



*Los biocombustibles como alternativa de energía a partir de recursos renovables
y/o desechos*

Biofuels as an energy alternative from renewable resources and/or waste

*Biocombustíveis como alternativa energética a partir de recursos renováveis e/ou
resíduos*

Víctor Miguel Toalombo-Vargas ^I
victor.toalombo@epoch.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-9479-6307>

Mónica Patricia Feijoo Álvarez ^{III}
monicafejoo@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-2653-3580>

Danielita Fernanda Borja Mayorga ^{II}
danielitaborjagmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-8438-064X>

Juan Pablo Cedillo Espinoza ^{IV}
juancedillo@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-4489-2560>

Correspondencia: victor.toalombo@epoch.edu.ec

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

* **Recibido:** 23 de marzo de 2022 * **Aceptado:** 12 de junio de 2022 * **Publicado:** 8 de julio de 2022

- I. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador.
- II. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador.
- III. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador.
- IV. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador.

Resumen

El presente documento recopila información existente hasta el momento en lo que se refiere a obtención, comercialización, ventajas y desventajas del uso de biocombustibles como alternativa de combustibles a partir de recursos renovables y/o desechos. El estudio de biocombustibles tiene como principal objetivo la reducción de la contaminación causada por los combustibles fósiles derivados del petróleo y la búsqueda de alternativas energéticas. Para producir biocombustibles se tiene como base cualquier tipo de biomasa, de acuerdo a sus características se le aplica diferentes procedimientos para obtención de biodiesel, existen además nanoaditivos que ayudan a mejorar la eficiencia energética de los biocombustibles para que cada vez se aumente el porcentaje del mismo en la mezcla diésel-biodiesel por ejemplo: nanopartículas de cerio, de alúmina, de silicio o de alofán, las mismas que tienen en común el potenciar la capacidad energética de biocombustibles aumentando el poder calorífico y en el caso del alofán reduciendo las emisiones de gases contaminantes productos de la combustión. Dejando de lado las investigaciones de laboratorio se evalúan los parámetros que determinan si un proyecto de producción de biodiesel a gran escala resulta viable o no, dependiendo del país, sus políticas de estado con relación a biocombustibles e impuestos.

Palabras Clave: biocombustible; biomasa; biodiesel; recursos renovables; contaminación.

Abstract

This document compiles existing information to date regarding obtaining, marketing, advantages and disadvantages of the use of biofuels as an alternative fuel from renewable resources and/or waste. The study of biofuels has as its main objective the reduction of pollution caused by fossil fuels derived from oil and the search for energy alternatives. To produce biofuels, any type of biomass is based on it, according to its characteristics, different procedures are applied to obtain biodiesel, there are also nanoadditives that help improve the energy efficiency of biofuels so that the percentage thereof is increased each time. in the diesel-biodiesel mixture, for example: nanoparticles of cerium, alumina, silicon or allophane, the same ones that have in common that they enhance the energy capacity of biofuels by increasing the calorific power and, in the case of allophane, reducing gas emissions polluting products of combustion. Leaving aside laboratory research, the parameters that determine whether a large-scale biodiesel production project is viable or not are evaluated, depending on the country, its state policies in relation to biofuels and taxes.

Keywords: biofuel; biomass; biodiesel; renewable resources; pollution.

Resumo

Este documento compila as informações existentes até o momento sobre obtenção, comercialização, vantagens e desvantagens do uso de biocombustíveis como combustível alternativo a partir de recursos renováveis e/ou resíduos. O estudo dos biocombustíveis tem como principal objetivo a redução da poluição causada pelos combustíveis fósseis derivados do petróleo e a busca por alternativas energéticas. Para produzir biocombustíveis, qualquer tipo de biomassa se baseia nele, de acordo com suas características, diferentes procedimentos são aplicados para a obtenção do biodiesel, também existem nanoaditivos que ajudam a melhorar a eficiência energética dos biocombustíveis para que sua porcentagem seja aumentada a cada vez. mistura diesel-biodiesel, por exemplo: nanopartículas de cério, alumina, silício ou alofano, as mesmas que têm em comum aumentar a capacidade energética dos biocombustíveis aumentando o poder calorífico e, no caso do alofano, reduzindo as emissões de gases poluentes produtos da combustão. Deixando de lado as pesquisas laboratoriais, são avaliados os parâmetros que determinam se um projeto de produção de biodiesel em larga escala é viável ou não, dependendo do país, suas políticas estaduais em relação aos biocombustíveis e impostos.

Palavras-chave: biocombustível; biomassa; biodiesel; recursos Renováveis; poluição.

Introducción

Se denomina biocombustible a aquel combustible que provenga o se derive de la biomasa, sabiendo que la energía de la biomasa es de origen animal o vegetal (ej: la madera o viruta de los bosques y aserraderos, los residuos de procesos agrícolas y forestales, de la basura industrial, humana o animal). (1). Al hablar de biocombustibles se está refiriendo a una alternativa energética que en corto y mediano plazo ofrecen solución a los problemas ambientales de la actualidad. (2). Son también una fuente de mercado para productores agrícolas siempre y cuando se evalúen minuciosamente las ventajas y desventajas antes de pensar en una producción a gran escala de estos biocombustibles a mediano y largo plazo, considerando que según expertos las reservas de petróleo se extinguirán en 50 años. (3)

El uso de biocombustibles tiene como objetivo principal reducir las emisiones de gases de efecto invernadero que sobrecalientan la superficie terrestre y aceleran el cambio climático. El uso de la biomasa para consumo energético reduce las emisiones de CO₂ en la atmósfera a diferencia del uso de hidrocarburos, lo que permite disminuir el impacto negativo que se tiene por parte de los combustibles fósiles sobre el cambio climático.(4)

Metodología

Por considerarse una revisión bibliográfica este documento se desarrolla en base al estado del arte de investigaciones con relación a los tipos, producción, eficiencia energética y rentabilidad de los biocombustibles, en diferentes países del mundo.

Desarrollo y discusión

3.1 Biocombustibles

Los combustibles que más se consumen en el mundo son la gasolina o el diésel, que se derivan del petróleo el cual es un recurso no renovable y al ser utilizados emiten grandes cantidades de gases contaminantes a la atmósfera, por lo que a lo largo de varios años se han venido obteniendo nuevos combustibles basados en la utilización de recursos renovables como son los biocombustibles de aceites vegetales (biodiesel), o los biocombustibles de biomasa (bioetanol). (1,5)

Los biocombustibles se componen de alcoholes, éteres, ésteres y otros compuestos químicos, que se producen a partir de biomasa, como son las plantas herbáceas y leñosas, los residuos de la agricultura y actividad forestal, y una gran cantidad de desechos industriales, como los desperdicios de la industria alimenticia.(1)

3.2 Biomasa

La biomasa involucra un conjunto de materias orgánicas, constituye una fuente de energía renovable que se basa en la utilización de la materia orgánica formada por vía biológica en un pasado inmediato o de los productos que se derivan de la misma. Además, el material orgánico presente en las aguas residuales, lodos de depuración, fracciones orgánicas presentes en los residuos sólidos, constituyen biomasa. En sí, el contenido energético de la biomasa procede en de la energía solar fijada por los vegetales en el proceso de la fotosíntesis en su última instancia. (6)
Como resultado de biocombustibles a partir de biomasa de puede obtener según su estado físico, biocombustibles sólidos, como referencia a los que se usan básicamente para fines térmicos y

eléctricos, y biocombustibles líquidos como sinónimo de los biocarburantes usados para automoción.(6)

La biomasa es considerada como una excelente alternativa energética debido a que a partir de ella se pueden obtener una gran variedad de productos; y también porque se adapta muy bien a todos los campos de utilización de los combustibles en la actualidad. A través de diferentes procesos de transformación, se puede obtener una serie de biocombustibles que pueden estar en estado sólido, líquido o gaseoso; y que pueden ser utilizados para cubrir necesidades energéticas en diversas áreas como, por ejemplo: de confort, transporte, cocina, industria y electricidad.(6)

La reducción de los gases de efecto invernadero que se obtienen con la utilización de biocombustibles se puede resumir en la siguiente tabla:

Tabla 1. Ahorro en la emisión de gases de efecto invernadero a partir de la sustitución de combustibles fósiles por biocombustibles.(7)

Biocombustible	Materia prima	
Ahorro [MJ]		
Etanol	Maíz	35,58
Etanol	Caña de azúcar	59,99
Biodiesel	canola	41,18
Biodiesel	Soya	38,79
Etanol	Biomasa lignocelulósica	63,10
Metanol	Biomasa lignocelulósica	77,60

3.3 Clasificación de los biocombustibles

Los biocombustibles se clasifican de acuerdo al tipo de materia prima que se utiliza para la elaboración del mismo. Esta clasificación corresponde a biocombustibles de primera, segunda y tercera generación. Los biocombustibles de primera generación se obtienen por fermentación o por transesterificación, los de segunda generación se obtienen a través de bioquímica y termoquímica y por último los de tercera generación se obtienen a partir de organismos que producen su propio alimento y utilizan la energía solar y CO₂ como por ejemplo las algas. (2). Existe también una cuarta generación de biocombustibles, de la cual solo se conoce la fase teórica, en donde las bacterias modificadas son capaces de transformar anhídrido carbónico en biocombustible.(8)

3.3.1 Biocombustibles de primera generación

Los biocombustibles de primera generación se producen a partir de cultivos alimenticios, y requieren de tecnología convencional para ello, dentro de los biocombustibles de este tipo están: el bioetanol, biodiesel y biogás. (9)

El proceso químico de transesterificación consiste en mezclar el aceite vegetal con metanol y un catalizador de manera que se separen biodiesel y glicerina como producto residual. El biodiesel se obtiene a través de la reacción de transesterificación que consiste en reemplazar el glicerol por un alcohol simple, para este proceso se debe disminuir la viscosidad del aceite para lo que se requieren temperaturas entre 40 y 60°C.(10)

La transesterificación se da al mezclar el 80 % de aceite vegetal que puede ser nuevo o usado, mas el 20 % de metanol y 3,5 gramos de sosa cáustica que actúa como catalizador. Estas 3 sustancias deben ser agitados durante una hora y dejar reposar durante 8 horas para que se separen el biodiesel y la glicerina. El biocombustible obtenido es de color ámbar; la glicerina es de color marrón oscuro, teniendo una consistencia gelatinosa que queda en el fondo del recipiente y para ser retirado se puede aplicar bombeo o drenaje.(11)

3.3.2 Biocombustibles de segunda generación

Los biocombustibles de segunda generación, son aquellos que permiten la transformación de la biomasa lignocelulósica en energía. Se refiere a biomasa lignocelulósica a la que se obtiene de residuos forestales, residuos de cultivos, maderas de bajo precio o aserrín. La transformación de la madera en biocombustibles puede llevarse a cabo por vías químicas. Entre las cuales existen tres posibilidades, puede ser por gasificación, pirólisis o hidrólisis. (12)

La hidrólisis consiste en romper los enlaces β -1,4-glicosídicos que unen las moléculas de celulosa y hemicelulosa, obteniendo los monómeros de azúcar correspondientes. El proceso Scholler es la primera tecnología desarrollada en este aspecto, el mismo que inició su desarrollo en Alemania en el año de 1920 y se considera actualmente como la principal vía de entrada de la biomasa en un proceso de biorrefinería (14)

3.3.3 Biocombustibles de tercera generación

Los biocombustibles de tercera generación tienen procesos de obtención similares a los anteriormente vistos, su diferencia radica en la aplicación, ya que estos se inclinan hacia cultivos bioenergéticos diseñados específicamente para mejorar la transformación de biomasa a biocombustible. En este tipo se destaca el cultivo de las diferentes especies de microalgas, cuyo

aceite puede ser utilizado como materia prima en la producción de biodiesel a través de procesos de transesterificación.(15)

Se toman como estudio las algas debido a su elevada tasa de crecimiento, puesto que tiene la capacidad de doblar su población en un periodo de 24 horas además de que crecen en ambientes de aguas marinas o aguas residuales, a comparación de otros cultivos que no se desarrollan en estas condiciones. (16,17)

En el proceso de transesterificación de algas marinas se altera el catalizador, que para el caso de *Chlorella protothecoide* se utiliza H_2SO_4 fundamentando la decisión en base a las propiedades ácidas del aceite de este tipo de microalgas, mientras que para las microalgas de especie *Nannochloropsis oculata* se utilizan dos catalizadores que son: CaO y MgO soportados en alúmina, de los cuales el uso de un catalizador de CaO soportado en alúmina, con 80% CaO/Al_2O_3 de carga inicial, y exceso de metanol garantiza una conversión cercana al 98% de biodiesel. (15)

Otra clasificación de los biocombustibles se adapta de acuerdo al estado físico de los mismos pudiendo ser líquido, sólido o gaseoso.(6)

3.3.4 Biocombustibles sólidos

Dentro de este grupo, los más importantes son los de tipo primario, constituidos por materias lignocelulósicas que proceden del sector agrícola, del sector forestal y de las industrias de transformación que producen residuos de esta naturaleza como por ejemplo la paja y los restos de poda de árboles y arbustos en jardines, árboles de olivo y/o frutales, la leña, las cortezas que se desprenden de los árboles son materiales típicos para obtención de biocombustibles sólidos de origen agrícola. A esto además se le suman desechos caseros como las cáscaras de frutos secos, la pepa de la aceituna y otros frutos, corchos, los muebles de madera que se desechan, todo esto constituye la materia prima para la fabricación de biocombustibles sólidos en base a desechos. Otro grupo de biocombustibles sólidos lo constituye el carbón vegetal, que resulta de un tratamiento térmico con bajo contenido en oxígeno, pero por ser un subproceso de materia prima ya tiene un costo adicional además de ser considerado producto secundario(6)

3.3.5 Biocombustibles líquidos

Esta denominación de biocombustibles líquidos se le da a una serie de productos de origen biológico que se usan como combustibles de sustitución de los combustibles derivados del petróleo (diésel y gasolina) o como aditivos de los mismos para su uso en motores (mezclas BX), con el

afán de reducir la emisión de gases de efecto invernadero. En este grupo tenemos directamente los biodiesel y el bioetanol. (6)

3.3.6 Biocombustibles gaseosos

Dentro de los biocombustibles gaseosos que se pueden obtener a partir de la biomasa están: el gas de gasógeno, el biogás y el hidrógeno.

3.3.6.1 Gas de Gasógeno

Este gas se obtiene al someter a la biomasa a temperaturas elevadas entre los 800 [°C] y 1 500 [°C] en condiciones libres de oxígeno con el fin de producir gases, estos gases tienen bajo poder calorífico es decir que están en el rango de 1 000 [Kcal/m³] a 1 200 [Kcal/m³]. Este biogás es utilizado con fines térmicos o se combina con motores para generar energía mecánica y eléctrica, las principales aplicaciones de ese gas son para combustión directa en un quemador o puede ser utilizado en un generador eléctrico a través de una turbina. Siempre se debe considerar la limpieza de los gases para que no obstruyan los sistemas en los que van a ser utilizados. (6)

3.3.6.2 Biogás

El denominado biogás es originado en base a la digestión de la biomasa, la composición de biogás es variable, pero sus principales componentes son: metano con rango de porcentaje entre (55-65), dióxido de carbono con rango en porcentaje entre (35-45), nitrógeno con rango de porcentaje entre (0-3), hidrógeno con rango de porcentaje entre (0-1), oxígeno con rango de porcentaje entre (0-1) y sulfuro de hidrógeno en calidad de partículas sólidas medidas en trazas. (6)

En base a la eficiencia energética del biogás, el poder calorífico del biogás se determina según la concentración de metano que tiene un poder calorífico de 9 500 [Kcal/m³], se puede aumentar este valor, si se elimina el porcentaje de dióxido de carbono que le acompaña puede ser total o parcialmente esta eliminación. Este tipo de transformación se da espontáneamente en pantanos, fondos de lagunas, lagos en los que haya depósitos de material orgánico. Por tal motivo al metano se le conoce también como el “gas de los pantanos”. El biogás se suele utilizar para generar electricidad. En el caso de los vertederos, su uso para este fin tiene como ventajas añadidas la quema del metano y su transformación en CO₂ y agua. De esta forma se reduce el efecto perjudicial del metano como gas de efecto invernadero. (6)

Se puede producir biogás a partir de estiércol porcino y residuos orgánicos, por fermentación semicontinua. Este experimento lo llevaron a cabo en el INPREX; en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann de Tacna. El proceso consiste

en prefermentar el sustrato fermentativo formado por excremento de cerdo, resto de vegetales del mercado (desechos agrícolas), hojas de pecana y agua para obtener un compost que constituyó el material fermentativo que se cargó al biodigestor para la producción de biogás. La fermentación se la hizo a temperatura de ambiente por un período de 4 meses del cual se obtuvo una producción diaria en promedio de 14,864 [cm³], a partir de los 18 días de iniciada la fermentación y una producción acumulada, hasta los 58 días en que se terminó la fermentación completa de la biomasa; Se obtuvo un volumen total de biogás de 644,668 [cm³], durante la etapa del experimento. Este tipo de experimentos sirven como iniciativa para lugares rurales en los que la energía eléctrica pública no alcanza, como se puede observar se requiere de tiempo para la fermentación y el abastecimiento es suficiente para una vivienda básica.(9)

3.3.6.3 Hidrógeno

El hidrógeno está considerado como un vector energético muy potencial. Los productos de esta combustión son el agua y una gran cantidad de energía 27 [Kcal/g], por lo que resulta ideal para un sin número de aplicaciones en la industria, el transporte e incluso dentro del hogar. La obtención del hidrógeno a partir de compuestos orgánicos hidrogenados, tales como hidrocarburos o alcoholes, se realiza mediante un proceso denominado “reformado”. El mismo que consiste en destruir las moléculas orgánicas y separar sus componentes elementales (carbono, hidrógeno y oxígeno) mediante reacciones con vapor de agua en presencia de un catalizador. Los elementos de los cuales se puede obtener hidrógeno limpio es el bioetanol, el mismo que se puede obtener de biomasa alcoholígenas inclusive a gran escala. (6)

1.4 Comercio de biocombustibles

En ciertos países que buscan la independencia energética se han introducido dentro del mercado internacional de biocombustibles, siempre y cuando se apliquen determinadas políticas que exigen el cumplimiento de compromisos ambientales. A pesar de que el objetivo es cuidar o reducir la contaminación ambiental, aparecen nuevas amenazas o ciertos riesgos para la seguridad alimentaria de estos países y a nivel mundial. El comercio internacional de este producto y el derecho de la Organización Mundial del Comercio cumplen un rol en la disciplina de los biocombustibles que merecen ser destacados. (18)

En los Estados Unidos el comercio y producción de los biocombustibles responde a su interés de alcanzar mayores grados de seguridad energética y principalmente reducir la dependencia al

petróleo que proviene de Medio Oriente, por otra parte, Europa tiene intereses principalmente ambientales y su intento por cumplir con el Protocolo de Kyoto. (19)

En Brasil se inició con la producción del etanol a partir de los años 70 desde que este país atravesó una crisis de petróleo y se vio impulsado a desarrollar combustibles alternativos que mejoren la economía interna del país, en la actualidad Brasil es indiscutiblemente el mayor promotor del comercio internacional de biocombustibles. (18,20)

Un incremento del comercio de biocombustibles constituiría a nivel mundial un aumento y expansión de cultivos en diferentes países lo que conlleva a plantearse un equilibrio ya que si bien tiene muchas ventajas a nivel ambiental como lo es la reducción de gases emitidos por la combustión en comparación de los combustibles hidrocarburos, desarrollo de la zona rural, mitigación de la pobreza en estas zonas, también se debe tomar en cuenta los aspectos negativos ya que el aumento de cultivos energéticos implican la reducción y deforestación de bosques, induce al monocultivo, contaminación del agua y problemas en la seguridad alimentaria. (21)

1.5 Mayores productores de biocombustibles a nivel mundial

Los principales productores de biocombustibles sean biodiesel o bioetanol a nivel mundial son: los Estados Unidos, Alemania, Francia, Brasil, China, India y Canadá cada uno con su materia prima característica y tipo de biocombustible producido. (18)

Los principales productores de etanol son Brasil utilizando caña de azúcar, Estados Unidos a base de maíz amarillo y Europa que utiliza cereales y remolacha. Entre Estados Unidos y Brasil acogen el 80% de la producción mundial de etanol, de los cuales Brasil abarca más del 50 por ciento. Con escala de producción menor se encuentra la China y la India con una producción de etanol.

En el caso del biodiesel en Europa se produce el 87% de la producción mundial y el 90% de esto es consumido internamente; dentro de la unión europea Alemania y Francia son los mayores productores de este biodiesel, Alemania con el 67% de la producción. Tras estos países se encuentra Canadá que también produce biodiesel, pero en menor escala. (18)

En Estados además de la producción de etanol a partir del maíz, también se realizan a partir de celulosa, a pesar de que el costo de producción es elevado. En este país y en otras partes del mundo se están desarrollando biocombustibles de segunda generación de biomasa lignocelulósica, para su degradación lignocelulósica se han venido desarrollando enzimas, el problema es la baja eficiencia y alto costo de producción, por lo que la producción a gran escala es limitada. Para la comercialización a gran escala. Se espera que para tiempos futuros se puedan corregir estos contras

y poder introducir la producción de biodiesel a partir de residuos de cultivos y residuos forestales a gran escala.(22)

Se puede llegar a creer que los cultivos para biocombustibles reemplazarán bosques y selvas debido a que podrían llegar a convertirse en un gran mercado para el sector agrícola con productos como maíz, caña de azúcar y plantas oleaginosas; dado que hay países que apoyan estas iniciativas como lo son Brasil, La Unión Europea y Estados Unidos olvidando por completo el objetivo de los biocombustibles, ya que al talar bosques no se está defendiendo la reducción de contaminación sino al contrario. (1)

A pesar de que Argentina inició tarde la revolución de los biocombustibles, una serie de medidas tomadas recientemente a nivel del gobierno federal y provincial han creado nuevas oportunidades para el desarrollo de biocombustibles dentro de ese país. Estas nuevas leyes federales sobre la producción de biocombustibles han provocado un auge de la inversión. Primordialmente se ha dirigido el interés en el sector del biodiesel, esto se debe a que el Diesel es el sector de combustible que domina en Argentina, esto en conjunto a la revolución agrícola con respecto a la soja de los últimos 15 años, que le ha convertido en el mayor exportador mundial de aceite de soja y harina de soja. El biodiesel permite extender esta revolución, desde la soja como alimento hasta la soja como combustible. La revolución del biodiesel ahora en curso promete extender las ventajas de los recién llegados de Argentina al combinar una mayor escala y menores costos con innovaciones técnicas introducidas, como cultivos genéticamente modificados y agricultura sin labranza. De esta manera, se puede ver que Argentina demuestra la superioridad de la producción de biocombustibles en los países del Sur sobre las condiciones que se obtienen en los países del Norte, incluida la disponibilidad de recursos superiores, la energía superior y los costos más bajos. Mientras que Brasil ha demostrado su superioridad en etanol a base de caña de azúcar, Argentina está a punto de demostrar su superioridad en biodiésel a base de soja.(30)

En Colombia se han realizado varias investigaciones, en el laboratorio y también se ha construido una planta piloto, con la finalidad de obtener biodiesel a partir de diferentes materias primas, como son: aceite de palma, aceite de higuera, aceites de cocina usados y subproductos de la industria avícola. En el caso del aceite de higuera se sabe que pertenece al grupo de materias primas consideradas como estratégicas para la producción de biodiesel en este país. El biodiesel obtenido a partir de esta planta constituye una futura sustitución en la mayoría de los derivados del petróleo ya que posee altas propiedades energéticas que se comparan con la del diésel. (2)

1.6 Ventajas de los biocombustibles

La combustión de la biomasa al tener escaso o nulo contenido en azufre, no produce óxidos sulfurosos o sulfúricos, que son los causantes de las lluvias ácidas, a diferencia de lo que ocurre en la quema de combustibles fósiles. (6)

En el caso de los biodiésel utilizados en motores o de las mezclas diésel biodiesel, las emisiones contienen menos partículas sólidas, menos porcentaje de emisión de gases de efecto invernadero y menor toxicidad que las emisiones que se producen al quemar hidrocarburos. (6)

Luego de la combustión de biomasa o biocombustibles sólidos se puede recuperar en las cenizas de la combustión importantes elementos minerales de valor fertilizante, como lo son el fósforo y el potasio.(6)

Si se consideran biomasa a ciertos tipos de residuos que tiene la necesidad de ser eliminados, su aprovechamiento energético se convierte en un aprovechamiento al utilizarlo como materia prima de biocombustibles. (6)

Países como estados Unidos se han propuesto incluir en su producción nacional cierto porcentaje de biocombustible con la finalidad de ir reduciendo y sustituyendo el uso de hidrocarburos. (4)

Se habla de una reducción de CO₂ en el ambiente ya que para el aprovechamiento energético de la biomasa se puede considerar que la emisión de CO₂ es la misma cantidad que fue captada por las plantas durante su crecimiento. Es decir, que no existe un incremento de este gas a la atmósfera.(23)

De ser bien manejado el tema de los cultivos energéticos, puede representar una oportunidad económica al sector agrícola en países con escasas reservas de petróleo.(9)

Permiten aumentar la diversificación de la matriz energética y reducir la dependencia del combustible fósil lo que tendrá un impacto en seguridad energética, es decir, la disponibilidad de energía en todo momento, en cantidades suficientes y en precios asequibles. Estas condiciones deben prevalecer a largo plazo para que la energía contribuya al desarrollo sostenible. Este es un tema crítico debido a la distribución desigual de los recursos de combustibles fósiles entre los países. (24)

Las tendencias actuales indican que el mundo seguirá dependiendo de los combustibles fósiles en las próximas décadas con la mayor parte de los recursos petroleros del mundo concentrados en algunas áreas del mundo.(24)

Los precios del mercado mundial para las fuentes de energía convencionales, en particular el petróleo, son bastante volátiles. Esto plantea grandes riesgos para la estabilidad económica y

política del mundo, con efectos dramáticos en los países en desarrollo importadores de energía. En este contexto, las energías renovables, incluidos los biocombustibles, pueden ayudar a diversificar el suministro de energía y aumentar la seguridad energética.(24)

Las grandes áreas deforestadas en los países en desarrollo y países menos desarrollados podrían recuperarse con cultivos de caña de azúcar, o cualquier otro cultivo que produzca aceites vegetales como el aceite de ricino y otros, para producir biocombustibles, además de las ventajas que ofrece la producción de biocombustibles, también tendría un impacto significativo en las oportunidades de empleo, principalmente en las zonas rurales. La proporción actual de empleos creados por unidad de energía producida es mucho mayor que en otros sectores de energía, y la generación de empleo en la mayoría de las otras industrias requiere mayores inversiones. (24)

En Brasil por ejemplo en el año 2004, el sector de la caña de azúcar es responsable de 700,000 empleos y alrededor de 3.5 millones de empleos indirectos, correspondientes a la producción de 350 millones de toneladas de caña (25).

El índice de octano de etanol excede el de la gasolina y su presión de vapor es menor que la gasolina, resultando en emisiones de evaporación más bajas. Su inflamabilidad también es mucho menor que la de la gasolina, lo que reduce el riesgo de que los vehículos se incendien. Además, no hay formación de encías asociada con lo que no es necesario o no se requieren antioxidantes ni aditivos detergentes. (26 en 24)

Las emisiones de acetaldehídos generan menos efectos adversos para la salud en comparación con los formaldehídos emitidos por motores de gasolina y diésel y además de esto, las emisiones de monóxido de carbono se redujeron drásticamente. En un principio, cuando la gasolina era el único combustible en uso, las emisiones de CO eran superiores a 50 [g / km]; pero con el tiempo bajó a menos de 5,8 [g / km]. (27)

Para ser una alternativa viable, un biocombustible debe proporcionar una ganancia neta de energía, tener beneficios ambientales, ser económicamente competitivo y ser producible en grandes cantidades sin reducir el suministro de alimentos. Con estos criterios se evalúa, a través de la contabilidad del ciclo de vida, el etanol del grano de maíz y el biodiesel de la soja. El etanol produce un 25% más de energía que la energía invertida en su producción, mientras que el biodiésel produce un 93% más. En comparación con el etanol, el biodiesel libera solo 1.0%, 8.3% y 13% de los contaminantes agrícolas de nitrógeno, fósforo y pesticidas, respectivamente, por ganancia neta de energía. En relación con los combustibles fósiles que desplazan, las emisiones de gases de efecto

invernadero se reducen en un 12% por la producción y combustión de etanol y en un 41% por biodiésel. El biodiesel también libera menos contaminantes del aire por ganancia neta de energía que el etanol. Estas ventajas del biodiesel sobre el etanol provienen de menores insumos agrícolas y una conversión más eficiente de las materias primas en combustible. Incluso dedicar toda la producción estadounidense de maíz y soja a los biocombustibles satisfaría solo el 12% de la demanda de gasolina y el 6% de la demanda de diesel. Hasta los recientes aumentos en los precios del petróleo, los altos costos de producción hicieron que los biocombustibles no fueran rentables sin subsidios. El biodiesel proporciona suficientes ventajas ambientales para merecer el subsidio. Los biocombustibles de transporte, como los hidrocarburos sinfuel o el etanol celulósico, si se producen a partir de biomasa de bajos insumos cultivados en tierras agrícolas marginales o de biomasa residual, podrían proporcionar suministros mucho mayores y beneficios ambientales que los biocombustibles basados en alimentos. (28)

Las proyecciones son herramientas importantes para la planificación a largo plazo en países no desarrollados o en vías de desarrollo además de la configuración de políticas. Las fuentes de energía renovables que utilizan recursos indígenas tienen el potencial de proporcionar servicios energéticos con casi cero emisiones de contaminantes atmosféricos y gases de efecto invernadero. Se espera que los biocombustibles reduzcan la dependencia del petróleo importado, reduzcan las emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes, y reactiven la economía aumentando la demanda y los precios de los productos agrícolas.(29)

El biodiesel es menos inflamable en comparación al diésel fósil, lo que brinda seguridad en el almacenamiento del mismo.(24)

3.7 Desventajas de los biocombustibles

Uno de los problemas principales es la disponibilidad del recurso biomasa, su recolecta, el transporte, el almacenamiento, la limpieza y el tratamiento de la materia prima. Ya que conllevan gastos que incrementarían el costo de producción lo que les quita rentabilidad a los proyectos de este tipo. (6)

La Evaluación Mundial de Energía (WEA) ha señalado que: "Lo puntos de vista sobre la disponibilidad a largo plazo del petróleo y el gas natural continúan generando controversia y debate" (31)

La dependencia de los combustibles importados deja a muchos países vulnerables a cualquier posible interrupción en suministros; Si esto sucediera, podría resultar en dificultades físicas y

cargas económicas, especialmente en países donde la proporción de importaciones de combustibles fósiles en su balanza de pagos es relativamente alta. (24)

No es utilizable a bajas temperaturas, necesita de un precalentamiento debido a su bajo punto de fusión. (24)

En el caso del biodiesel obtenido por el proceso de transesterificación se tiene como residuo la glicerina, este producto al ser desechado a la basura o a las cañerías también se transforma en un problema de contaminación, a pesar de ello este material es utilizado como base para la fabricación de otros productos como son las velas o el jabón, el problema radica en el costo de producción de estos subproductos ya que al ser obtenido mediante metanol y otras sustancias tóxicas, se requiere primero de un proceso de purificación para que pueda ser utilizado por el ser humano. (5)

Los biodiesel tienen la propiedad de aumentar los porcentajes de emisiones de NOx, y las partículas suspendidas, a la larga lo que provocan es la acumulación de hollín en el escape del motor.(24)

3.8 Mezclas BX

Para denominar una mezcla entre diésel premium y biodiesel, la Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero se utilizará “X” para indicar el porcentaje de biodiesel en la mezcla, por ejemplo: B10 indica que la mezcla contiene 10% biodiesel y el 90% restante es diésel premium. Esto se debe a que el poder calorífico del B100 (biodiesel puro) es relativamente bajo y no es utilizable como sustituyente del diésel premium porque no enciende o no produce chispa sin un calentamiento previo, se utilizan estas mezclas BX, en países como Estados Unidos ya circulan estas mezclas en las estaciones de servicio, son subsidiadas por el estado por lo que son más baratas y los consumidores optan por estos combustibles. (5)

Como se mencionó dentro de los objetivos también en la actualidad en la búsqueda de mejorar las propiedades energéticas de estos biocombustibles, en especial del biodiesel en estado líquido que tiene como objetivo ser utilizado para sustituir y reducir en porcentaje el consumo de diésel puro, con la finalidad de reducir las emisiones de efecto invernadero, existen investigaciones de nanoaditivos que repotencian estas propiedades y de estos estudios se ha podido determinar que con ayuda de nanopartículas de alúmina es posible reemplazar una mezcla B5 por una B20 con concentraciones de 25 partículas por millón de alúmina; o a su vez un B20 por un B30 con concentración de 50 partículas por millón de nanopartículas de alofán. (5)

Poder calorífico es el porcentaje de energía desprendida en el proceso de combustión, referente a la unidad de masa de combustible. Es la cantidad de calor que entrega un kg o m³ de combustible al oxidarse por completo. (11)

3.9 Mezclas EX

Así como existen mezclas de biodiesel – diésel, existen también mezclas de gasolina– bioetanol. El etanol se puede utilizar en estado puro lo que constituye un E100, pero también se puede utilizar en mezclas con gasolina, como por ejemplo el compuesto E20 que corresponde a 20% de etanol y 80% de gasolina. Estas mezclas pueden ser utilizados en vehículos y motores a gasolina con pequeñas adaptaciones. (7)

Conclusiones

- El estudio y desarrollo de biocombustibles nace como necesidad de una alternativa energética diferente a los combustibles fósiles.
- Los biocombustibles constituyen una reducción de emisiones de gases contaminantes a la atmósfera ya que el CO₂ que emiten al combustionar es el mismo que absorbieron del ambiente durante el crecimiento de las plantas.
- Se puede llegar a creer que los cultivos para biocombustibles reemplazarán bosques y selvas debido a que podrían llegar a convertirse en un gran mercado para el sector agrícola con productos como maíz, caña de azúcar y plantas oleaginosas como cultivos energéticos.
- Se presentan hipótesis de desventaja en cuanto a los cultivos con fines alimenticios o energéticos. Lo que se debería hacer en cada país y bajo cada condición de densidad poblacional es establecer porcentajes de cultivos para producción de biocombustibles y también para la demanda alimenticia sin que el segundo mercado se vea afectado por elevación de costos de estos productos.
- Se concluye que a medida que escasee las reservas de petróleo, la demanda de biocombustibles aumentará de forma sostenida, lo que muestra un nuevo camino para los países en vías de desarrollo.
- Los impactos positivos de los cultivos energéticos varían dependiendo del tipo de cultivo y la tecnología de conversión de los mismos
- Para garantizar la sostenibilidad dentro de un país con cultivos energéticos se debe tomar muy claramente en cuenta la relación costo beneficio.

- Aun en la actualidad no se puede hablar de sustitución completa de los hidrocarburos por biocombustibles, debido al costo de producción y a la demanda de materia prima que se requiere no se puede garantizar la sostenibilidad del negocio de cultivos energéticos. Ninguno de los biocombustibles puede reemplazar mucho petróleo sin afectar los suministros de alimentos
- Las fuentes de energía renovables que utilizan recursos indígenas tienen el potencial de proporcionar servicios energéticos y posiblemente reactiven la economía de países subdesarrollados o en vías de desarrollo aumentando la demanda y los precios de los productos agrícolas.
- En países como México que basan su alimentación en el maíz, se empiezan a notar las dificultades que presentan los cultivos energéticos debido a la elevación del costo de este producto, netamente porque Estados Unidos enfoca los cultivos energéticos únicamente con esperanzas políticas – energéticas y dejando de lado al sector alimenticio.
- Se debe evitar desviar mucho espacio de tierra de la producción de alimentos a cultivos energéticos.
- Se debe evitar y controlar el aumento en los precios de los alimentos que sirven como cultivos energéticos, especialmente en los países en desarrollo que son principales importadores de estos productos.
- Buscar asegurar que los pequeños agricultores para que no se enfrenten barreras indebidas para la participación en el sector productivo de cultivos energéticos, puesto en una pequeña escala no se puede competir con los mayoristas.
- Es propicio que los nuevos proyectos de producción de biocombustibles estén en constante investigación para tener acceso a tecnología energética relevante, incluidas tecnologías avanzadas que se espera cosechen mayores beneficios ambientales en beneficio del planeta.
- Será necesario tomar decisiones conscientes, compartir información y recopilar datos, estrategias organizativas, servicios de apoyo del gobierno, asistencia técnica y financiera para minimizar los riesgos y mejorar los beneficios que los mercados emergentes de biocombustibles pueden presentar a los países en desarrollo.

El recurso natural estratégico llamado "suelo" que es el portador de los cultivos energéticos y de todas las formas de biomasa como materia prima para la producción de cualquier tipo de

biocombustible no puede cuantificar a corto plazo el daño que pueda causar en el caso de prácticas no sostenibles.

Referencias

1. Hernández M. Hernández J. Verdades y mitos de los Biocombustibles. Elementos: Ciencia y Cultura [Internet]. 2008 [Citado 26 febrero 2020]; 17-18. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/294/29407102.pdf>
2. Serna F, Barrera L, Montiel H. Impacto social y económico en el uso de biocombustibles. J. Technol. Manag Innov. [Internet]. 2011 [Citado 26 febrero 2020]; 6: 12-16. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-27242011000100009>
3. Ramos F, Díaz M, Villar M. Biocombustibles. Ciencia Hoy. [Internet]. 2016 [Citado 26 febrero 2020]; 69-73: Disponible en: <http://hdl.handle.net/11336/25791>
4. Salinas E, Gasca V. Biocombustibles. El Cotidiano, [Internet]. 2009 [Citado 27 febrero 2020]; 79-81: Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/325/32512739009.pdf>
5. Guano C, Morales C. Determinación de la factibilidad del aumento del poder calorífico de un biocombustible mediante la adición de nanopartículas de alofán, [Internet]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba. 2020 [Citado 27 febrero 2020]; 25-50; Disponible en: <http://dspace.espech.edu.ec/bitstream/123456789/13816/1/15T00731.pdf>
6. Fernández J. Biomasa. Haya comunicación. [Internet]. 2018. [Citado 27 febrero 2020]: 1: 8-17; Disponible en: <http://media1.webgarden.es/files/media1:4befe685c2de5.pdf.upl/E.Biomassa.pdf>
7. Castillo N, Siqueiros T, Rascón Q. Biocombustibles: estrategias limpias para combatir la crisis energética. Tecnociencia. [Internet]. 2011 [Citado 27 febrero 2020]; 5; 62-64; Disponible en: http://tecnociencia.uach.mx/numeros/v5n2/data/Biocombustibles_estrategias_limpias_para_combatir_la_crisis_energetica.pdf
8. Álvarez M. Biocombustibles: desarrollo histórico, tecnológico, mercados actuales y comercio internacional. Economía informa. [Internet]. 2009 [Citado 27 febrero 2020]; 63-89; Disponible en: <https://www.unamenlinea.unam.mx/recurso/84027-revista-economia-informa>

9. Cueva B. Obtención de biogas de estiércol porcino y restos vegetales, por fermentación semicontinua. Repositorio Institucional Digital de la universidad nacional Jorge Basadre. [Internet]. 2012 [Citado 27 febrero 2020]; 6-21; Disponible en: <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/1885>
10. Arbeláez Y, Sanz del castillo David. Diseño y construcción de máquina controlada para la producción de biodiesel [Tesis Ingenieril] [Internet] Universidad de San Buenaventura, Bogotá, 2008. [Citado 27 febrero 2020]. Disponible en: <http://biblioteca.usbbog.edu.co:8080/Biblioteca/BDigital/64630.pdf>
11. Ávalos G, Velastegui J. Diseño y construcción de un prototipo para la obtención de biodiesel a partir de aceite vegetal usado de cocina, de una capacidad de 5 litros [Internet] [Tesis Ingenieril] ESPOCH, Riobamba 2017. [Citado 27 febrero 2020]. Disponible en: <http://bibliotecas.espoch.edu.ec/Tutoriales/Norma%20ISO%20690.pdf>
12. Faba L, Díaz E, Ordoñez S. Transformación de biomasa en biocombustibles de segunda generación, Scielo Madera y bosques. [Internet]; 2014 [Citado 27 febrero 2020]; 20; 2-3. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-04712014000300002&script=sci_arttext&lng=pt
13. Faith W. Development of the Scholler process in the United States. Industrial & Engineering Chemical Research, Scielo: Química orgánica, [Internet]; 2000 [Citado 27 febrero 2020]; 37:9-11. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=4215187&pid=S1405-0471201400030000200016&lng=es
14. Rinaldi R. y Schüth.F. Acid hydrolysis of cellulose as the entry point into biorefinery scheme. ChemSusChem, [Internet]; 2009 [Citado 27 febrero 2020]; 2;1096-1107. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=4215239&pid=S1405-0471201400030000200042&lng=es
15. Plata V, Kafarov V. Producción de biocombustibles de tercera generación: transesterificación de aceite sintético de microalgas para la producción de biodiesel. ICP Ecopetrol [Internet]; 2017 [Citado 27 febrero 2020]; 2-6. Disponible en: <http://blade1.uniquindio.edu.co/uniquindio/eventos/siquia20130509/siquia2009pon13.pdf>

16. Schenk P, Thomas-Hall S, Stephens E, Marx U, Mussnug J, Posten C, Open Mass Cultures of Marine Microalgae for Biodiesel Production: Laboratory Approach to Study Species Competition in Mixed Cultures. *Natural Resources* [Internet]; 2015 [Citado 27 febrero 2020]; 6; 2-6. Disponible en: [https://www.scirp.org/\(S\(lz5mqp453edsnp55rrgjct55\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1425190](https://www.scirp.org/(S(lz5mqp453edsnp55rrgjct55))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1425190)
17. [17] Rittmann B. Opportunities for renewable bioenergy using microorganisms, *Biotechnology and bioengineering*, [Internet]; 2017 [Citado 27 febrero 2020]; 6; 203-212.
18. Aristegui J. Los biocombustibles desde la perspectiva del comercio internacional y del derecho de la organización mundial del comercio, Valdivia, [Internet]; 2009 [Citado 27 febrero 2020]; 13; 113-134. Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-09502009000100006&script=sci_arttext
19. International Energy Agency, *World Energy Outlook 2006* [OECD/AIE 2006]; [Citado 27 febrero 2020]; 385-416. Disponible en: <https://www.cambridge.org/core/journals/international-organization/article/international-energy-agency-state-influence-and-transgovernmental-politics/4B6B7C558BE2597B6D6003F553C67630>
20. United Nations Conference on Trade and Development, *The Emerging Biofuels Market: Regulatory, Trade and Development Implications*. [Internet]; 2006, [Citado 27 febrero 2020]. Disponible en: <https://unctad.org/en/pages/PublicationArchive.aspx?publicationid=1310>
21. Duley A. *Producción y comercio de biocombustibles sustentables: los grandes temas*; IIED, 2006; p 2-20
22. Rosamond L. *The Ripple Effect. Biofuels, Food Security and the environment, Environment*, [Internet]; 2007, [Citado 27 febrero 2020]. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.3200/ENVT.49.9.30-43>
23. Ramirez D, Cadena L. *Sistema de dosificación de biocombustible como fuente de energía para una planta de destilación de aceites esenciales*. Universidad industrial de Santander [Internet]; 2011, [Citado 27 febrero 2020]. Disponible en: <http://noesis.uis.edu.co/bitstream/123456789/16496/1/142930.pdf>

24. Teixeira S. Biofuels – advantages and trade barriers, United Nations Conference on Trade and Development, [Internet]; 2005, [Citado 27 febrero 2020]; 2; 15-20. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Suani_Coelho/publication/239615871_Biofuels_-_Advantages_and_Trade_Barriers/links/00463538f0d3c2bd2b000000.pdf
25. São Paulo Sugarcane Agroindustry Union UNICA [Internet]; 2003, [Citado 27 febrero 2020]; 2-6. Disponible en: www.unica.com.br.
26. Joseph Jr. (2003) personal communication , [Internet]; 2018, [Citado 27 febrero 2020]; 2; 15-20. Disponible en: <https://indd.adobe.com/view/1305bc27-46ce-408a-8416-d9ff9c05efef1>
27. CETESB (2003) Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo.
28. Hill J, Stephen D, Douglas T, Environmental, economic, and energetic costs and benefits of biodiesel and ethanol biofuels. [Internet]; 2006, [Citado 28 febrero 2020]; 2; 15-20. Disponible en: <https://www.pnas.org/content/103/30/11206.short>
29. Demirbas A. Political, economic and environmental impacts of biofuels: A review. [Internet]; 2009, [Citado 28 febrero 2020]; 86; 7-12. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306261909001688>
30. Mathews J, Goldsztein H. Capturing latecomer advantages in the adoption of biofuels: The case of Argentina. [Internet]; 2009, [Citado 28 febrero 2020]; 37; 2-5. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301421508003674>
31. UNDP, UNDESA and WEC, World Energy Assessment, [Internet]; 2000, [Citado 28 febrero 2020]. Disponible en: <http://www.undp.org/seed/eap/activities/wea>

© 2022 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).