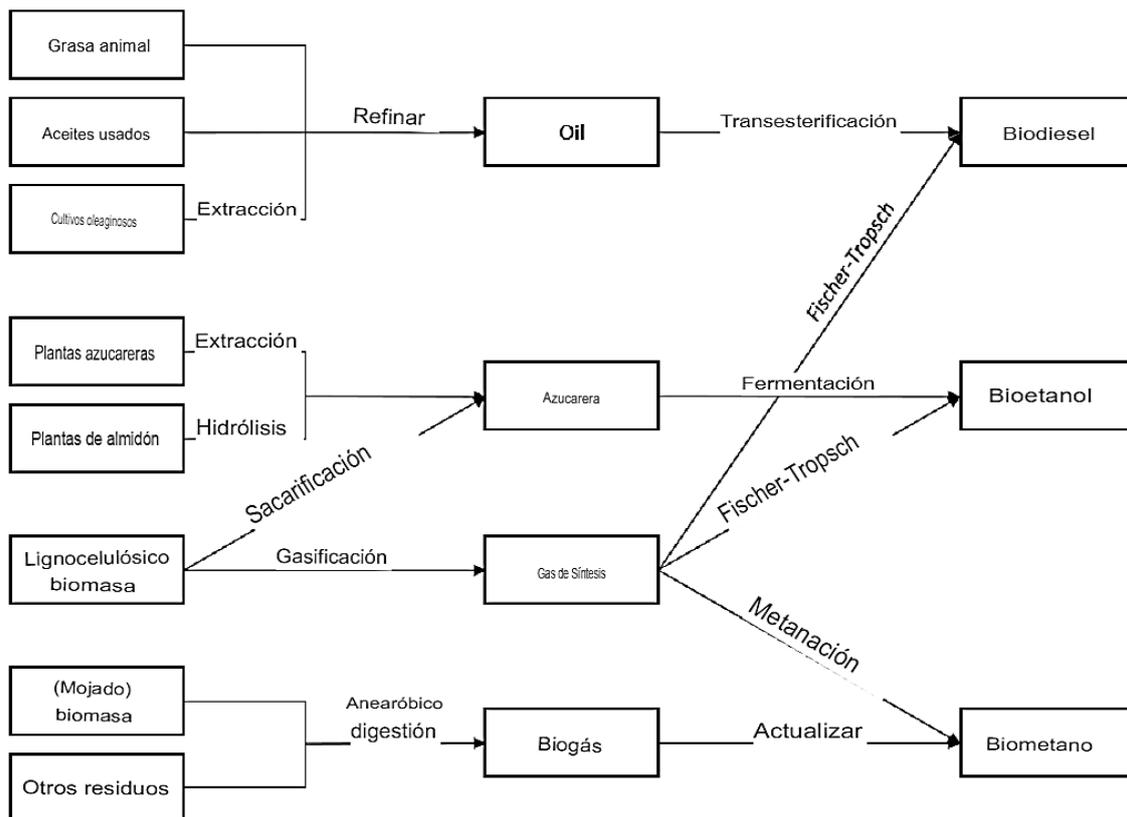
los grandes riesgos a los que se enfrentan los esfuerzos industriales para garantizar el uso óptimo de la energía y los recursos [77].

La identificación de las partes interesadas clave y el despliegue de los aspectos políticos, económicos, sociales, tecnológicos, legales y ambientales de la literatura, los informes y las directrices actualizados son intrínsecos para lograr una comprensión profunda del complejo panorama de la industria de los biocombustibles. La contribución de la industria de los biocombustibles al desarrollo sostenible es clave en la creciente industria de los biocombustibles impulsada por los objetivos de energía renovable de la Unión Europea [77].

Tanto los formuladores de políticas como las empresas de producción requieren una comprensión de la relación entre las características de producción de biocombustibles y la sostenibilidad de la industria para poder apoyar el desarrollo sostenible. La identificación de las partes interesadas clave y el despliegue de los aspectos políticos, económicos, sociales, tecnológicos, legales y ambientales de la literatura, los informes y las directrices actualizados son intrínsecos para lograr una comprensión profunda del complejo panorama de la industria de los biocombustibles [77].

A partir del análisis de los diferentes tipos de materias primas y procesos de conversión de bioetanol, biodiésel y biometano, en la Ilustración 18 se proporciona una descripción general simplificada de las vías de producción. En general, las materias primas se pueden subdividir en cultivos completos de primera generación y biocombustibles de segunda generación, o avanzados, a partir de residuos, desechos y biomasa lignocelulósica.

Ilustración 18. Diferentes tipos de materias primas y procesos de conversión.



Nota: Las diferentes vías de producción desde la materia prima hasta el biocombustible, autoconstruidas. Las flechas indican procesos de conversión y los rectángulos indican las entradas y salidas de esos procesos de conversión.

Los factores de las facetas de sostenibilidad que se ven directamente afectadas por la industria de los biocombustibles se determinarán mediante un análisis PESTLE. El resultado final, la interrelación entre las características de producción de biocombustibles y los factores de sostenibilidad descritos, se determinará mediante una evaluación de los datos cualitativos y cuantitativos obtenidos mediante la investigación bibliográfica descrita. Además de los resultados definitivos, se incorporará una discusión de los resultados para abordar e incluir la complejidad de la industria de los biocombustibles y los vínculos entre las diferentes facetas de la sostenibilidad.

Análisis PEST

Un análisis PESTEL es un acrónimo de una herramienta utilizada para identificar las fuerzas macro (externas) que enfrenta una organización. Las letras representan Político, Económico, Social, Tecnológico, Ambiental y Legal (Oxford College, 2020). También se utiliza para identificar amenazas y debilidades potenciales que se utilizan en un análisis DAFO al identificar fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas para un negocio. Hay varios pasos involucrados al realizar un análisis PESTEL. Al principio, es importante reunir a un grupo de personas de diferentes áreas del negocio y hacer una lluvia de ideas.

Ventajas de un análisis PESTEL:

- Puede proporcionar una advertencia anticipada de posibles amenazas y oportunidades.
- Alienta a las empresas a considerar el entorno externo en el que operan.
- El análisis puede ayudar a las organizaciones a comprender las tendencias externas (Oxford College, 2020).

El análisis PESTLE se utilizará para evaluar las influencias externas en la industria de los biocombustibles. Tiene su origen en el análisis de marketing, pero estas influencias externas en la industria se utilizarán para determinar los factores que influyen en la sostenibilidad a largo plazo de la industria. PESTLE significa Político, Económico, Social, Tecnológico, Legal y Ambiental. Proporciona una visión amplia del entorno completo de la industria de los biocombustibles. El análisis determinará los factores para las facetas de sostenibilidad económica, ambiental, socioecológica y geopolítica. Proporciona el marco para la correlación con las tecnologías de producción para determinar las fortalezas y debilidades de las diferentes vías de producción.

Biorresiduos a biocombustibles

En los últimos años, ha habido un aumento constante en la cantidad de residuos sólidos debido al aumento de la población humana y la urbanización. Los materiales de desecho se generan a partir de procesos de fabricación, industrias y desechos sólidos municipales (RSU). Las tecnologías de conversión de residuos en energía (WTE) convierten los desechos en diversas formas de combustible que se pueden utilizar para suministrar energía. Hoy en día, está surgiendo una nueva generación de tecnologías WTE que tienen el potencial de crear energía renovable a partir de desechos, incluidos RSU, desechos industriales, desechos agrícolas y subproductos de desechos. Existen cuatro métodos principales para la conversión de desechos orgánicos en combustibles sintéticos: (1) hidrogenación, (2) pirólisis, (3) gasificación y (4) bioconversión [78]

Materias primas para el biocombustible

Agave o Magueyes como materia prima para biocombustibles

Las materias primas de biomasa que crecen en tierras semiáridas podrían ser una respuesta sostenible a la creciente demanda de combustibles renovables que no entren en conflicto con la producción de alimentos y piensos. Si se pueden sembrar cultivos de alto rendimiento que requieren aportes mínimos de agua y nutrientes en tierras que son marginales para cultivos alimentarios, se podría reducir la competencia por el uso de la tierra. Las plantas que usan la vía del Metabolismo del Ácido de las Crasuláceas (CAM) tienen bajos requerimientos de agua y son productivas en regiones semiáridas porque asimilan el carbono por la noche, disminuyendo así el gradiente de difusión del agua fuera de las hojas y mejorando la eficiencia del uso del agua [79].

El género Agave está compuesto exclusivamente por plantas CAM obligadas e incluye especies que se cultivan comercialmente. Es importante destacar que prosperan en condiciones que no son adecuadas para los principales cultivos alimentarios y pastos.

Los usos comerciales más extendidos de *Agave* spp. son para fibras y bebidas, derivadas generalmente de las hojas y del tallo, respectivamente. En el pico de producción en 1964, más de 1 millón de hectáreas de agave se cultivaron en todo el mundo para fibras de sisal, la mayoría de las cuales se encontraban en África. Desde entonces, la producción generalizada de fibras sintéticas provocó una disminución en la producción de sisal y había menos de 0,5 Mha de sisal plantadas en 2008 [80].

En la década de 1990, se cultivaron en México ~70 000 ha de agave, predominantemente la especie *A. tequilana*, para la producción de bebidas alcohólicas, junto con 200 000 ha de *A. fourcroydes*, o henequén (a veces llamado sisal), cultivado para obtener fibra producción. El agave sisalana (sisal) también es originario de México, pero ahora se cultiva principalmente en Brasil y África Oriental para obtener fibra [79].

La biodiversidad del agave, a nivel genético y de especie, se ha visto afectada por las elecciones de manejo de la tierra en el último siglo. Ha habido una constante presión de selección sobre la diversidad genética de las especies de agave que se cultivan para obtener tequila y fibra [79].

También ha habido una disminución en las prácticas de manejo que históricamente promovieron poblaciones de muchas especies para alimento, fibra y forraje. *A. fourcroydes* y *A. sisalana* fueron seleccionadas por la longitud de la hoja para proporcionar fibras largas y *A. tequilana* fue seleccionada por el alto contenido de azúcar de las piñas. Las piñas son las bases de tallo ricas en carbohidratos hinchados y no estructurales que se cosechan como materia prima de fermentación para la producción de tequila (Ilustración 19). Hay otras variedades de *A. tequilana* que pueden producir mayor biomasa, pero menos azúcar, que podrían ser una mejor opción de materia prima para combustibles celulósicos. Las productividades publicadas de las especies varían

especialmente, y no hay una sola especie que parezca tener la mayor productividad en todas las regiones de México o en otros lugares. Las especies de Agave con los mayores rendimientos anuales informados no han sido evaluadas a fondo para la agricultura de plantación a escala comercial.



Ilustración 19. Producción de Agave

Nota: A. tequilana (a), piñas de A. tequilana (b), A. fourcroydes (b), fibra de las hojas A. fourcroydes (d).

La composición de la biomasa de Agave cosechada varía y se requieren diferentes métodos para procesar las hojas y la piña después de la cosecha. Las hojas tienen mayor cantidad de celulosa y lignina, y la piña tiene mayor cantidad de carbohidratos soluble. En una evaluación regional de cultivos en México, se descubrió que la composición de carbohidratos extraídos de una misma especie difería según la ubicación de los cultivos de origen que estaban sujetos a diferentes climas [79].

Existe una oportunidad de tierra inmediata de casi 600 mil ha a nivel mundial para cultivos bioenergéticos de Agave que no incurrirían en cambios indirectos en el uso de la tierra suponiendo rendimientos máximos de 26 Mg ha⁻¹ año⁻¹ en condiciones

semiáridas y una eficiencia de conversión de 380 L de Mg⁻¹ de etanol de biomasa lignocelulósica, se podrían producir 6.100 millones de L de etanol a partir de Agave con un mínimo incrementos en los impactos ambientales.

Aunque este es un pequeño porcentaje de la producción mundial total de biocombustibles, las suposiciones utilizadas en este cálculo son conservadoras porque solo incluyen producción de agave en terrenos que han salido de cultivos anteriores de agave. En realidad, si la producción de agave en otras tierras semiáridas fuera económica y ambientalmente sostenible, el agave podría agregar mucho más valor a los recursos terrestres en África, Australia y México [79]

En algunos lugares, este nuevo producto básico podría estimular las economías locales, pero existen obstáculos políticos y legislativos que superar antes de que la producción de agave pueda expandirse a nivel mundial. Para las economías locales en algunas regiones, también será fundamental no desplazar la producción actual de bebidas y fibra del agave. Se necesita más investigación para identificar el agave especies que son óptimas para maximizar los rendimientos de biomasa a nivel regional.

Los eucaliptos como materia prima para biocombustibles

Los eucaliptos son una fuente comprobada, pero en gran parte inexplorada de biomasa leñosa para la producción de biocombustibles. Pocas de las aproximadamente 900 especies han sido evaluadas para el cultivo, sin embargo, entre ellas se encuentran las especies de biomasa más productivas y versátiles del mundo, cultivadas en más de 90 países, con especies que se adaptan a la mayoría de los climas tropicales y templados

Se revisan la biología, la ciencia y la tecnología subyacentes al mejoramiento y cultivo de eucaliptos y su potencial para la producción de biocombustibles. Se considera

cómo los eucaliptos cumplen con los criterios económicos y de sostenibilidad para las materias primas de los biocombustibles, y las ventajas de las materias primas leñosas en general. Se revisan los aspectos relevantes de la taxonomía, evolución, distribución natural, dispersión humana, composición, domesticación y biotecnología de los eucaliptos del potencial de los grupos como recurso de materia prima para biocombustibles. Se describen dos casos de estudio, ilustrando los procesos de identificación, domesticación y cosecha de especies donde los eucaliptos son posibles materias primas para biocombustibles. Los eucaliptos son fuertes contendientes como materia prima de biomasa leñosa universal para biocombustible [81].

Sorgo dulce como materia prima para biocombustibles

Además de los azúcares de tallo que son el principal producto básico para el cultivo del sorgo dulce, los coproductos en forma de granos, bagazo, vinaza, vapor, espuma y espuma también se utilizan como materia prima para una variedad de propósitos (Ilustración 20). El jarabe obtenido del jugo extraído del tallo de la planta se ha utilizado como edulcorante en Estados Unidos desde la década de 1890. En India, el jugo se usa principalmente para hacer jarabe y azúcar morena, aunque también se ha explorado su uso como combustible para cocinar y encender. El Instituto de Investigación Agrícola Nimbkar (NARI, por sus siglas en inglés) en la zona rural de Maharashtra, India, desarrolló una linterna con estufa que utiliza etanol de bajo grado desarrollado a partir de sorgo dulce y proporciona energía para el alumbrado, así como combustible limpio para cocinar. Para fines de biocombustibles, el jugo se fermenta a etanol que se puede usar como reemplazo de los combustibles convencionales [82].

En general, con una selección apropiada de cultivares, buenas prácticas de cultivo y manejo, el sorgo dulce tiene un gran potencial como cultivo multipropósito en favor de los pobres. Sin embargo, la viabilidad del sorgo dulce como cultivo multipropósito debe resolverse en varios frentes. El germoplasma de sorgo dulce exhibe compensaciones entre el contenido de azúcar y los rendimientos de biomasa con algunos genotipos que contienen un alto contenido de azúcar con una biomasa más baja, mientras que otros, por lo general con rendimientos de azúcar más bajos, tienen una biomasa de tallo alta [42] .]. Los genotipos ideales tendrían estos dos rasgos combinados, es decir, mayor biomasa con altos rendimientos de azúcar [82].

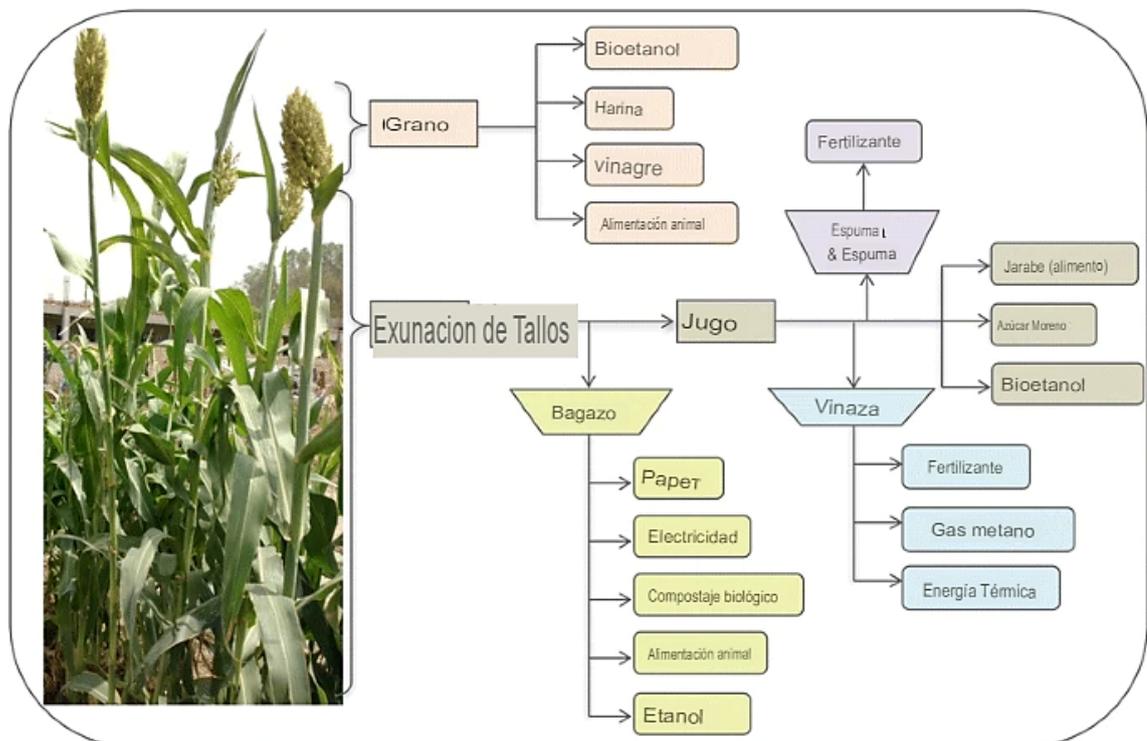


Ilustración 20. Cultivo básico de Sorgo

El sorgo dulce, con su variedad de características adaptativas y bajos requisitos de insumos, es uno de los principales candidatos para materia prima para biocombustibles. Tiene potencial para resolver dos problemas principales. En primer lugar, puede desempeñar un papel importante para abordar la creciente necesidad de energía renovable para desplazar los recursos energéticos basados en combustibles

fósiles. En segundo lugar, en lugar de competir con los cultivos alimentarios por la tierra cultivable, ayudará a la conservación de las tierras marginales al convertirlas en tierras agrícolas. Sin embargo, el sorgo exhibe una gran diversidad genética y recursos hacia las condiciones climáticas específicas de la región o las condiciones climáticas cambiantes, y la cantidad de azúcares fermentables y los rendimientos de grano varían considerablemente en diferentes cultivares de sorgo dulce. Por lo tanto, la detección y selección de variedades apropiadas para cada región es fundamental para obtener resultados óptimos [82].

Además, hay varias áreas de investigación sin explorar, que pueden tener un gran impacto en el cultivo del sorgo. Se han iniciado esfuerzos para desarrollar cultivares de sorgo dulce multipropósito con altos rendimientos de azúcar y grano utilizando enfoques clásicos y biotecnológicos para hacerlo económicamente más atractivo. La secuenciación en profundidad del genoma completo de un cultivo de sorgo dulce es muy esperada para ayudar en el descubrimiento de genes e iniciar estudios de asociación de todo el genoma [82].

Un nuevo dispositivo consigue producir energía limpia diez veces más rápido que la biomasa

La función de las plantas ha inspirado la creación de un nuevo dispositivo que permite acumular el dióxido de carbono (CO₂) para transformarlo en biocombustible. Investigadores del Departamento de Ingeniería Química de la URV liderados por Ricard Garcia-Valls, del grupo de investigación MEMTEC, han imitado el proceso natural de la fotosíntesis y la han mejorado en el laboratorio [83]. Con esta investigación han logrado desarrollar un prototipo que hace una fotosíntesis que podría mejorar el modelo natural:

aumentaría de cuatro a diez veces más la capacidad de acumulación de CO₂ respecto a las hojas de los árboles, permitiría obtener un compuesto concreto y la velocidad de producción de energía sería, como mínimo, diez veces más rápido que la biomasa [83].

Los árboles absorben el CO₂ presente en el aire, que penetra a través de los poros de las hojas, llamados estomas. Observando este modelo, los investigadores han diseñado una membrana con estomas artificiales, unos poros de tamaño controlado a los que han aplicado unos compuestos que, en contacto con el agua, hacen que las moléculas de CO₂ queden atrapadas sobre la superficie. En el caso de los árboles, el dióxido de carbono concentrado en las hojas se transforma en materia orgánica. El dispositivo que han diseñado aprovecha esta concentración de CO₂ para conseguir un compuesto concreto: ácido fórmico o metanol, que permitirá fabricar combustible limpio con la ayuda de placas solares, sin ningún impacto medioambiental, que se puede almacenar y posibilitará producir electricidad en el momento que haga falta [83].

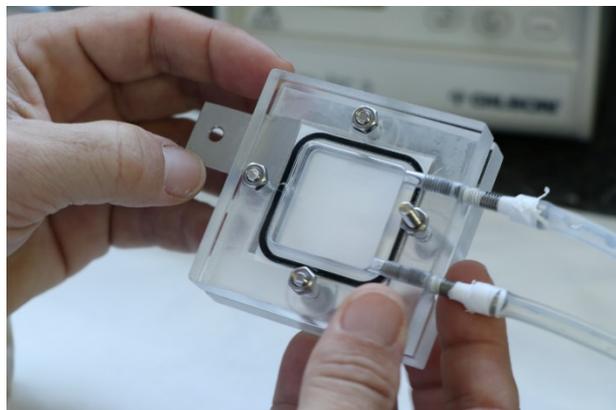


Ilustración 21. Dispositivo que permite acumular el dióxido de carbono. El dispositivo acumula dióxido de carbono y convierte en biocombustible.

Esta línea de investigación no es nueva, ya que en los últimos años se han fabricado diferentes dispositivos de captación de CO₂. Pero el prototipo diseñado en la URV aporta ventajas añadidas respecto a lo que existía hasta ahora: la velocidad en producir energía es superior a la media de los productos que ya se conocen, lo que permitirá optimizar el proceso de captación de CO₂ y conseguir más energía en menos tiempo [73].

Los investigadores ya han fabricado un prototipo del dispositivo y lo han patentado bajo la cotitularidad de la URV y el Centro de Tecnología Química (CTQ). Han recibido el asesoramiento y la protección de la tecnología a través de la Unidad de Valorización de la URV y ahora trabajan para optimizarlo y explotar su potencial [73].

Esta investigación puede ser de utilidad en aplicaciones que tendrían salida en el mercado, como sustitutos en pequeño formato de baterías solares, por ejemplo, o pilas que se cargarían solas con energía renovable para poder hacer funcionar teléfonos, ordenadores, tabletas e incluso coches y casas [73].

Biocombustibles y Biocarbón

Los biocombustibles y el biocarbón se encuentran entre las muchas soluciones propuestas para mitigar el cambio climático, pero ambos han demostrado ser controvertidos. Los biocombustibles son alternativas a los combustibles fósiles que se fabrican a partir de seres vivos o sus productos de desecho. Incluyen biomasa sólida (como madera o carbón vegetal), biogás (como metano producido a partir de aguas residuales) y líquidos como bioetanol y biodiesel. Los biocombustibles líquidos son los más controvertidos porque se necesitan grandes extensiones de tierra para producirlos. Esto significa que pueden competir con los cultivos alimentarios, aumentar los precios de los alimentos y promover la deforestación, que a su vez libera cantidades significativas de los gases de efecto invernadero que causan el cambio climático [84]

El bioetanol es un combustible alcohólico elaborado a partir de la fermentación del azúcar en plantas como el maíz o la caña de azúcar. El biodiésel combina el diésel convencional con aceites de plantas como la semilla de jatrofa, la soja y la palma aceitera. A primera vista, los biocombustibles líquidos parecen ser una alternativa ideal a los combustibles fósiles. Todavía producen emisiones de gases de efecto invernadero cuando se queman, pero las plantas de las que están hechos absorben dióxido de carbono de la atmósfera mientras crecen [84].

Pero este beneficio puede verse superado por las emisiones de gases de efecto invernadero que se producen en la producción de estos combustibles. El maíz que se cultiva en los Estados Unidos, por ejemplo, depende en gran medida de los combustibles fósiles: para producir fertilizantes, alimentar maquinaria agrícola, regar la tierra y para el transporte [84]. Puede ser posible superar estos problemas con biocombustibles de segunda y tercera generación (ver Alternativas, a continuación). Otra forma propuesta de usar plantas para ayudar a enfrentar el cambio climático es mediante el uso de biocarbón [84].

Esto implica el uso de plantas para absorber el dióxido de carbono del gas de efecto invernadero a medida que crecen. Luego, la materia vegetal se puede calentar en un proceso llamado pirólisis para producir un gas que se puede usar para generar energía y carbón sólido, o biocarbón, que se puede enterrar. Cuando el biocarbón se entierra, esto efectivamente elimina el carbono de la atmósfera y lo atrapa bajo tierra durante cientos o incluso miles de años [84].

Una ventaja del biocarbón sobre los biocombustibles convencionales es que puede fabricarse con aguas residuales o desechos agrícolas, como los tallos de los cultivos cosechados. Un beneficio adicional es que el biocarbón puede mejorar la productividad del suelo [84].

Algunas organizaciones no gubernamentales se oponen al biocarbón. Temen que su uso generalizado pueda promover la apropiación de tierras y la deforestación, especialmente si el biocarbón se incluye en la lista de enfoques para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero Mecanismo de Desarrollo Limpio. Los críticos de este punto de vista dicen que el biocarbón nunca operaría a escala industrial [84].

Cultivos oleaginosos

Palma aceitera. En general, la palma aceitera es la materia prima utilizada actualmente para producir biodiésel con mayor rendimiento por hectárea (véase la figura 4). Al ser una planta tropical, es la materia prima preferida en muchos países en desarrollo. La palma aceitera se cultiva en pequeñas parcelas o en grandes plantaciones, [85]

Soja. La soja tiene un bajo rendimiento por hectárea en comparación con otros cultivos oleaginosos. Sin embargo, al ser un cultivo fijador de nitrógeno, puede utilizarse para mejorar la fertilidad y requiere pocos fertilizantes. Hasta la fecha, la soja ha suscitado poco interés en los países en desarrollo, salvo en Brasil y Argentina. En estos países, así como en Estados Unidos, el cultivo y la cosecha de la soja están muy mecanizados. La soja se cultiva en rotación con el maíz en Estados Unidos y con la caña de azúcar en Brasil. [69]

Colza. La colza puede cultivarse en rotación con cultivos de cereales, pero en la UE, principal productora de biodiésel a partir de colza suele cultivarse en tierras retiradas de la producción (WWI 2007). La superficie cultivada mundial crece un 2% anual. Australia está experimentando un rápido aumento de la superficie cultivada, mientras que, en China, el mayor productor mundial de colza, la expansión es mínima.

Tecnologías basadas en el uso de cereales. - Aquí se distinguen entre molienda seca y molienda húmeda.

Tecnologías basadas en el uso de jugos azucarados. - Se distingue el procedimiento de rotura de las cadenas de polisacáridos, luego de la fermentación, según una hidrólisis ácida o enzimática.

La producción de bioetanol lignocelulósico se lleva a cabo en varias etapas, es necesario, una vez recolectados los desechos vegetales, aplicar un pre-tratamiento de estos desechos para romper la estructura de la matriz lignocelulósica, ya sea de carácter físico, químico o térmico, para luego realizar una hidrólisis enzimática, llevada a cabo por una mezcla de enzimas celulolíticas. Posteriormente, la fermentación de los azúcares en etanol mediante cepas de levaduras que metabolizan la glucosa al etanol. Para finalizar la destilación-rectificación-deshidratación, que es la separación y purificación de etanol a las especificaciones del combustible. [53]

Para la producción de alcohol se necesita de la producción en masa de ciertos vegetales ricos en materias azucaradas (como la caña de azúcar), y su posterior fermentación. El interés a nivel mundial por la producción de etanol a partir de la fermentación ha ganado importancia debido a la actual demanda de energía, La producción de alcohol se puede llevar a cabo mediante el método clásico discontinuo y el método continuo. La producción discontinua de etanol a pesar de ser la más lenta, es la más utilizada principalmente a escala artesanal. Con el empleo de este alcohol en los motores de combustión interna, podríamos poner remedio al problema acuciante de la polución atmosférica, Con la producción y uso de este otro tipo de combustible se pondríamos final a esta dependencia muchos países de combustibles derivados totalmente del petróleo.

Ventajas y desventajas del uso de alcoholes como biocombustible

Ventajas

El etanol puede ser producido a partir de fuentes renovables.

Es un combustible líquido y puede ser manejado tan fácilmente como la gasolina y el diésel

Produce menos dióxido de carbono al quemarse cuando se usa como aditivo de la gasolina, pero el impacto total depende del proceso de destilación y la eficiencia de los cultivos.

Desventajas

Presenta problemas de corrosión de partes mecánicas y sellos, Presenta dificultades para encender en climas fríos

OBTENCIÓN DE ETANOL MEDIANTE FERMENTACIÓN

la obtención de etanol a partir de almidón se realiza químicamente del siguiente modo:

Tres procesos:

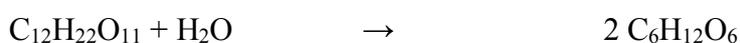
1. Conversión enzimática del almidón en azúcar:

- Hidrólisis del almidón:

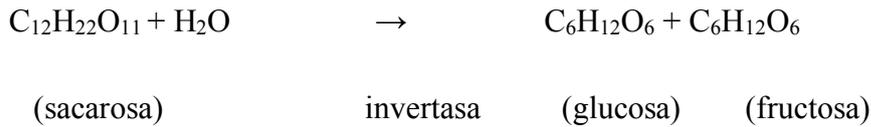


(almidón) α -amilasa (maltosa)

- Sacarificación:



(maltosa) glucoamilasa (glucosa)



2. Fermentación:

La levadura se añade a la mezcla para convertir los monosacáridos en etanol (8-12%) y CO₂. Se añaden 450 g de levadura por cada 1.000 l de mezcla.



Presion = 48 a 72 bar,

Temperatura= 29-35 °C.

3. Destilación:

Donde ocurre la separación etanol.

PROCESO DE OBTENCIÓN DE ETANOL

Para la producción de bioetanol se utilizan las plantas industriales en donde se procesa la caña de azúcar, en donde se obtiene las melazas (llamado miel de caña), que conjuntamente con el jugo de caña que componen los llamados mostos fermentales. Con esto se inicia con el proceso de asociación entre los dos procesos productivos que utilizan la maquinaria de extracción para ser trituradas; al final se obtiene la fermentación del mosto, en donde las levaduras se recuperan y el alcohol resultante sigue para destilación, en la cual se produce bioetanol (CAROLINA, 2014).

RENDIMIENTOS DE LAS MATERIAS PRIMAS

Desde el punto de vista comercial, en la producción de etanol se debe considerar la disponibilidad y el costo de las materias primas ya que estas constituyen entre el 55 y 75 % del precio de venta del alcohol etílico producido. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presentan los rendimientos de alcohol a partir de diferentes materias primas, como se puede observar los mayores rendimientos se obtienen en la fermentación de cultivos azucarados.

Tabla 19. RENDIMIENTOS DE ALCOHOL A PARTIR DE DIFERENTES MATERIAS PRIMAS

Cultivo	Biomasa (toneladas/hectáreas)	Etanol (Litros/hectáreas)	Etano (litros/toneladas biomasa)
Melaza	-	-	270
Caña de azúcar	9	3.600	70
Remolacha azucarera	6	3.600	-
Sorgo	5	1.500	-
Papas	5	1.800	-
Maíz	3	1.200	370

PRODUCCIÓN MUNDIAL Y REGIONAL DE ETANOL

El análisis de las perspectivas del etanol a nivel mundial está basado en el estudio Perspectivas Agrícolas 2011 – 2020 de la FAO y la OCDE.[86][87]

Desde el 2005 hasta el 2020 la producción mundial de etanol debería triplicarse según las proyecciones realizadas por el estudio mencionado. Se espera que hasta el 2020, año hasta el cual se realizan las proyecciones, la expansión de la producción y uso de etanol sean impulsados por el apoyo de políticas de uso obligatorias por gobiernos nacionales (Sur América) la reducción fiscal para productores y consumidores de biocombustibles,

medidas de protección y especificaciones de calidad en los combustibles y también por mayor capacidad de inversión en los países productores.[88]

El mayor productor de etanos es estados unidos seguido de Brasil. En estados unidos el alcohol se obtiene a partir del maíz, mientras que en Brasil y otros países de Sur América se lo obtiene de la caña de azúcar, se espera que la producción de del etanol a partir de la caña de azúcar se incremente en un 6% por año hasta el 2020.

Algunos países en desarrollo en el 2010 no cumplieron las expectativas y objetivos planteados por los gobiernos a excepción de Brasil y argentina, ya que de los productos de los cuales esperan obtener biocombustibles son el piñón de tempate o la mandioca se encuentran todavía en un nivel de producción a pequeña escala.

Brasil, India y China deberán representar 85% de la producción de etanol en el mundo esperada para 2020 sin contar con el aporte de Estados Unidos. En China, la mayor parte del etanol producido se utiliza para usos no destinados a combustibles sino en las industrias alimentaria y química. Las regiones de Asia y América del Sur deberán convertirse en productoras importantes de etanol.

Principales países productores de biocombustibles

El interés por los países en la producción de biocombustibles ha crecido en la actualidad como una opción para reemplazar el petróleo parcialmente como combustible para el transporte, ya que se reducirían las emisiones de los gases de efecto invernadero (GEI) ayudando así a muchos países cumplir con sus compromisos asumidos en el Protocolo de Kyoto. Siendo Brasil el primer país reemplazado la gasolina importada con bioetanol producido a partir de caña de azúcar, dio paso a la idea de mejorar el desarrollo rural y ofrecer oportunidades de exportación. Gracias a la tecnología y a los avances de los

biocombustibles, la producción de los mismos se encuentra bien desarrollada en muchos países.

IV: PRODUCCION NACIONAL E INTERNACIONAL.

La gasolina es una fuente de alimentación más que nada de los sectores y agentes económicos del país, debido a que contribuye en el desempeño de conjuntos, equipos y medio de transporte en el cual el crecimiento económico debería ser constante, además es necesario contar con capacidad de poder defenderse en la demanda nacional. El país no tiene los instrumentos para hacer frente al impacto de petición creciente, es por ello por lo que el país se encuentra forzado a la importación a costos mundiales, de su comercialización local en conjunto a los subsidios que empeoran la cuestión en el déficit fiscal.[35]

NACIONAL.

La gasolina es catalogada mediante el octanaje, gracias a un grande octanaje mejor va a ser la fiabilidad de este. La gasolina tiene un alto contenido de gasohol con una gigantesca porción de etanol, dando lugar a la gasolina con más grande octanaje que le gana de forma sencilla a los noventa octanos, en su mayoría es usada en automóviles recientes de óptimo mecanismo de combustión, debido a que dará mejores resultados a dichos automotores, actualmente paso de los 90 a 92 octanos.[89]

Los subsidios generan ayuda a los individuos más necesitados. En las naciones unidas en desarrollo, en especial esos que son parte de Latinoamérica, varios de dichos subsidios dan la condición de ayuda social a las personas menos favorecidas, estos subsidios tienen un espacio importante en el sector económico del ecuador.

La venta de derivados de petróleo tales como la gasolina se hace procesos de calidad comprobados para saciar pedidos nacionales con modelos de calidad, porción, estabilidad y responsabilidad. A continuación, se presenta una gráfica de la producción de derivados mediante mezclas terminales en el año 2019. [89]

 PRODUCCIÓN DE DERIVADOS MEDIANTE MEZCLAS EN TERMINALES Año 2019 Cifras en barriles																		
MES	GASOLINA ECOPAÍS															SUBTOTAL MEZCLA GASOLINA ECOPAÍS	TOTAL MEZCLAS	TOTAL MEZCLAS PARA PRODUCCIÓN NACIONAL (a)
	PASCUALES			LATOMALOJA(b)			BARBASQUILLO-MANTA(c)			CUENCA(d)			LATRONCAL (d)					
	Premezcla (e)	Etanol (e)	ECOPAÍS (e)	Premezcla (e)	Etanol (e)	ECOPAÍS (e)	Premezcla (e)	Etanol (e)	ECOPAÍS (e)	Premezcla (e)	Etanol (e)	ECOPAÍS (e)	Premezcla (e)	Etanol (e)	ECOPAÍS (e)			
Enero	538.710	5.060	543.771	68.584	645	69.229	159.910	2.166	162.076	164.373	1.566	165.939	136.965	1.324	138.309	1.079.324	1.784.002	1.640.075
TOTAL	538.710	5.060	543.771	68.584	645	69.229	159.910	2.166	162.076	164.373	1.566	165.939	136.965	1.324	138.309	1.079.324	1.784.002	1.640.075
Enero 2018	472.140	17.580	489.729	64.875	2.417	67.292	138.640	5.929	144.569	150.391	5.635	156.026	123.077	4.604	127.680	985.297	1.896.773	1.689.241
Var % 19/18	14,10	-71,23	11,03	5,72	-73,32	2,88	15,34	-63,47	12,11	9,30	-72,21	6,35	11,30	-71,24	6,32	9,54	-6,95	-2,91
Nota: Información provisional sujeta a revisión a) Total mezclas en terminales menos la mezcla de gasolina súper que se calcula aparte como "Disponibilidad de Súper" b) A partir de noviembre del año 2016 se inicia la preparación de Gasolina Ecopaís en el Terminal La Toma. c) A partir de enero del año 2017 se inicia la preparación de Gasolina Ecopaís en el Terminal Barbasquillo. d) A partir de julio del año 2017 se inicia la preparación de Gasolina Ecopaís en los Terminales Cuenca y La Troncal. e) Cifras de Premezcla, Etanol y Ecopaís son referenciales de los volúmenes de ACCULOAD, constantes en el acta ARCH "Movimiento mensual de combustible ecopaís en terminales de la EP PETROECUADOR". Fuente: Gerencia de Transporte- EP Petroecuador																		

Figure 1. Producción de derivados mediante mezclas terminales en el año 2019.

INTERNACIONAL.

En varios de las naciones petroleras los gobiernos tienden a mantener el control de influir en las industrias por lo cual realizan un más grande uso de los subsidios, ya que la reducción o deducción de los impuestos o cualquier otro mecanismo parecido, llega a promover no solamente el consumo de combustibles como la gasolina o el diésel sino que además incluye la producción de petróleo y sus derivados.[43]

La venta de gasolina en México va a estar dada por el costo nacional de la gasolina, el producto bruto interno dentro del territorio y la proporción de vehículos en dicho país los costos son generados de la siguiente manera: el costo nacional que va a estar en función del costo universal, el saldo de negocio exterior va a estar dado por la porción nacional de la venta de gasolina, restada a la porción del ofrecimiento de petróleo crudo en el territorio por el coeficiente de transformación que corresponde al respecto del petróleo.[90]

UTILIZACIÓN DEL BIOCOMBUSTIBLE EN LATINOAMÉRICA.

En los últimos años Latinoamérica ha presentado 4 grandes problemas en cuanto a la generación de combustibles fósiles, tales como: aumento del precio del petróleo, aumento en la demanda de combustibles, insuficiencia de reservas de hidrocarburos, y como último punto, más relevante en la actualidad, la preservación del medio ambiente.

Estos problemas que ocurren en gran parte de Latinoamérica, por no decir todo el territorio, hacen que se busquen nuevas fuentes de energía, las cuales sean limpias, de fácil acceso, y de forma renovable. Además, muchos países han resuelto apoyar las energías renovables como medida preventiva al calentamiento global.[41]

Hoy por hoy, son pocos los países en Latinoamérica que cuentan con fuentes de energía renovables o biocombustibles, la mayoría de los países aun dependen del uso de petróleo y otras fuentes como el gas natural, en el caso de Bolivia, Perú y Argentina. Sin embargo, a medida que dichos recursos se agotan, la necesidad de hacer una transición hacia un esquema energético sustentable se hace más evidente.[91]

Fuente: Sistema de Información Económica – Energética, [5]

La región latinoamericana cuenta con un gran potencial de aprovechamiento para la elaboración de biocombustibles, ya sea con residuos agrícolas, forestales, etc. Además, muchos países que son productores de azúcar tienen la facilidad de producir miel residual para la elaboración de etanol, asimismo en poder transformar otras materias primas en recursos bioenergéticos y el territorio adecuado para la implementación de los equipos. Este potencial, en la mayoría de estos países serviría para abastecer el mercado interno.

A pesar de que todo lo mencionado anteriormente sugiere una posición privilegiada para Latinoamérica como una fuente de biocombustibles, los costos requeridos para ejecutar estas operaciones que incluyen maquinarias para su implementación y demás equipos que se deben exportar, el alza del precio de los alimentos, la creciente competencia por la tierra y el agua, y la deforestación no permiten que este escenario sea posible con facilidad.

Otro aspecto poco alentador para el desarrollo de los biocombustibles es el hecho de que la producción de combustibles fósiles está fuertemente posicionada en la región, debido a la estrecha relación oferta-demanda y al conveniente acceso y variedad de medios de producción que estos últimos poseen. De esta forma los biocombustibles ven eclipsado su inminente desarrollo por su poca factibilidad en la economía de países cuyo presupuesto de por sí ya es ajustado, al no tener una fuerte demanda inicial.

A pesar de que la mayor parte de las proyecciones de este mercado, incluyendo las elaboradas por la Agencia Internacional de la Energía, indican que los combustibles fósiles seguirán constituyendo la mayor fuente de energía en Latinoamérica, el cambio climático y la rigurosidad de los crecientes decretos internacionales a favor del medio ambiente obligan a Latinoamérica, que constituye uno de los pulmones fundamentales del planeta, a fomentar la producción de biocombustibles en orden de salvaguardar sus reservas naturales, bosques y flora en general.

Según un estudio publicado por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), “Brasil, Argentina y Colombia son los únicos países latinoamericanos que figuran entre los principales productores de bioetanol y biodiesel del mundo González & Marín(2016) en el caso de Brasil y Colombia el incremento de la producción de bioetanol a partir de la caña de azúcar ha tenido un incremento significativo en los últimos años, siendo Brasil uno de los productores y exportadores de caña de azúcar más importantes en la región, con el 40% del mercado global, lo cual conlleva a que también se posicionen como los mayores productores de bioetanol frente a otras potencias mundiales.

Brasil también se posiciona entre los países que más consumen energías renovables, siendo además el segundo país a nivel mundial en lo relativo a biocombustibles y el segundo productor de etanol después de Estados Unidos. [6] ejecutando planes como Pro-Alcohol para la producción de etanol, en el que se dan facilidades a ciertos tipos de autos llamados ‘Flex Fuel’ para que éstos puedan utilizar bioetanol y gasolina de uso

tradicional, y en el caso de ser necesario se pueden mezclar sin presentar un riesgo para los vehículos.

Nota: Potencias mundiales que producen más biocombustibles. Tomado de: [7]

En Colombia por su parte, el crecimiento ha sido innegable debido al incremento de la producción de biocombustibles y el apoyo por parte de institutos gubernamentales que se apoyan en decretos de ley que introducen el uso de los biocombustibles mezclados con gasolina tradicional, con el fin de buscar la independencia al petróleo en los próximos años. [8] En el año 2015 se inauguró una de las plantas productoras de etanol más modernas del mundo en el Valle del Cauca, que junto a otras 5 refinerías se encargan de producir al menos 1.200.000 litros por día, y además de otras plantas de Biodiesel que se encargan de producir 10.000 barriles diarios.

Por otra parte, la matriz energética de Argentina se basa en un gran porcentaje del uso de derivados de petróleo, y gas natural, usando estas fuentes en casi un 85% de energía no renovable, sin embargo, la Ley Nacional de Biocombustibles fijó un régimen de desgravaciones e incentivos para que a partir del 2010 se promueva la producción de biocombustibles con una distribución mayor, y con una producción instalada de 38 plantas de las cuales 12 tienen una capacidad de 100.000 ton/año de biodiesel.

A pesar de que el territorio latinoamericano cuenta con una gran capacidad para producir este tipo de combustible ecológico, aún queda mucho por delante en cuanto a producción, decretos y leyes que contengan un régimen más estricto en el resto de los países y que con el pasar de los años, se asegure la independencia de combustibles fósiles, que no solo tienden a agotarse, sino que también presentan una amenaza para nuestro ecosistema.

IMPORTACIONES Y EXPORTACIONES

Brasil, Argentina y Colombia son los únicos países latinoamericanos que figuran entre los principales productores de bioetanol y biodiesel del mundo, según datos del último estudio sobre biocombustibles publicado por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Los biocombustibles pueden ser elaborados con una amplia gama de productos agrícolas y forestales. Desde 2000, su producción en el mundo ha crecido a un ritmo anual de 10%,

totalizando 90.187 millones de litros en 2009. De ese total, 82% corresponde a bioetanol y 18% a biodiesel. [92]

EE. UU. y Brasil dominan la producción y consumo mundial de bioetanol. EE. UU. obtiene la producción de bioetanol del maíz y Brasil de la caña de azúcar. La UE lejos de estos gigantes productores ocupa el tercer puesto, seguido de China y Canadá principalmente.

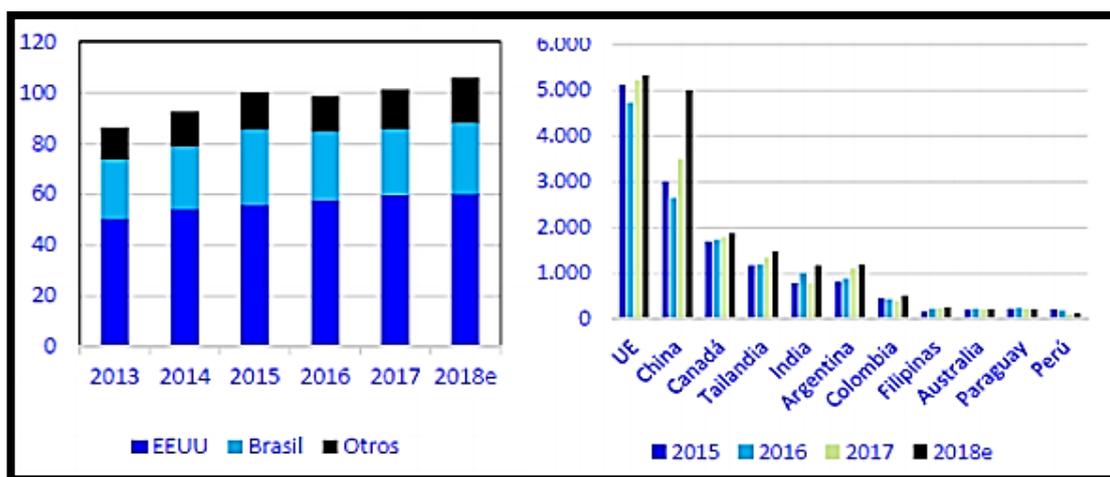


Ilustración 22.. Producción de bioetanol en EEUU, Brasil y resto del mundo. OIA

La producción de bioetanol sigue creciendo debido a la caída de los precios de maíz y azúcar, por las cosechas abundantes de los últimos años que han servido para fortalecer la industria de bioetanol en los principales productores de EE. UU. y Brasil.

EE. UU. domina las exportaciones de etanol llegando en 2017 a valores récord de 5.200 millones de l., siendo su principal destino Brasil con 1.700 millones de l, seguido de Canadá con 1.240 millones de l. e India con 650 millones de l. En 2018 EE. UU. prevé mantener los mismos flujos comerciales de exportación, debido a las existencias de más de 3.560 millones de l., y por la subida del precio de la gasolina, que favorecerán en aumentar la demanda de etanol en los países de destino. No obstante, existen factores de no lograr estos resultados, por una parte, por el impuesto antidumping de 49 €/1000 l que

aplica la UE desde febrero de 2013 y aunque finalizaría este 2018, la UE no prevé aumentar las importaciones de etanol para 2018. Igualmente, las exportaciones a Brasil sujetas a unos impuestos del 20% y la posibilidad de que China aplique aranceles a la entrada en su país al bioetanol, por el tema del acero y aluminio, hacen dudar las esperanzas de un incremento de las exportaciones por parte de EE. UU. hacía China, al igual que hacía otros destinos como México, UE, India y Japón en principio programado con cierto optimismo.

Las exportaciones de Brasil por contrario siguen bajando en las tres últimas campañas, alcanzando sólo 1.456 millones de l en 2017/18, lejos de las exportaciones de 2.800 millones de l. de 2013/14 y del récord de 4.727 millones de l. de 2008/09. El principal destino es EE. UU., donde en 2017 se exportaron 988 millones de l. seguido de Corea del Sur con 281 millones de l. Las exportaciones de bioetanol a EE. UU. se deben a que en virtud del estándar de combustibles de bajas emisiones de carbono en California (LCFS), el etanol de caña de azúcar brasileño tiene un porcentaje de carbono inferior al etanol de maíz, lo que favorece el consumo por parte de las refinerías notoriamente, en cumplimiento de las exigencias de reducción del carbono. Las importaciones de etanol en 2017 llegaron a cifras históricas de 1.758 millones de l, (1.700 millones de l. de EE. UU.), superando el anterior récord de 1.443 millones de l. de 2011/12, debido a los bajos precios del etanol de EE. UU. principalmente.

La producción mundial de biocombustibles está por alrededor de los 35 billones de litros. Sin embargo, esta cifra es pequeña en comparación con la producción de litros de gasolina que es de 1.200 billones de litros que se producen anualmente en el mundo. El bioetanol es producido y consumido mayoritariamente en el continente americano, mientras que la UE es el principal mercado para el biodiesel.

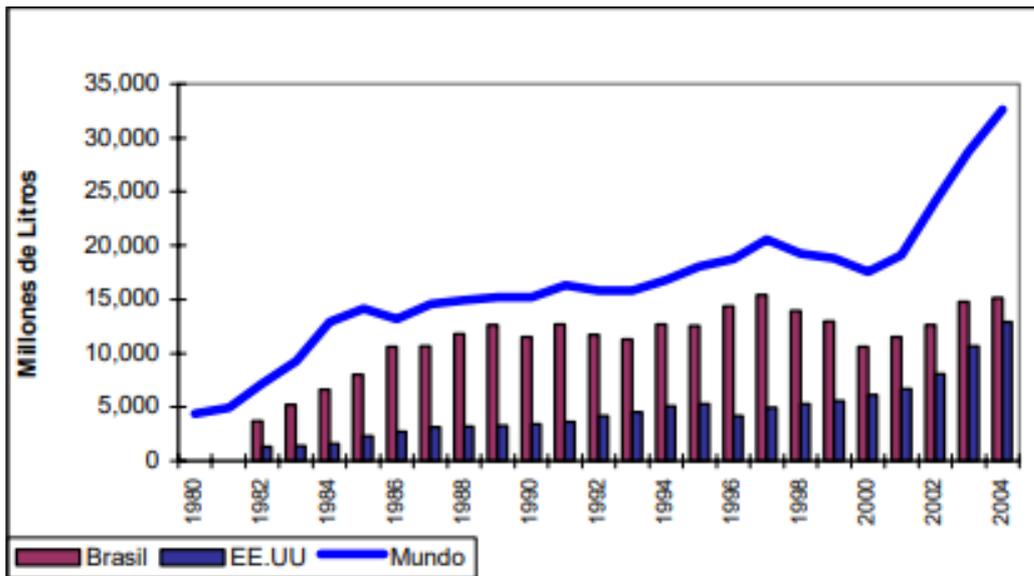


Ilustración 23. Principales países productores de Bioetanol. Fuente: Producción global de Bioetanol

Brasil es el mayor productor de Bioetanol para el año 2004, la producción en este país alcanzó 15 billones de litros destilados a partir de la caña de azúcar que equivale al 38% de la producción mundial. En segundo lugar está Estados Unidos como productor y consumidor

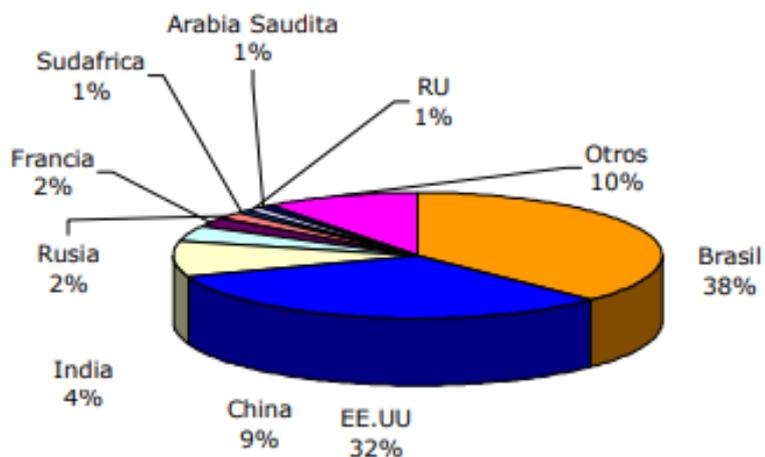


Ilustración 24. Diez países productores de Bioetanol en el mundo. Fuente: Los 10 principales productores de Bioetanol en 2004

La Tabla 20 continuación resume los principales países productores de biocombustibles a nivel global de acuerdo al tipo de biocombustibles y cultivo energético utilizado.

Tabla 20. PRINCIPALES PAÍSES PRODUCTORES DE BIOCOMBUSTIBLES A NIVEL MUNDIAL.

País	Bioetanol			BIODIESEL		
	Producción (ML)	Uso típico	Cultivo energético	Producción (ML)	Uso Típico	Cultivo Energético
AMÉRICAS						
<i>Brasil</i>	15,098	E26	Caña de azúcar	Aún mínimo	B2, B5	Aceite de soya, ricino y palma
<i>EE.UU.</i>	12,907	E10; algo de E85, E10	Maíz (95%), sorgo	75 galones 200 galones en 2007	Mezclas <75%	Aceite de soya
<i>Canadá</i>	231	E10	Trigo y paja	10		Paja
<i>Colombia</i>	900 lt/día	E10	Caña de azúcar		B5	Aceite de palma
<i>Argentina</i>	42	E5 en 2010			B5 en 2010	Aceite de soya
<i>Ecuador</i>						Aceite de palma
<i>Perú</i>		E7.8 en 2010	Caña de azúcar			
UNIÓN EUROPEA						
<i>Alemania</i>	269		Centeno, trigo	1,035	B100; B5	Aceite de raps
<i>Francia</i>	829		Principalmente remolacha y trigo	348		Aceite de raps
<i>Italia</i>	151		Trigo	320		Aceite de raps
<i>Dinamarca</i>				70		
<i>Austria</i>				57		
<i>España</i>	299		Trigo, cebada, vino	13		
<i>Suecia</i>	98	Combustible, calefacción; (E5; E85)	Productos forestales	1.6		
<i>RU</i>	401		Remolacha	10		Aceite de raps
ASIA						
<i>China</i>	3,649	E10 pero no para combustible	Maíz, yuca, caña de azúcar, arroz, batata,	68ML (capacidad 2004)		Aceite de jatrofa y otros
<i>India</i>	1,749	E5	Caña de azúcar		2011	Aceite de jatrofa
<i>Tailandia</i>	280	E10	Caña de azúcar, tapioca/yuca	90 ML (2005). 722ML en 2010		Aceite de palma, maní, soya, coco, jatrofa
<i>Indonesia</i>	167		Caña de azúcar			Aceite de palma
<i>Pakistán</i>	26		Caña de azúcar			
<i>Filipinas</i>	83		Caña de azúcar			Aceite de coco
AFRICA						
<i>Sudáfrica</i>	416		Caña de azúcar, maíz		B1-B3 en 2006	Aceite de jatrofa
<i>Malawi</i>	6	Incentivando el uso	Caña de azúcar			
<i>Ghana</i>	6	Incentivando el uso	Caña de azúcar, maíz			
<i>Zimbabwe</i>	6		Caña de azúcar			
<i>Kenya</i>	3		Caña de azúcar			
OCEANIA						
<i>Australia</i>	33		Caña de azúcar		B5	Aceite de soya

V: COMPARACIONES INTERNACIONALES SOBRE LOS PRECIOS DE LOS BIOCOMBUSTIBLES

En las últimas décadas los precios de los biocombustibles se han ido modificando secuencialmente, debido a los recursos ambientales de cada país que se presente en ese momento, en la actualidad los biocombustibles han incrementado su demanda, ya sea por su eficiencia y similitud al combustible de origen fósil o también por los factores ambientales que este ayuda a mejorar.

Las principales potencias están implementando estos nuevos biocombustibles para mejorar la sostenibilidad económica y los recursos naturales del planeta que se han visto afectados por la explotación del petróleo que se ha llevado haciendo durante muchos años.

En la siguiente Tabla 21 se puede observar a los principales exportadores de biocombustible a nivel mundial:

Tabla 21. COMPARACIÓN DE PRECIOS DE BIOCOMBUSTIBLES

Países	Valor de biocombustibles	\$ Por (L)
	BIODIESEL	BIOETANOL
ESTADOS UNIDOS	0.75	0.45
BRASIL	3.16	0.5
INDONESIA	0.52	0.73
ALEMANIA	2.6	3.55
CHINA	0.17	0.64
FRANCIA	1.5	0.73
ARGENTINA	48.53 /Ton	32.78
TAILANDIA	0.939	0.89
ESPAÑA	1.24	1.45
COLOMBIA	3.49	0.77
INDIA	0.75	0.85
PARAGUAY	2	0.72
BOLIVIA	0.71	0.72

Valores referencias de septiembre de 2018 al 2020

PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLE MUNDIALMENTE.

La producción de combustibles mundialmente está creciendo favorablemente y continuará haciéndolo, los biocombustibles aportan mayor seguridad energética, ayuda a la mitigación de la emisión de gases de efecto invernadero y material particulado, mejor desempeño de los vehículos y en la reducción de la demanda del petróleo y sus derivados. La aparición de los primeros mercados de biocombustibles en el mundo sucedió a raíz de la primera crisis petrolera en el año 1973 cuando el petróleo se encareció enormemente, ésta crisis afectó a todos los países del mundo y más aun los que no tenían reservas petroleras o producción del recurso como era el caso de Brasil y Estados Unidos.[43]

El desarrollo de la tecnología de producción, aprovechamiento y uso de los biocombustibles empiezan con las primeras pruebas de etanol como combustible para vehículos en Brasil en el período de 1900 a 1925, años más tarde el gobierno introdujo una ley que obligaba a mezclar un 5% de etanol con la nafta importada, sin embargo después de la segunda guerra mundial, el empleo de etanol casi no tuvo crecimiento debido a los precios bajos que tenía el petróleo en dicha época, ya para el año de 1973 a 1975 se organizó el primer programa de alcohol debido a la crisis petrolera que se daba a nivel mundial.[30]

En Estados Unidos al igual que en Brasil el interés por los biocombustibles surgió a raíz de la crisis petrolera en la década de los setenta, donde se aprobaba el uso de bioetanol en el transporte, años más tarde cuando se prohibió el uso de plomo en la gasolina el bioetanol causó mayor interés ya debido a sus propiedades permitía mejorar el octanaje.

Inicialmente para la producción de etanol, fueron desarrolladas diversas líneas tecnológicas para la obtención de biocombustibles usando al grano de maíz como materia prima, esta tecnología consistía en moler los granos de maíz hasta producir harina, a la cual posteriormente se le añade agua y enzimas para cocerla, se le agrega también levadura para llegar a la fermentación de la harina de maíz y finalmente obtener bioetanol por destilación, ésta es la línea tecnológica conocida como molienda seca y es la que se emplea mayoritariamente en Estados Unidos en la actualidad. [93]

En cuanto al biodiesel, se obtiene a partir de una gama de aceites de origen vegetal donde se destaca el aceite de soya, el de maíz y en menor proporción el de cacahuate, la tecnología que se emplea para su obtención consiste en transesterificar con metanol el aceite vegetal refinado, que da como resultado biodiesel de producto principal y glicerina de producto secundario, la glicerina se debe separarse del biodiesel para que finalmente pueda ser mezclado con el diésel proveniente del petróleo o también ser usado puro, es decir al 100%. [33][60]

PRODUCCIÓN MUNDIAL DE BIOETANOL POR PAÍS EN MILLONES DE LITROS POR AÑO.

Tabla 22. PRODUCCIÓN MUNDIAL DE BIOETANOL POR PAÍS

País	Cantidad	Producto base
Brasil	17.500	Caña de azúcar
Estados Unidos	18.300	Maíz
China	1000	Maíz y trigo
India	300	Caña de azúcar
Francia	250	Maíz, caña de azúcar
Rusia	750	Remolacha y cereales
South África	390	Maíz
España	400	Trigo
Alemania	500	Caña de Azúcar
Tailandia	300	Caña de azúcar

PRODUCCIÓN DE BIODIESEL POR PAÍS EN MILLONES DE LITROS POR AÑO.

Tabla 23. PRODUCCIÓN DE BIODIESEL POR PAÍS.

País	Cantidad
Alemania	2.800
Francia	630
Estados Unidos	850
Italia	570
República Chequia	150
Austria	85
España	140
Dinamarca	80
Polonia	130
Reino Unido	110
Brasil	70
Australia	57
Suecia	7
China	70

Costos de producción de los biocombustibles

Los costos de producción se pueden obtener a través de un análisis que abarcan los principales elementos que integran los costos según: los costos de la materia prima de fabricación, costos de transformación, de distribución e impuesto. El elemento primordial es la materia prima para la producción de bioetanol y biodiesel ya que los precios de adquisición en algunos casos se limita a la rentabilidad del cultivo. A continuación se detallan los valores en moneda de euros como costos operativos de la producción según las cantidades y el tiempo de producción.

Tabla 24. COSTOS OPERATIVOS EN LA PRODUCCIÓN DE BIOCMBUSTIBLES.

COSTES OPERATIVOS	
Consumo materia prima	2,68 kg/litro de bioetanol (0,126€/kg)
Coste energético anual	7,64€/año (0,06€/litro)
Venta del excedente de energía eléctrica de la planta a la red general, mediante el régimen especial	Ingresos de 6,24€/año
Costes de operación y mantenimiento y otros costes operativos	9,89 €/año (0,078€/litro)
Ingresos adicionales por venta de subproductos (DDGS “Destilled Dried Grain Soluble”)	10,78 M€/año

Fuente: [33]

Es de esperarse que producir en masa y mejorar los rendimientos permite una reducción sustancial en los costes de producción.

Tendencias en el comercio global de biocombustibles

El comercio internacional de los biocombustibles es muy limitado, ya que la mayoría de las producciones se consumen localmente. El bioetanol es comercializado menos de su 10% de producción global, por lo que se espera que esto cambie y el comercio internacional crezca en los años que están por venir ya que la demanda también ha crecido.

Producción de biocombustibles en Ecuador

En Ecuador hasta el año de 2011 sólo existía la producción de etanol como proyecto piloto Ecopaís empezando con la ciudad de Guayaquil, con el objetivo de comercializar en todas las gasolineras del país una nueva gasolina de una mezcla con el 95% gasolina extra y el 5% etanol anhidro. Como plan piloto, se produce actualmente 80000 galones diarios de gasolina Ecopaís que demanda 4000 galones de etanol que son provisto por Producargo, en La Troncal. El plan ha sido un éxito, pero se planea reemplazar toda ña gasolina extra por el etanol, esto no se logrará hasta que exista suficiente producción en el país de etanol. En el caso del biodiesel desde el 2010 existe una planta piloto productora de 100 litros cada seis horas en la Universidad Católica del Ecuador, tienen como materia prima la higuierilla y la jatropha. La producción de palma tan sólo se convierte en aceite, no llega a refinarse a biodiesel para venta externa ni para consumo local. [38]

Intereses sociales en la producción de biocombustibles

El tema de los biocombustibles es tiene varios puntos a favor y otros en contra, que lo hacen un tema de debate público. Aspectos como el requerimiento de tierra, disponibilidad de la misma, las políticas de funcionamiento, la conciencia e inversión en la producción. Los conflictos sociales como una mayor producción de biocombustibles

requerirían una mayor cantidad de tierra, tierras que pueden ser utilizadas para la producción de alimentos por lo que surge el dilema de alimentos versus combustibles, y es un tema complejo de tratar.[23]

Muy a parte de este tipo de controversias, los biocombustibles buscan concientizar a la sociedad y a la vez beneficiarla en la mayoría de los aspectos que tendrán contras, pero en comparación de los productos derivados del petróleo, son más ventajosos que perjudiciales.

Avances tecnológicos en la producción de biocombustibles

Enzimas para desarrollar biocombustibles

Usar biocatalizadores enzimáticos como la lipasa. Esta enzima permite no tener que usar el carbonato de sodio cáustico en grandes cantidades de agua. La catálisis biológica puede conducir según las condiciones operativas a la síntesis de una molécula de triglicérido. Seleccionar un microorganismo apropiado para la producción de estas enzimas es un aspecto clave para el éxito tecnológico que va a depender del tipo de tecnología fermentativa a utilizar. Como microorganismos más frecuentemente utilizados están los hongos filamentosos, los cuales tienen un mejor compartimiento en la fermentación sólida. [52]

Nuevo método para mejorar la producción de biodiesel

Usando el método de catálisis simple, científicos pudieron reciclar los subproductos que no son deseado, es decir los residuos de la producción de biodiésel a partir de aceite vegetal, para convertirlo en parte de una nueva producción de más biodiésel. Los científicos dicen: “Nos propusimos establecer formas en las que el producto de desecho glicerol podría utilizarse para formar otros compuestos útiles, pero nos sorprendió cuando nos enteramos que alimentar el glicerol y el agua sobre un sencillo catalizador dio productos tan valiosos y una química interesante”.

Combustible de algas

Las microalgas como materia prima para la obtención de biocombustibles y bioenergía que resuelvan la problemática de la contaminación ambiental. Como materia prima son consideradas muy fundamentales para los biocombustibles. Estas algas se producen mediante la fotosíntesis que convierten el dióxido de carbono en lípidos ricos en carbono por lo que están a uno o dos pasos del biodiesel, esto lo hace más superior a la producción de las oleaginosas agrícolas sin competir por la tierra cultivable. La obtención de biocombustibles usando algas es un nuevo reto para la ciencia se necesitan estudios y modificación genética que permitan su mejora en las mismas. Se conoce que las algas más adecuadas para esta producción son las cianobacterias procariotas y eucariotas, como las algas *Chlamydomonas* y *Nannochloropsis*. [53]

Biocombustible de aguas residuales

Tratar las aguas residuales no solamente para obtener agua limpia, sino también se puede obtener biocombustibles a partir de algas se podrá tener biodiesel. Lo que se trata de hacer es usar bacterias y microalgas para que realicen un trabajo en equipo, en donde las bacterias remuevan la materia orgánica, consumiendo el oxígeno y produciendo dióxido

de carbono, a su vez las microalgas van a generar oxígeno durante la fotosíntesis y necesitan del dióxido de carbono, por lo que se complementan entre sí. Como resultado se obtiene biomasa en flóculos y gránulos de fácil separación por sedimentación que luego en un proceso de fermentación los lípidos y carbohidratos se transforman en biocombustibles como el metano y el hidrógeno.

Arboles modificados genéticamente para la producción de biocombustibles

Se están diseñando árboles que puedan ser procesados con menos energía y menos cantidad de químicos, la modificación genética de los árboles permitirá conseguir una descomposición más fácil para la producción de papel y biocombustibles, lo que disminuiría el impacto económico en la producción de los biocombustibles ya que se reduce el consumo de energía que requiere procesar un árbol sin modificaciones genéticas. Por medio de la ingeniería genética se quiere eliminar la lignina.

Biocombustible producido a partir de los residuos del vino

Investigadores han duplicado el crecimiento de microalgas usando desechos agroindustriales procedentes del vino, logrando combinar estos organismos con los desechos del vino para una producción de biocombustibles más económica en todo el proceso y apuntando a la economía circular. Se ha utilizado la lías de residuos de vino oxidado, material que queda en el depósito después de la fermentación, los resultados han demostrado que una vez que se oxida es un alimento ideal para la microalga utilizada en este estudio que es la *Chlorella sorokiniana* haciéndola crecer más y generando mayor biomasa.

Situación actual del uso de biocombustibles

En la actualidad con la creciente contaminación ambiental, el cambio climático es un hecho que se debe remediar, por lo que muchos países y organizaciones mundiales están llamando a reducir las emisiones de gases a la atmósfera. La producción de biocombustible ha crecido en la última década, muchos gobiernos tienen como objetivo impulsar la innovación en las energías que se emplea. La situación de los biocombustibles va a diferir de acuerdo a los países y a sus condiciones sobre el manejo de los combustibles fósiles. Por lo general todos los países apuntan a lograr un desarrollo y suplantar los combustibles por biocombustibles.

Aspectos reglamentarios de los biocombustibles

Los aspectos reglamentarios de los biocombustibles dependen de cada país, por lo general todos los países productores de biocombustibles cuentan con una ley que establece la forma correcta de producir, mezclar y vender los biocombustibles. Los países más avanzados con Brasil, Guatemala, Honduras y en la última década Perú, Colombia, Bolivia, Argentina cuentan con normas legales. Es importante la participación del sector privado para la producción de materias primas y la elaboración de biocombustibles que abastezcan la demanda nacional o que orienten su actividad a la exportación. El estado le corresponde la elaboración de políticas y dentro de estas, la regulación y la promoción de la actividad. [43]

VI: BIOCOMBUSTIBLES A PARTIR DE RESIDUOS DOMÉSTICOS.

A día de hoy, utilizar un teléfono o cualquier medio de transporte son actividades cotidianas que tienen en común el uso de la energía eléctrica. La sociedad está acostumbrada a tener a diario la energía eléctrica que a veces no está consciente del arduo trabajo que existe detrás para generarla. En la actualidad las principales fuentes de energía no son renovables y son de origen fósiles como el carbón mineral, gas natural y petróleo, las cuales en algún momento dejarán de existir, por esta razón se está investigando nuevas fuentes de energías que sean renovables y limpias como la eólica, solar y bioenergía.[36]

La biomasa sirve como aprovechamiento para generar bioenergía, esta biomasa es todo material orgánico generado por vía biológica. Hay distintos tipos de biomasa como, por ejemplo, los residuos de naranja que sobran tras elaborar un jugo. Los biocombustibles se pueden elaborar a partir de distintos tipos de residuos orgánicos como forestales, agroindustriales, agropecuarios y también de uso urbano como aceites de cocina usados.[94]

Restos de naranjas, aceitunas, desechos ganaderos e industriales, o residuos sólidos urbanos. A la mayoría de personas le suena a basura que no puede volverse a utilizar y es un problema difícil de solucionar, para ciertos grupos de empresas y equipos de investigación suponen la materia prima para una nueva generación de biocombustibles. En la actualidad existen diversos proyectos que tratan de salvar el inconveniente de los combustibles elaborados a partir de productos alimenticios, transformando de paso los residuos en un biocombustible.

Tipos.**Biogás**

En el presente tiempo la búsqueda de alternativas energéticas de origen renovable y la reducción de gases de efecto invernadero causados por la descomposición de desechos orgánicos hacen del biogás una prometedora alternativa para la sustitución de combustibles fósiles y para la valorización energética de residuos orgánicos en zonas urbanas, rurales y agroindustriales. Debido a que presenta una disponibilidad energética descentralizada, el biogás es una fuente de energía alternativa atractiva, tanto que su producción es posible siempre que haya fuentes de origen orgánico.[95]

Bioalcoholes

Una propuesta de innovación es producir bioalcoholes como una energía alternativa a partir de residuos domésticos que actualmente no son aprovechados y que pueden generar impactos negativos a nivel ambiental y social, también de no competir con productos vegetales que sirven tanto como alimento como para la producción de biocombustibles. Lo que se busca actualmente es generar bioalcohol a partir de los residuos domésticos que actualmente no son aprovechados y producen alto impacto negativo ambiental.[60][35]

Bioetanol.

Está claro que se debe aprovechar el potencial de estos residuos domésticos, disminuyendo la cantidad de los cuales son dirigidos al relleno sanitario. El principal objetivo es indagar de una manera preliminar la elaboración de bioetanol y sus características durante la transformación de la materia orgánica. La propuesta principal es innovar con la producción de bioetanol, como energías alternativas y subproductos, partiendo de los residuos que en la actualidad se desperdician y causan impactos negativos

en el campo ambiental y social, ya que no se compite con alimentos como materias primas para la generación de biocombustibles. [9]

Biodiesel.

La importancia de las bioenergéticas (combustibles obtenidos a partir de biomasa como: aceites vegetales, grasa animal, residuos agrícolas y aceites usados) se debe principalmente al agotamiento del petróleo en el futuro, el cual es un recurso no renovable. El uso de combustibles fósiles provoca una gran cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero, como resultado de la combustión. La extracción de estos combustibles también provoca derrames de petróleo y combustibles en el mar abierto causando un impacto negativo al medio ambiente. [96]

A causa de la búsqueda de estas técnicas surgen alternativas energéticas con la capacidad de sustituir o minimizar el consumo de combustibles fósiles, como consecuencia de limitación de este tipo de combustible, la cual es una de las razones por las que se buscan combustibles alternativos como el biodiesel obtenido a partir de aceites usados domésticos. Asimismo, tienen un impacto económico positivo, dando independencia energética y mejorando la competitividad. En lo ambiental, contribuyen a la reduciendo la contaminación atmosférica, generando subproductos reutilizables y biodegradables. En lo social, ayudan al crecimiento y diversificación de la economía rural y calidad de vida.

Ventajas.

- Se consideran como una alternativa ambientalmente viable puesto que ayudara a disminuir los impactos perjudiciales como los que se presentan por el uso irracional del petróleo evitando que se acabe rápidamente y que no exista contaminación de los suelos gracias a los derrames ocasionales.
- Proviene de una fuente inagotable de materia prima, debido a que son desperdicios constantes de los alimentos orgánicos que consumimos, es decir, se toma como un buen beneficio a la economía de los productores y cultivadores de esta materia, también un beneficio social y ambiental.
- Poseen cualidades muy comprometedoras este tipo de materia prima ya que son: biodegradables, no tóxicos, no inflamables, fuente competitiva y generadora de una mejor economía.
- Conservación de los recursos naturales del planeta, ya que provienen de una fuente de energía de origen renovable.
- Ayudan a la reducción de las emisiones de CO₂ a la atmosfera.
- No contienen azufre, por lo que se eliminara el problema de la lluvia acida.

Desventajas.

- Se inclinaran los cultivos a producir únicamente este tipo de materia prima, lo cual se convertiría en una era de monocultivos los cuales son perjudiciales no solo para la calidad del suelo sino para resistencia de plagas, también la crisis alimenticia que implica elaborar este tipo de biocombustible, ya que aumenta el precio de los alimentos ya que ahora serían utilizados para obtener de esta energía alternativa y más cuando hace referencia a países que no han alcanzado su autosuficiencia alimentaria, es decir compiten por los suelos que serán de uso exclusivo como fuente de alimento.

- La demanda de agua que estos cultivos conllevan pues el agua necesaria para que un automóvil recorra 20000 Km es el mismo para que un promedio de 300 personas la consuman, así como el cultivo empleado para producirlo que daría de comer a siete personas en lo que va de un año.
- Además, sus elevados costos de producción, deforestación e impacto social, que sobresale especialmente en los países pobres, en los países en vía de desarrollo será donde más afecte este tema ya que el incremento de los precios a los cuales se someten los cultivos generara consecuencias visibles en su soberanía alimentaria la cual no es estable pudiendo generar así consecuencias indeseables.
- Tienen menor poder calorífico que los combustibles comunes, si bien no supone una pérdida de potencia ni incremento significativo de consumo.
- Estos tienen menor estabilidad a la oxidación, lo cual es importante a la hora de almacenamiento.

Materiales.

Es necesario considerar el uso de:

- Recipientes.
- Triturador.
- Biorreactor.
- Destilador.
- Termómetros.
- pH- metro.
- Probetas.
- Embudos decantadores.
- Pipetas.

- Condensador.
- Viscometro.
- Estufa eléctrica.
- Balanza analítica.
- Densímetro de vidrio.
- Computador (análisis y control).
- Materia prima (cascaras de frutas tras elaborar jugos, aceites de cocina utilizados, bolsas de té, desechos de comida, envases, empaques, semillas de frutas, papel, cartón, etc.).[94]

Obtención de biocombustibles a partir de residuos domésticos.

Biogás a partir de residuos orgánicos y su puesta como combustible de segunda generación.

El biogás es una mezcla de distintos gases elaborados por la descomposición anaeróbica de materia orgánica, como las basuras orgánicas y el estiércol. La composición química de este gas señala que el componente más abundante es el metano (CH_4); el cual es el primer hidrocarburo de la serie de los alcanos y un gas de efecto invernadero. La mezcla de CH_4 con el aire es combustible y arde con llama azul. El cual es un biocombustible, ya que se obtiene en biodigestores por fermentación anaeróbica del estiércol de herbívoros; luego cuando se quema el biogás, se origina CO_2 y agua; el CO_2 sale a la atmosfera, de donde es captado por las plantas para producir carbohidratos mediante la fotosíntesis, que los utilizaran para su crecimiento; estas plantas servirán de alimento para los herbívoros y cuyo estiércol se ingresara al biodigestor, completándose el ciclo del CO_2 . Esta aplicación de este bioproceso contribuye a reducir la emisión de gases de efecto

invernadero y así como del calentamiento global, donde se toma en cuenta que una molécula de metano capta aproximadamente 25 veces más calor que la molécula de CO.^[95]

Bioalcoholes a partir de residuos sólidos urbanos.

Durante el procedimiento global, se llevaron a cabo tres fases experimentales desarrolladas mediante la instalación a escala de un laboratorio de sistema biológico para cada proceso, a saber:

- Adecuación y solubilización de la FORSU.
- Fermentación patrón para usar como estándar.
- Fermentación de la FORSU y obtención del bioalcohol.

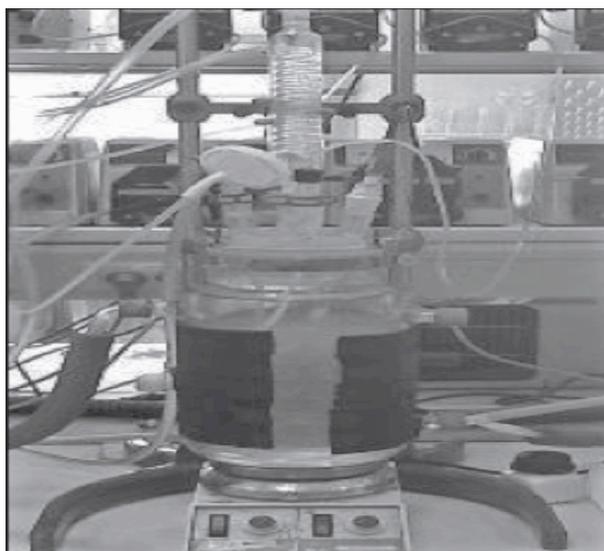


Ilustración 25. Pruebas y puesta en marcha del bioreactor para el desarrollo de las fases del proyecto.

Fase 1. Adecuación y solubilización de la FORSU.

En esta fase se analizaron los resultados obtenidos de Demanda Química de Oxígeno (DQO) a partir de muestras obtenidas posterior a la adecuación y solubilización. (Ilustración 26).

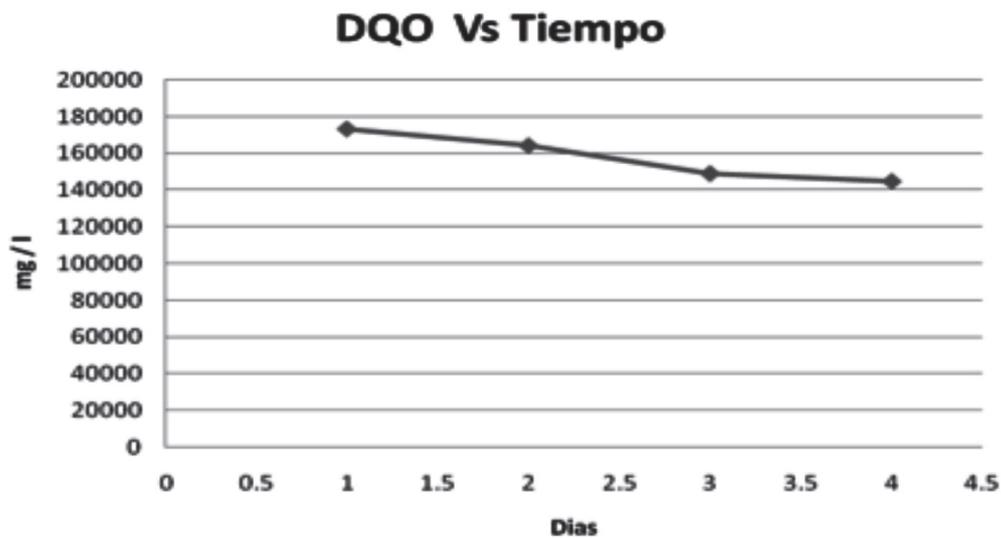


Ilustración 26 Variación DQO vs Tiempo[97]

Por medio de la cromatografía de gases se tomaron los datos para las mediciones de los compuestos evaluados presentes en los gases de las muestras, identificando solamente concentración de CO₂ y CH₄. (Ilustración 27)

Los datos obtenidos de la DQO son valores elevados equivalentes al promedio de lo que sería un relleno sanitario joven (menor a dos años), notándose que posterior al proceso, la solubilización de los compuestos orgánicos fue rápida. Sobresale el descenso de la DQO en el tiempo, lo que podría deberse a transformaciones anaerobias ocurridas durante el proceso, comprobándose esta situación con la producción de metano y de dióxido de carbono del sistema.[97]

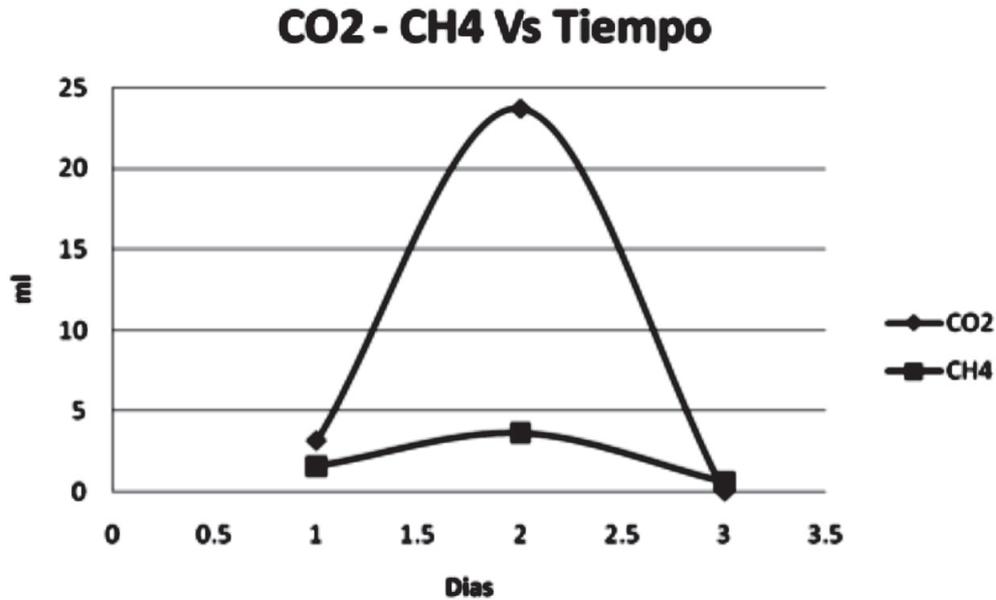


Ilustración 27. Producción de Gases vs Tiempo. [97]

Fase 2. Fermentaciones patrón para usar como estándar.

Para este caso que es la determinación de los sólidos suspendidos totales (SST) y de los sólidos suspendidos volátiles, se usó el método que se rige en las Normas 2540 D y 2540 E respectivamente. También fueron valoradas las concentraciones de etanol, acetona y glucosa frente al tiempo (Ilustración 28).

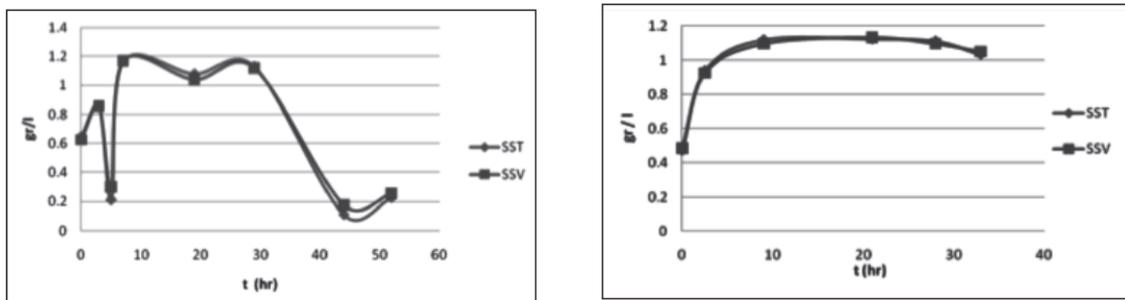


Ilustración 28. Comportamiento de los SST y SSV vs Tiempo.

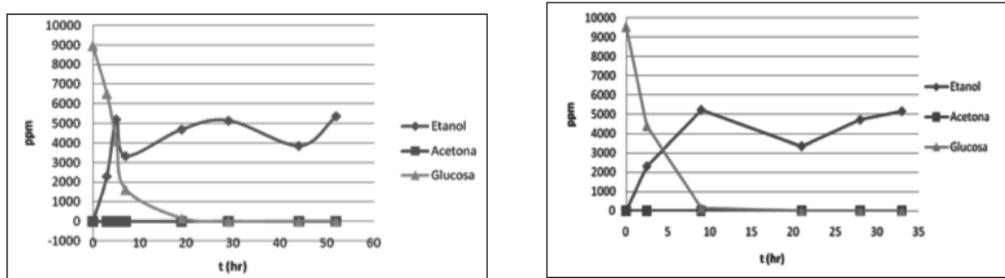


Ilustración 29. Producción de bioalcohol, acetona y glucosa vs tiempo.[97]

En la fase 2, hechos los experimentos sin y con control de pH se observó que la producción de bioalcoholes se podía ver afectada por esta variable y por esto se decidió incorporarla como una variable de proceso. El rendimiento de etanol logrado fue de 0.5 gr etanol/gr de glucosa, con una producción marginal de CO₂ y CH₄. [97]

Fase 3. Fermentación de la FORSU y obtención del bioalcohol.

Por el hecho de que en esta fase se experimentó con la FORSU ya preparada y solubilizada, se realizó el análisis de la medición de la DQO a partir de cada toma de muestra de forma directa; se evidencian los resultados obtenidos de SST y SSV con respecto al tiempo (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.) los resultados de producción de bioalcohol y acetona contra el tiempo (Ilustración 30) [97]

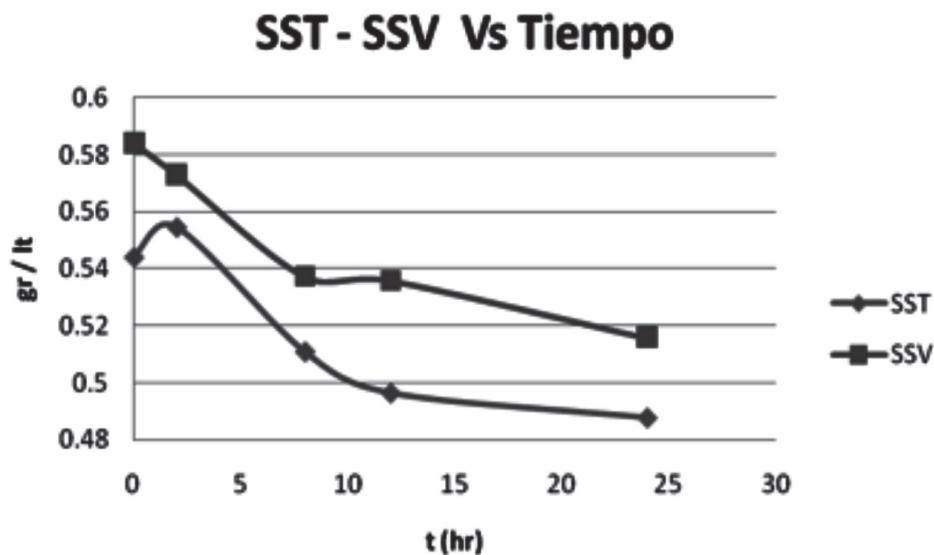


Ilustración 30. Comportamiento de los SST y SSV vs Tiempo.[97]

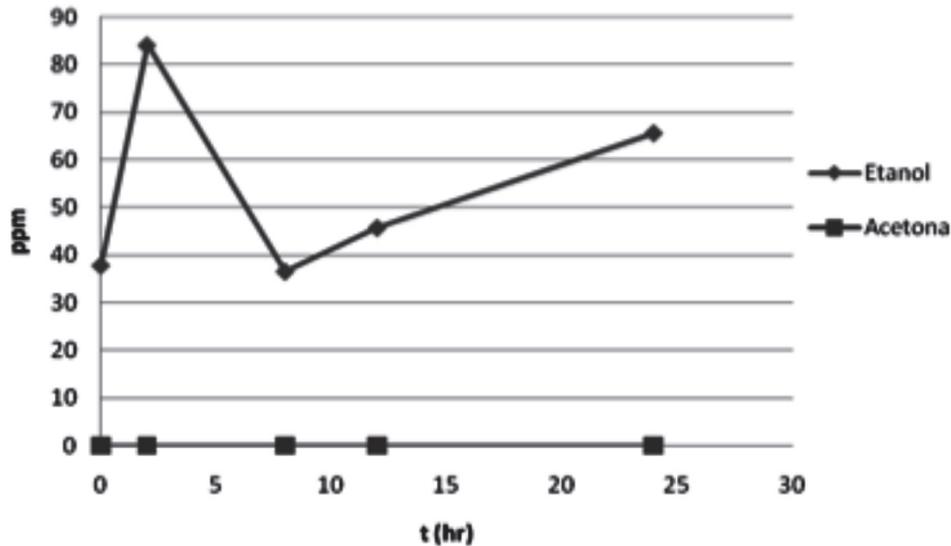


Ilustración 31. Comportamiento de la producción de bioalcohol vs Tiempo.[97]

En esta fase el comportamiento observado para la producción de bioalcohol a través del tiempo se atribuye a una reacción metabólica colateral desarrollada entre las 0 y 7 horas, gracias a esto se generó como metabolito intermedio el alcohol, el cual fue degradado luego y usado como material para producir etanol de forma continua y persistente a partir de las 7 horas.[97]

Bioetanol a partir de residuos domiciliarios.

En la investigación preliminar se identificaron unos componentes de la FORSU que pueden ser transformados a bioetanol, aplicando un proceso llamado hidrolisis previamente. Gracias a esta etapa se puede llevar a cabo un proceso básico en el cual la biomasa se transforma a moléculas de azúcares, las cuales se fermentan y mediante esto se transforman a alcohol, en el cual, con su posterior destilación, se logrará obtener la pureza deseada.[97]

Cabe destacar que se llevaron a cabo cuatro fases experimentales, desarrolladas mediante la instalación a escala de laboratorio de un sistema biológico para cada proceso, a saber:

- Hidrolisis / solubilización de la FORSU.
- Fermentación de glucosa sin control de pH.
- Fermentación de glucosa con control de pH.
- Fermentación de la FORSU.

Fase I. Hidrolisis / solubilización de la FORSU.

En la fase I se realizó la preparación de la muestra mediante la cual se desarrolla el resto de procedimientos experimentales.

Inicialmente se procedió con la recopilación de cada uno de los componentes necesarios y luego se realizó una trituración de los residuos orgánicos. Para luego efectuar la composición mezclada de los diversos tipos de componentes orgánicos con un contenido de carga según se especifica a continuación en la Tabla 25. [97]

Tabla 25. CARACTERÍSTICAS DE LA COMPOSICIÓN DE LA FORSU[97]

Componente	Cantidad (gr)	Componente	Cantidad (gr)
Papa	62	Naranja	49
Zanahoria	28	Tomate	20
Guisantes	13	Carne	22
Manzana	49	Pasta hervida	23
Banana	35	Arroz hervido	23
Repollo	51	Pan	35
Cebolla	30	Papel	50
Coliflor	10	TOTAL	500 gr

Adicionalmente se agregó agua destilada a la composición de la mezcla, la mezcla anterior se llevó a cabo en un bioreactor por un periodo de 14 días, esto con el objetivo de ejecutar la extracción de la materia orgánica por medio de hidrólisis y solubilización de la misma, luego mediante una agitación continua que es realizada mediante un sistema agitador mecánico.

Por último, se adiciono un sistema de recirculación del líquido, todo esto con la finalidad de garantizar la homogeneidad de la masa orgánica, del proceso y de las muestras analizadas.

Se adiciono nitrógeno con el fin de evacuar el oxígeno y evaluar los gases generados por producto de la fermentación, todo esto para realizar el análisis de los gases.[97]

Fase II. Fermentación de glucosa sin control de pH.

En la fase II se realizó la instalación experimental para realizar la fermentación de la glucosa (45 gr), sin control de pH, en una preparación del sustrato diluido, sales (340 ml) y levadura (4 gr) en agua destilada hasta llegar a completar los 5 litros, todo esto a una temperatura controlada. La agitación del biorreactor se la realizo por medio de un agitador magnético colocado por debajo del reactor gracias a su diseño exterior con fondo plano.

Fase III. Fermentación de glucosa con control de pH.

En la fase III hizo la instalación experimental de la glucosa (27 gr) con control de pH, en una preparación del sustrato diluido, sales (200 ml) y levadura (2.4 gr) en agua destilada (hasta 3 litros), con la condición de llevar una temperatura controlada y con pH controlado para la estabilidad de los microorganismos.

Fase IV. Fermentación de la FORSU.

Para la última fase se usó la preparación de FORSU (186.5 mL) que se obtuvo en la fase I, con levadura (2.4 gr) y diluida hasta 3 litros en agua destilada, con control de pH (5.0) y una temperatura controlada.

Obtención y valoración de combustible líquido por medio de pirolisis a partir de residuos sólidos domésticos.

Para este método se necesita reducir la humedad a menos del 5 % de la estufa marca Memmert donde se ubican los residuos sólidos domésticos en bandejas de aluminio, por 24 horas a una temperatura de 100°C.

Se utiliza el equipo analizador de humedad HB43-5 para comprobar que la humedad se ha reducido notablemente, comprobando que está correctamente equilibrada, se coloca máximo 3 gr de la materia obtenida anteriormente, verificando que el tamaño de partícula del mismo sea reducido ya que se usa el patrón “café molido” para que la máquina corra en proceso.

Luego de verificar una humedad menor al 5% se procede a reducir al máximo el tamaño (3 mm aproximadamente) de los residuos secos este proceso se realiza en la licuadora industrial Blender C816. Luego de obtener la muestra correcta se procede a pesar en la balanza analítica 50g de la misma y dispone en una capsula de porcelana. Luego en el equipo de pirolisis se coloca la capsula y su contenido en la sección adecuada para la muestra, se cierra con los respectivos tornillos en cruz tratando de que no queden fugas. Para esto se introduce aire mediante la manguera del equipo Porter Cable – Pro hasta que el manómetro nos indique una presión de 40 PSI, se cierra la llave del equipo y se procede a agregar agua en los bordes de la tapa donde sí se generan burbujas de gran tamaño se deberá cerrar con mayor fuerza para iniciar el proceso, se extrae el aire con la bomba de vacío Gast hasta que el manómetro indique presión cero. Se cierra la llave de la máquina,

la encendemos en voltaje de 220 V, posicionando el termómetro en su lugar. Al mismo tiempo se ha instalado un Erlenmeyer donde se almacenarán los productos tanto líquidos como los gases ya condensados, en este recipiente que contiene el Erlenmeyer se adhiere hielo en su totalidad para favorecer las reacciones de condensación.

Cuanto sube la temperatura se controla la presión, pues según las especificaciones del equipo es favorable que el manómetro no señale más de 40 PSI, al momento que se genera esta presión se enciende la torre de enfriamiento la cual tratamos que sea constante, luego se abre suavemente la llave para disminuir la presión, al momento que el manómetro marque presión cero se cierra la llave. Se nota que la temperatura también disminuye es debido a que la presión y temperatura están relacionadas, si la presión baja la temperatura también. Este proceso se realiza cada vez que el equipo alcance presión de 40PSI hasta que alcance la temperatura de 400°C a la cual la maquina está programada, se abre lentamente la llave para ir reduciendo hasta 0. Se deja enfriar el equipo para poder retirar la muestra y continuar con más corridas de pirolisis, se comprueba la cantidad de producto obtenido gracias al Erlenmeyer. El resto que sobra en la capsula de porcelana se procede a almacenar pues el mismo puede ser utilizado como carbón activado el cual se puede usar para otros fines.[98]

Aplicaciones.

- Debido al potencial energético que posee el biogás, este puede ser utilizado en aplicaciones tales como cocción, calentamiento y generación de energía eléctrica mediante los motores de combustión interna y turbinas de gas, lo cual implica buscar alternativas para mejorar las propiedades de combustión del biogás.[95]
- El biodiesel se considera un combustible alternativo para motores de combustión interna. Por lo general el biodiesel está formado por ésteres metílicos de cadena larga de ácidos grasos como el ácido láurico, palmítico, esteárico y oleico. El biodiesel es el mejor candidato para del gasóleo en los motores diésel.
- El bioetanol puede utilizarse como combustible, ya se mezclado con gasolina o solo. Se usó se ha ampliado principalmente para sustituir el consumo de derivados del petróleo. Así como se ha llegado a la creación de biocombustibles que sean menos contaminantes, como el e5, e 10 y e85 (gasolina con un 5% de etanol, 10% y 85% respectivamente).

Los residuos como materia prima para la producción de biocombustibles.

La gran mayoría de los residuos sólidos urbanos y los de manejo especial son orgánicos, por lo que son aptos para emplearlos como biocombustibles. De acuerdo con la secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, en México durante el año 2012 se desecharon 42102.75 toneladas de RSU; de las cuales 22070.27 toneladas eran de origen orgánico como basura de comida y jardines; y 5822.82 toneladas eran residuos procedentes del papel y el cartón.[94]

Impacto social y económico en el uso de biocombustibles a partir de residuos domésticos.

En la actualidad los biocombustibles representan una fuente potencial de energía renovable, así como podrían producir nuevos y expansivos mercados para los productores agrícolas. Pero, solo algunos de los programas actuales de biocombustible son viables, y la mayoría necesitan altos costos sociales y ambientales. Los efectos económicos, sociales y ambientales de los biocombustibles a partir de residuos domésticos deben debatirse ampliamente y es necesario evaluarlos cuidadosamente antes de extender el apoyo del sector público hacia programas de biocombustibles en gran escala. Las estrategias de los países cuando se trata de biocombustibles deben basarse en una prueba minuciosa de estas oportunidades y costos a mediano y largo plazo. El factor más importante a tomar en cuenta son las reservas de petróleo que según expertos se acabarían en 50 años.

Impacto ambiental de los biocombustibles a partir de residuos domésticos.

El beneficio ambiental sobre la elaboración y el uso de estos tipos de biocombustibles se nota profundamente en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero producidas por la descomposición de la materia orgánica en desechos agropecuarios y en los rellenos sanitarios. Los componentes principales del biogás son el metano y el dióxido de carbono con menores fracciones de oxígeno, nitrógeno y trazas de otros compuestos volátiles orgánicos. El biogás tiene un bajo poder calorífico pero su energía basta para mantener en operación un dispositivo de generación de potencia como turbinas, micro turbinas, motores alternativos o sistemas de calentamiento y cocción de alimentos.

Siendo la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero uno de los objetivos de algunas medidas de apoyo a la producción de biocombustibles. Pero la producción agrícola provoca en general ciertos efectos negativos inesperados en la tierra, el agua y la biodiversidad que resultan especialmente preocupantes en relación con los

biocombustibles. El alcance de estos efectos depende de la manera en que se producen y se procesan las materias primas para biocombustibles, de la escala de la producción y, especialmente, del modo en que fluyen en el cambio del uso de la tierra la intensificación y el comercio internacional.[99]

Propiedades físico – químicas.

En la siguiente tabla se puede resaltar los resultados físico – químicos obtenidos de una investigación de un biocombustible a partir de un aceite vegetal de cocina desecho, mediante la misma se pueden comparar las propiedades con la Norma ASTM D 1298.

Mediante la evaluación se puede observar lo siguiente:

- La densidad y el índice de acidez del biocombustible obtenido concuerdan con la norma.
- La viscosidad cinemática se ajusta a la norma.
- El valor de la humedad está por encima del de la norma.
- El contenido de jabón resulta muy satisfactorio en cuanto a la norma.
- Los resultados en cuanto a la corrosión al cobre resultaron excelentes.

De estos análisis se atribuye que el biocombustible obtenido es perfectamente apto para ser implementado en motores de combustión interna.

Tabla 26. COMPARACIÓN DE RESULTADOS

Propiedades	Unidades	Resultados experimentales	Norma
Densidad a 15°C	g/mL	0.8850	0.8600-0.900 ASTM D 1298
Viscosidad cinemática a 40°C	$\frac{mm^2}{s}$	5.2210	1.900-6.0000 ASTM D 445
Índice de acidez	Mg NaOH/g de muestra	0.1696	0.8 máximo ASTM D 5751
Humedad	% volumétrico	0.2457	0.05 máximo ASTM D 42709
Contenido de jabón	Ppm	372.1730	500 máximo ASTM D 2709
Corrosión al cobre (3 h a 50°C)	Grado de corrosión	1a	1a mínimo -3 máximo ASTM D 130

Países con mayor producción de biocombustibles a partir de residuos sólidos urbanos.

A nivel mundial la producción de bioetanol es liderada por naciones como Estados Unidos, Brasil y Europa; en Latinoamérica se destacan Brasil, Argentina y Colombia, como líderes en la producción en el mundo ha crecido a un ritmo anual de 10% dando un total de 90187 millones de litros en el año 2009, de ese total, 82% corresponde a bioetanol y 18% a biodiesel. Colombia ocupa el décimo lugar de países productores de bioetanol con 0.4%. Argentina, ocupa el segundo lugar de productor mundial de biodiesel, con 13.1% del mercado, después de Estados Unidos que lidera con 14.3%; Brasil se ubica en quinto lugar, con 9.7% de participación.[86]

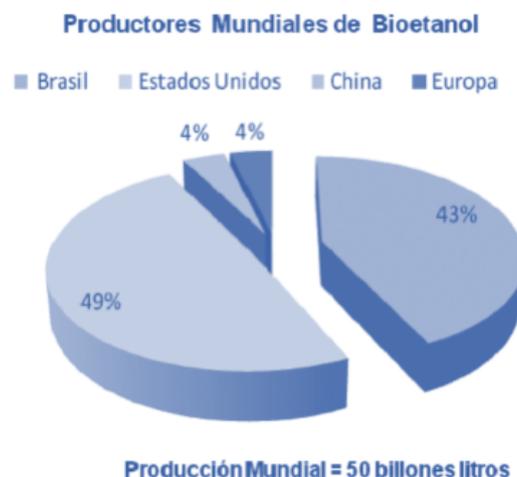


Ilustración 32. Principales productores de bioetanol en el mundo.

Diecinueve son los departamentos que consumen mezcla de gasolina son 10% de etanol, y cubren el 75% de la demanda nacional en Colombia, más o menos 69000 barriles/día.[97]

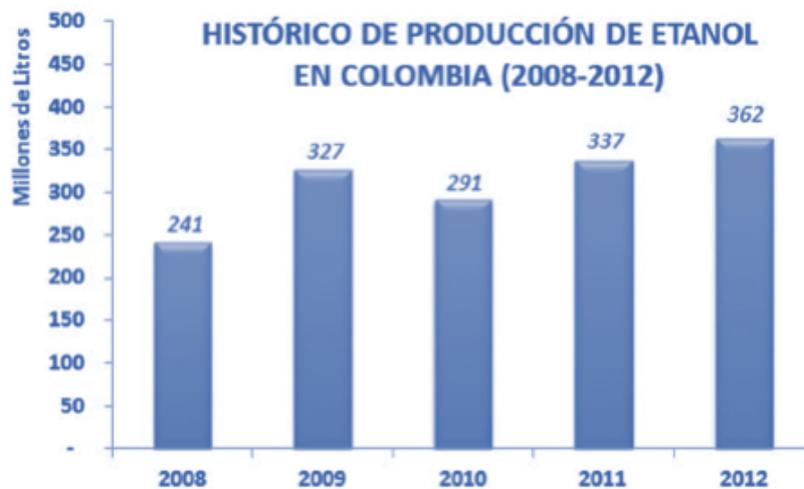


Ilustración 33. Producción histórica de etanol en Colombia.

En Colombia se produce etanol principalmente desde la industria azucarera a partir de la caña de azúcar con un total de cinco plantas en operación, que elaboran en total 1 millón litros/diarios de alcohol carburante.

Noticias actuales acerca de la obtención de biocombustibles a partir de residuos domésticos.

En Ecuador, la principal fuente para la biomasa proviene del banano, cacao, caña de azúcar, maíz, palma africana, incluyendo los residuos de tres actividades pecuarias. Pero, existen importantes proyectos de generación de energía que proviene del manejo del bagazo de caña.

En el país existen importantes avances en el campo de la biomasa como combustible de segunda generación y la obtención de energía por procesos termoquímicos o biológicos.

El investigador y profesor de la ESPOL, Juan Peralta, señala que, en el caso de esta universidad, en el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, se proyectan algunos temas relacionados con fuentes de energías renovables.

Además, se mantienen proyectos de investigación asociados al uso de la biomasa que indican la participación de estudiantes tanto de grado como de postgrado, ya sea en temas

como la caracterización de los desechos domésticos urbanos en Guayaquil y su reutilización en la industria local, también la valorización del banano de rechazo para la elaboración de almidón modificado de interés industrial, así también la tecnología de secado sostenible que optimiza el consumo energético en el proceso de secado del cacao.

Dado que el desperdicio de alimentos se considera material de costo cero, es posible desarrollar métodos comerciales rentables para la producción de biocombustibles con lípidos y carbohidratos. generado a partir del desperdicio de alimentos. Investigación sobre la conversión de el desperdicio de alimentos en biocombustibles proporcionará un alimento innovador estrategia de valorización; que podría contribuir sustancialmente a la economía de base biológica. Los residuos para la producción de biocombustibles son un excelente ejemplo para demostrar el enorme potencial de valorización de residuos para construir una sociedad sostenible. El consumo de combustible fósil a largo plazo conllevaría a un incremento en la contaminación ambiental y además proviene de una fuente energía no renovable.

El uso de biocombustibles es una gran alternativa sostenible si se pone en práctica las investigaciones necesarias para explotar completamente sus beneficios, debido a que los países no están completamente interesados a destinar recursos financieros para su desarrollo. El biodiesel es una buena alternativa ante los últimos aumentos que ha experimentado el precio del diésel. Además, tiene la ventaja de ser un combustible más limpio y renovable. Sin embargo, no se puede pensar que a futuro se logre reemplazar del todo el diésel necesario en la industria debido a que la superficie cultivable es limitada en comparación a la alta demanda que presentan los otros combustibles como extra, súper, etc.

A pesar de las desventajas que tiene Latinoamérica en cuanto a equipos, maquinaria y costos de implementación para la puesta en marcha de centrales de biocombustibles y biomasa, Latinoamérica tiene mucho potencial en cuanto a recursos, materia prima y mano de obra.

El uso de biocombustibles ha estado creciendo rápidamente alrededor del mundo, y Latinoamérica debe buscar la manera de solventar este combustible limpio, buscando estrategias de producción y procedimientos más eficientes y de menor costo en cuanto a los procesamientos, ya que sólo una pequeña parte de Latinoamérica liderada por Brasil Colombia y Argentina aprovechan este recurso que es tan importante y ayudará significativamente al medio ambiente.

Para que se logre un cambio en la matriz productiva, en el Ecuador, el gobierno deberá motivar a las pequeñas y grandes industrias con subsidios y/o la creación de leyes que favorezcan a los agricultores de materia prima para la obtención de biocombustibles y productores de etanol incentivando así el consumo de energías amigables con el medio ambiente

BIBLIOGRAFÍA

- [1] H. Sözer and H. Sözen, "Waste capacity and its environmental impact of a residential district during its life cycle," *Energy Reports*, vol. 6, pp. 286–296, 2020, doi: 10.1016/j.egy.2020.01.008.
- [2] A. Beylot and J. Villeneuve, "Environmental impacts of residual Municipal Solid Waste incineration: A comparison of 110 French incinerators using a life cycle approach," *Waste Management*, vol. 33, no. 12, pp. 2781–2788, 2013, doi: 10.1016/j.wasman.2013.07.003.
- [3] H. Sözer and H. Sözen, "Waste capacity and its environmental impact of a residential district during its life cycle," *Energy Reports*, vol. 6, pp. 286–296, 2020, doi: 10.1016/j.egy.2020.01.008.
- [4] A. Utami *et al.*, "Indonesian Waste Management: Municipal Biowaste Inventory at Yogyakarta City in 2017," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2018, vol. 212, no. 1. doi: 10.1088/1755-1315/212/1/012011.
- [5] M. Al Aukidy and P. Verlicchi, "Contributions of combined sewer overflows and treated effluents to the bacterial load released into a coastal area," *Science of the Total Environment*, vol. 607–608, pp. 483–496, 2017, doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.07.050.
- [6] J. Malinauskaite *et al.*, "Municipal solid waste management and waste-to-energy in the context of a circular economy and energy recycling in Europe," *Energy*, vol. 141, pp. 2013–2044, 2017, doi: 10.1016/j.energy.2017.11.128.
- [7] M. Dong, Z. Luo, Q. Jiang, X. Xing, Q. Zhang, and Y. Sun, "The rapid increases in microplastics in urban lake sediments," *Sci Rep*, vol. 10, no. 1, 2020, doi: 10.1038/s41598-020-57933-8.
- [8] V. Ishchenko, "Heavy metals in municipal waste: the content and leaching ability by waste fraction," *J Environ Sci Health A Tox Hazard Subst Environ Eng*, vol. 54, no. 14, pp. 1448–1456, 2019, doi: 10.1080/10934529.2019.1655369.
- [9] Z. Wang, J. Lv, F. Gu, J. Yang, and J. Guo, "Environmental and economic performance of an integrated municipal solid waste treatment: A Chinese case study," *Science of the Total Environment*, vol. 709, 2020, doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.136096.
- [10] D. Prihandoko, A. Budiman, C. Fandeli, and P. Setyono, "Alternative of waste treatment technology based on economic development and waste composition in TPST Piyungan, Yogyakarta," in *AIP Conference Proceedings*, 2019, vol. 2202. doi: 10.1063/1.5141720.
- [11] V. I. Parshukov, N. N. Efimov, V. V. Papin, and R. V. Bezuglovz, "Energy-Technological Complex, Functioning on the Basis of Waste Processing Technologies," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2018, vol. 463, no. 4. doi: 10.1088/1757-899X/463/4/042029.
- [12] J. Malinauskaite *et al.*, "Municipal solid waste management and waste-to-energy in the context of a circular economy and energy recycling in Europe," *Energy*, vol. 141, pp. 2013–2044, 2017, doi: 10.1016/j.energy.2017.11.128.

- [13] V. Diamantis and A. Aivasidis, "Performance of an ECSB reactor for high-rate anaerobic treatment of cheese industry wastewater: Effect of pre-acidification on process efficiency and calcium precipitation," *Water Science and Technology*, vol. 78, no. 9, pp. 1893–1900, 2018, doi: 10.2166/wst.2018.406.
- [14] T. Gienau, U. Brüß, M. Kraume, and S. Rosenberger, "Nutrient Recovery from Biogas Digestate by Optimised Membrane Treatment," *Waste Biomass Valorization*, vol. 9, no. 12, pp. 2337–2347, 2018, doi: 10.1007/s12649-018-0231-z.
- [15] E. Puglisi, F. Romaniello, S. Galletti, E. Boccaleri, A. Frache, and P. S. Cocconcelli, "Selective bacterial colonization processes on polyethylene waste samples in an abandoned landfill site," *Sci Rep*, vol. 9, no. 1, 2019, doi: 10.1038/s41598-019-50740-w.
- [16] M. Al Aukidy and P. Verlicchi, "Contributions of combined sewer overflows and treated effluents to the bacterial load released into a coastal area," *Science of the Total Environment*, vol. 607–608, pp. 483–496, 2017, doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.07.050.
- [17] I. L. Onyekwelu and O. P. Aghamelu, "Impact of organic contaminants from dumpsite leachates on natural water sources in the Enugu Metropolis, southeastern Nigeria," *Environ Monit Assess*, vol. 191, no. 9, 2019, doi: 10.1007/s10661-019-7719-2.
- [18] H. I. Abdel-Shafy and M. S. M. Mansour, "Solid waste issue: Sources, composition, disposal, recycling, and valorization," *Egyptian Journal of Petroleum*, vol. 27, no. 4, pp. 1275–1290, 2018, doi: 10.1016/j.ejpe.2018.07.003.
- [19] D. Bajno, A. Grzybowska, R. Tews, and Ł. Bednarz, "Structure and service safety of deep disposal landfills - Case study," in *MATEC Web of Conferences*, 2018, vol. 174. doi: 10.1051/mateconf/201817401029.
- [20] M. U. Ahmed *et al.*, "Cholera prevention and control in Asian countries 11 Medical and Health Sciences 1117 Public Health and Health Services," *BMC Proc*, vol. 12, 2018, doi: 10.1186/s12919-018-0158-1.
- [21] H. Hettiarachchi, S. Ryu, S. Caucci, and R. Silva, "Municipal solid waste management in Latin America and the Caribbean: Issues and potential solutions from the governance perspective," *Recycling*, vol. 3, no. 2, 2018, doi: 10.3390/recycling3020019.
- [22] M. Margallo, K. Ziegler-Rodriguez, I. Vázquez-Rowe, R. Aldaco, Á. Irabien, and R. Kahhat, "Enhancing waste management strategies in Latin America under a holistic environmental assessment perspective: A review for policy support," *Science of the Total Environment*, vol. 689, pp. 1255–1275, 2019, doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.06.393.
- [23] S. Peña and E. Zambrano, *Biocombustibles. Aprovechamiento de la Biomasa.*, 1era edici. Guayas: Savez editorial, 2021.
- [24] OPS, "Guía Para Caracterización," *Ops*, pp. 59–71, 1982, [Online]. Available: https://www.academia.edu/23969592/ANEXO_2_GUÍA_PARA_CARACTERIZACIÓN_DE_RESIDUOS_SÓLIDOS_DOMICILIARIOS
- [25] M. I. Alvarez Paguay, "Universidad De Guayaquil Tutor:," 2019. [Online]. Available: http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/41488/1/T-ZAMBRANO_ZAMBRANO JOSSELYN JAMILE.pdf

- [26] H. I. Abdel-Shafy and M. S. M. Mansour, "Solid waste issue: Sources, composition, disposal, recycling, and valorization," *Egyptian Journal of Petroleum*, vol. 27, no. 4, pp. 1275–1290, 2018, doi: 10.1016/j.ejpe.2018.07.003.
- [27] L. Avilez, "Modelo para el Manejo de Desechos sólidos de Origen doméstico," 2006.
- [28] S. Peña and J. López, "Desarrollo sostenible y oportunidad de aprendizaje de las biorrefinerías: Una alternativa de la biomasa / Sustainable development and learning opportunity of biorefineries: A biomass alternative," *Rev Cienc Soc*, vol. XXVI, 2020, doi: 10.31876/rcs.v26i0.34135.
- [29] Conama, "Desarrollo y aplicaciones de los biocarburantes," 2008.
- [30] Carballo, "Programa de Gobierno Salvemos Juntos a Cartagena 2020-2023," pp. 1–773, 2020.
- [31] E. Salinas and V. Gasca, "Biocombustibles," pp. 99–116, 2010, doi: 10.1787/agr_outlook-2010-6-es.
- [32] X. Flores, P. Fray, and E. Moran, "Tratamiento de residuos sólidos en la Unión Europea," *Revista Científica de la Investigación y el Conocimiento*, vol. 1, no. 4, pp. 339–364, 2017, doi: 10.26820/recimundo/1.4.2017.339-364.
- [33] L. Marquez-benavides, *Residuos sólidos Volumen 1*, vol. I, no. September. 2016.
- [34] L. J. Suárez, "PRODUCCIÓN DE BIOGÁSA PARTIR DE BIOMASA DE LA MICROALGA *Scenedesmus* sp. PROCEDENTE DE DIFERENTES PROCESOS," Universidad Politécnica de Madrid, 2014.
- [35] E. Sanz Castrodeza, "Evaluación del potencial de producción de biocombustibles a partir de microalgas," 2016.
- [36] J. E. Delgado, J. J. Salgado, and R. Perez, "Perspectivas de los biocombustibles en Colombia," *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, vol. 14, no. 27, pp. 13–28, 2015, doi: 10.22395/rium.v14n27a1.
- [37] P. Tello, *Gestión integral de Residuos sólidos urbanos*, vol. 44, no. 8. 2018. doi: 10.1088/1751-8113/44/8/085201.
- [38] C. V. Oramas, D. D. Keluarga, and C. V. Oramas, "MANUAL DE RECICLAJE Y PLAN DE SOCIALIZACIÓN PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL BARRIO BELLA FLOR DE LA LOCALIDAD DE CIUDAD BOLÍVAR," 2016.
- [39] A. Furtado, "Biocombustibles y comercio internacional: una perspectiva latinoamericana," *Naciones Unidas - CEPAL*, p. 34, 2009.
- [40] S. Peña, J. Mayorga, and R. Montoya, "Propuesta de tratamiento de las aguas residuales de la ciudad de Yaguachi (Ecuador) Proposal for the treatment of wastewater from the city of Ya-guachi (Ecuador)," 2018.
- [41] S. Peña and E. Zambrano, *Bioremediación de suelos contaminados con hidrocarburos derivados del petróleo*, vol. 1, no. 5. 2022. doi: 10.22490/24629448.351.
- [42] S. Peña, K. Rubira, and D. Navarrete, *Sistema de Gestion*, 1st ed. Ecuador: Compas, 2017.
- [43] C. Álvarez, "Biocombustibles: desarrollo histórico-tecnológico, mercados actuales y comercio internacional," *Economía Informa*, no. 359, pp. 63–89, 2009.
- [44] J. Alarcón, "Elaboración de briquetas a partir de desechos de tallos de rosas y papel reciclado," 2017.
- [45] P. N. Suares, M. L. Chica, and F. Sánchez, "UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL TUTORA ING . SANDRA PEÑA MURILLO, Msc . AÑO LECTIVO ii," pp. 10–11, 2020.

- [46] E. Peña, Sandra; Zambrano, *LA QUIMICA EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR*. Compas, 2017.
- [47] E. S. Aktaş, Ö. Demir, and D. Uçar, "A Review of the Biodiesel Sources and Production Methods," *International Journal of Energy and Smart Grid*, vol. 5, no. 1, p. 10, 2020.
- [48] S. Peña and E. Zambrano, *Bioremediación de suelos contaminados con hidrocarburos derivados del petróleo*, vol. 1, no. 5. 2022. doi: 10.22490/24629448.351.
- [49] S. Peña and E. Zambrano, *Biocombustibles. Aprovechamiento de la Biomasa.*, 1era edici. Guayas: Savez editorial, 2021.
- [50] J. M. Gómez, "Analysis of the variation in the efficiency in the production of biofuels in Latin America," *Estudios Gerenciales*, vol. 32, no. 139, p. 7, 2016, doi: 10.1016/j.estger.2016.01.001.
- [51] "Applications of biofuels in current scenario | Download Scientific Diagram." https://www.researchgate.net/figure/Applications-of-biofuels-in-current-scenario_fig1_323849526 (accessed Jan. 29, 2023).
- [52] Y. Dautor *et al.*, "Microalgas para biodiesel : desarrollo de un método de transformación genética para *Scenedesmus almeriensis* , una especie con potencial industrial .," *Chromica naturae*, vol. 3, no. 3, pp. 11–18, 2013.
- [53] F. S. Eshaq, M. N. Ali, and M. K. Mohd, "Spirogyra biomass a renewable source for biofuel (bioethanol) Production," *International Journal of Engineering Science and Technology*, vol. 2, no. 12, pp. 7045–7054, 2010.
- [54] J. Limachi Conto and J. Huahuachambi Huahuachampi, "OBTENCIÓN DE ETANOL A PARTIR DE LA BIOMASADE MICROALGAS (*Scenedesmus obliquus*) CULTIVADA EN AGUA RESIDUAL DE LAVANDERÍA DOMÉSTICA," 2020.
- [55] A. A. Bastos, J. E. Álvarez, J. G. Represa, M. Villar, M. R. Arribas, and A. R. Bouzón, "Cultivos de Algas para la Producción de Biocombustibles," *Revista de Biología UVIGO*, vol. 6, pp. 138–147, 2015.
- [56] S. Mishra and R. K. Upadhyay, "Review on biomass gasification: Gasifiers, gasifying mediums, and operational parameters," *Mater Sci Energy Technol*, vol. 4, pp. 329–340, Jan. 2021, doi: 10.1016/J.MSET.2021.08.009.
- [57] O. S. Castillo, S. G. Torres-Badajoz, C. A. Núñez-Colín, V. Peña-Caballero, C. H. Herrera Méndez, and J. R. Rodríguez-Núñez, "Producción de biodiésel a partir de microalgas: avances y perspectivas biotecnológicas," 2017.
- [58] I. C. Castellanos, K. González-Peralta, and S. J. Pinzón-Torres, "Microalgas como alternativa sostenible para la producción de biodiesel," *Revista Ontare*, vol. 6, Feb. 2020, doi: 10.21158/23823399.v6.n0.2018.2425.
- [59] R. Harun, W. S. Y. Jason, T. Cherrington, and M. K. Danquah, "Exploring alkaline pre-treatment of microalgal biomass for bioethanol production," *Appl Energy*, vol. 88, no. 10, pp. 3464–3467, 2011, doi: 10.1016/j.apenergy.2010.10.048.
- [60] J. Molina Korn, "Producción de bioetanol a partir de algas utilizando la levadura," 2013.
- [61] M. Puig-Arnavat, J. C. Bruno, and A. Coronas, "Review and analysis of biomass gasification models," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 14, no. 9, pp. 2841–2851, 2010, doi: 10.1016/j.rser.2010.07.030.

- [62] Coordinación de Energías Renovables and Dirección Nacional de Promoción, "Energías Renovables 2008 - Energía Biomasa," *Energías Renovables*, p. 16, 2008.
- [63] A. Herguedas, C. Taranco, E. Rodríguez, and P. Paniagua, "Biomasa, Biocombustibles Y Sostenibilidad," *Transbioma*, vol. 13, no. 2, pp. 105–109, 2015.
- [64] A. Romero, "Aprovechamiento de la biomasa como fuente de energía alternativa a los combustibles fósiles," vol. 104, pp. 331–345, 2010.
- [65] M. C. J. García *et al.*, "El método del hidrómetro: influencia de los tiempos de lecturas en el cálculo de la distribución del tamaño de partículas en suelos de La Habana," *Cultivos Tropicales*, vol. 29, no. 2, pp. 21–26, 2008, Accessed: Jan. 12, 2023. [Online]. Available: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362008000200004&lng=es&nrm=iso&tIng=es
- [66] D. Lesme-Jaén, René; Garcia-Faure, Luis; Oliva-Ruiz, Luis; Pajarín-Rodríguez, Juan; Revilla -Suarez, "Gasificación de biomasa para la generación de electricidad con motores de combustión interna. Eficiencia del proceso," *Tecnología Química*, vol. 36, no. 2, pp. 161–172, 2016, doi: 10.1590/2224-6185.2016.2.
- [67] A. Herguedas, C. Taranco, E. Rodríguez, and prado Paniagua, "Biomasa, Biocombustibles Y Sostenibilidad," *Transbioma*, vol. 13, no. 2, pp. 105–109, 2012.
- [68] C. A. Buckner *et al.*, "We are IntechOpen , the world ' s leading publisher of Open Access books Built by scientists , for scientists TOP 1 %," *Intech*, vol. 11, no. tourism, p. 13, 2016, [Online]. Available: <https://www.intechopen.com/books/advanced-biometric-technologies/liveness-detection-in-biometrics>
- [69] C. A. Buckner *et al.*, "We are IntechOpen , the world ' s leading publisher of Open Access books Built by scientists , for scientists TOP 1 %," *Intech*, vol. 11, no. tourism, p. 13, 2016, [Online]. Available: <https://www.intechopen.com/books/advanced-biometric-technologies/liveness-detection-in-biometrics>
- [70] The USDA Northwest Climate Hub, "Biofuel Production," 2018, 2018. <https://www.climatehubs.usda.gov/hubs/northwest/topic/biofuel-production>
- [71] J. M. Gómez, "Analysis of the variation in the efficiency in the production of biofuels in Latin America," *Estudios Gerenciales*, vol. 32, no. 139, p. 7, 2016, doi: 10.1016/j.estger.2016.01.001.
- [72] World Meteorological Organization and Atmosphere Watch Global, "The State of Greenhouse Gases in the Atmosphere Based on Global Observations through 2016," *World Meteorological Organization Bulletin*, no. 13, pp. 1–4, 2017, doi: ISSN 2078-0796.
- [73] M. F. Adegboye, O. B. Ojuederie, P. M. Talia, and O. O. Babalola, "Bioprospecting of microbial strains for biofuel production: metabolic engineering, applications, and challenges," *Biotechnol Biofuels*, vol. 14, no. 1, pp. 1–21, 2021, doi: 10.1186/s13068-020-01853-2.
- [74] K. Chávez, F. López, X. Palate, and C. Jacome, "Vista de Potencialidad de Biocombustibles a partir de Residuos Orgánicos.pdf," *INDTEC, C.A.*, 2021.

- [75] B. P. Tanveer, B. Malik, R. A. Bhat, and R. H. Khalid, "Bioprospecting of Bioresources," *Creating Value From Bioresources*, 2022, doi: <https://doi.org/10.1002/9781119789444.ch4>.
- [76] B. R. Davey, "The Use of Microbes in Biofuel Production," pp. 1–5, 2020, [Online]. Available: <https://www.news-medical.net/life-sciences/The-Use-of-Microbes-in-Biofuel-Production.aspx>
- [77] S. Achinas, J. Horjus, V. Achinas, and G. J. W. Euverink, "A PESTLE analysis of biofuels energy industry in Europe," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 11, no. 21, pp. 1–24, 2019, doi: 10.3390/su11215981.
- [78] M. F. Demirbas and H. B. Mustafa Balat, "Biowastes-to-biofuels," *Sila Science & Energy Company, University Mah, Trabzon, Turkey*, 2010, doi: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2010.10.041>.
- [79] S. C. Davis, F. G. Dohleman, and S. P. Long, "The global potential for Agave as a biofuel feedstock," *GCB Bioenergy*, vol. 3, no. 1, pp. 68–78, 2011, doi: 10.1111/j.1757-1707.2010.01077.x.
- [80] A. R. Dahiru, A. Vuokila, and M. Huuhtanen, "Recent development in Power-to-X: Part I - A review on techno-economic analysis," *J Energy Storage*, vol. 56, Dec. 2022, doi: 10.1016/j.est.2022.105861.
- [81] B. John and T. R. B. David J Lee, Jeremy Brawner, David Bush, Paul Turnbull, Paul Macdonel, "Eucalypts as a biofuel feedstock," vol. 2, no. 5, 2016, doi: <https://doi.org/10.4155/bfs.11.136>.
- [82] S. Mathur, A. v. Umakanth, V. A. Tonapi, R. Sharma, and M. K. Sharma, "Sweet sorghum as biofuel feedstock: Recent advances and available resources," *Biotechnol Biofuels*, vol. 10, no. 1, pp. 1–19, 2017, doi: 10.1186/s13068-017-0834-9.
- [83] A. Nogalska, A. Zukowska, and R. Garcia-Valls, "Atmospheric CO2 capture for the artificial photosynthetic system," *Science of The Total Environment.*, vol. 621, p. 4, 2018, doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.11.248.
- [84] Earth Journalism Network, "Biocombustibles y Biocarbón | Red de Periodismo de la Tierra," Jun. 01, 2011. <https://earthjournalism.net/resources/biofuels-and-biochar> (accessed Feb. 18, 2023).
- [85] D. Topi, "Transforming waste vegetable oils to biodiesel, establishing of a waste oil management system in Albania," *SN Appl Sci*, vol. 2, no. 4, pp. 1–7, 2020, doi: 10.1007/s42452-020-2268-4.
- [86] FAO, MINENERGIA, PNUD, and GEF, "Manual del Biogás," *Proyecto CHI/00/G32*, p. 120, 2011.
- [87] S. Coccojuela, "El biogás listo para generar electricidad," *BanESCO*, 2018.
- [88] Spurrier, *Biocombustibles*. 2013.
- [89] S. Peña, E. Zambrano, S. Fajardo, J. Paez, and C. Muñoz, *EVALUACIÓN ESPECÍFICA DE LOS COMBUSTIBLES EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL*. GUAYAQUIL: Compas, 2020.
- [90] S. Peña, E. Zambrano, J. Baquerizo, A. Loo, and K. Solórzano, "Nuevos sistemas de tratamientos de suelo contaminado por hidrocarburos," *Journal of Information Systems and Technologies*, vol. 09, no. E21, pp. 226–236, 2019.
- [91] S. E. Peña and A. Aviles, *Manual de Laboratorio de Petróleo*. Ecuador: Compas, 2017.
- [92] G. Noboa, "Registro Oficial 265," 2001.

- [93] E. Rondon, T., N. M. Szantó, J. F. Pacheco, E. Contreras, and G. A., *Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios*. 2016.
- [94] H. Trejo González, "Recursos tecnológicos para la integración de la gamificación en el aula," *Revista Tecnología, Ciencia y Educación*, pp. 75–117, 2019, doi: 10.51302/tce.2019.285.
- [95] A. M. M. Severiche and D. L. D. Romero, "Desarrollo de habilidades ambientales mediante un e-book para el manejo de residuos sólidos en los estudiantes del grado sexto de la Institución Educativa Técnica en Informática de Sincelejo . Facultad de Ciencias Sociales y Educación , Maestría en Recu," 2021.
- [96] L. C. Fernández-Linares, J. Montiel-Montoya, A. Millán-Oropeza, and J. A. Badillo-Corona, "Producción de biocombustibles a partir de microalgas," *Ra Ximhaj*, vol. 8, pp. 101–116, 2012, doi: 10.35197/rx.08.03.e2.2012.10.lf.
- [97] J. A. Martínez Sepúlveda, L. M. Pérez Junco, and M. R. Casallas, "Producción biocombustibles en colombia a partir de fuentes no convencionales," *Puente, Revista Científica*, vol. 9, pp. 79–85, 2015.
- [98] X. M. Campoverde Jara, "Obtención y Valoración de Combustible Líquido por Medio de Pirolisis, a Partir de Residuos Sólidos Domésticos," 2016.
- [99] G. (Universidad A. M. Arango, "Obtencion_de_biogas_Arango_Escorcia_G_2018.pdf." p. 116, 2018.

Autores



ING. SANDRA PEÑA MURILLO MSc.

DOI: 0000-0002-7848-8021

La autora nace en 1977, en Guayaquil. Los estudios Universitarios y de Post-grado los cursa en la Facultad de Ingeniería Química, de la Universidad de Guayaquil; obteniendo el título de Ingeniera Química (2000), Magister en Ingeniería Ambiental (2008), Magister en Scientiae de la Ingeniería Química y Aspirante a Doctor en Ingeniería con énfasis en Ingeniería Química, en la Universidad del Valle. Laboró en Empresas Públicas y Privadas: SGS del Ecuador, Ministerio de Minas y Petróleos, Ministerio del Ambiente, Pacifpetrol, Quibis, Universidad de Guayaquil; donde se desarrolló profesionalmente como: Asistente de Proyectos y Auditorías Ambientales; Laboratorista Control de Calidad en Combustibles (2001–2002); Gerente Propietaria de Laboratorios Peña; Delegada Regional de Protección Ambiental (2003–2009); Consultor y Asesor Técnico Ambiental (2010- Actual); Docente de Petróleo (2014 – Actual); además de: Directora del Dep. de Planificación y Acreditación (2015) y Directora Carrera de Ingeniería Química de la Facultad de Ing. Qca de la Universidad de Guayaquil 2015 – 2018; 2021-actual.

E-mail: sandra.penam@ug.edu.ec

Estar preparado es importante, saber esperar lo es aún más, pero aprovechar el momento adecuado es la clave de la vida.



ING. EDDIE ZAMBRANO NEVAREZ, MSc.

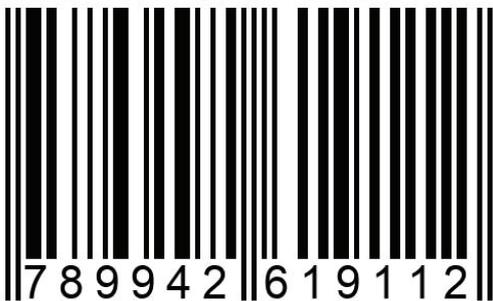
DOI: 0000-0003-0358-0402

Nace en Quevedo 1974 de profesión Ingeniero Químico (2000) Facultad de Ingeniería Química, de la Universidad de Guayaquil. Magister Scientiae en Ingeniería Química de la Universidad de Los Andes, Mérida-Venezuela (2018). Realiza diplomado de seguridad, higiene y salud ocupacional (2008) Facultad de Ingeniería Industrial, de la Universidad de Guayaquil. Se ha desarrollado profesionalmente en la industria de hidrocarburos en Empresas Públicas y Privadas, como Petrobras, Repsol, Quimipac, Solipet y Petroamazonas, desarrollando actividades en las áreas de CSMS (Calidad, seguridad y medio ambiente), tratamientos químicos del petróleo y del gas natural, control de la corrosión, bombeo hidráulico y completación de pozos, Además: Docente de Química en la UPSE (Universidad Península de Santa Elena 2002) y colaborador con la Facultad de Ingeniería Química, dictando cursos de Corrosión (2002 – 2003) Actualmente Docente contratado tiempo completo en la Universidad de Guayaquil, Facultad de Ingeniería Química(Nov-2019; 2022-actual); Facultad de Filosofía y Letras 2019-2021.

E-mail: eddie.zambranom@ug.edu.ec

La verdad en toda su desnudez y pobreza es más adorable y santa que la mentira disfrazada yuntuosa.

ISBN: 978-9942-619-11-2



SCAN ME



Tinta & Pluma
Editorial



OPEN ACCESS