

# EL BIOCOMBUSTIBLE, FACTOR DE DESARROLLO

*Biofuel, a development factor*

**Diego Fernando Vargas Calderón**

✉ [diego.vargas00@usc.edu.co](mailto:diego.vargas00@usc.edu.co)

© <https://orcid.org/0000-0002-1004-9268>

Universidad Santiago de Cali

**Sandra Yanina López Duque**

Universidad Cooperativa de Colombia

**Alfonso Lucas Rojas Muñoz**

Universidad Santiago de Cali

## 1. Introducción

El biocombustible es un derivado de productos agrícolas como la caña de azúcar, plantas oleaginosas, biomasa forestal y otras fuentes de materia orgánica; por lo tanto, es un recurso renovable contrario a los productos fósiles los cuales no son renovables. Además, se puede usar aisladamente o adicionarlo a los combustibles convencionales, como son los casos del etanol, metanol, metano, biodiesel, y el carbón vegetal.

“Para el abordaje del referente teórico en este documento, se realiza una revisión de los orígenes y significados de los combustibles bioló-

### **Cita este capítulo:**

Vargas Calderón, D. F., López Duque, S. Y. y Rojas Muñoz, A. L. (2021). El biocombustible, factor de desarrollo. En: Vargas Calderón, D. F., Gómez Racines, L. y Rojas Muñoz, A. L. (Eds. científicos). *El consumidor y la agricultura sostenible para el siglo XXI* (pp. 91-121). Cali, Colombia: Editorial Universidad Santiago de Cali

gicos de primera generación, al igual que los diferentes tipos, procesos productivos y tecnologías utilizadas para mejorar la eficiencia” (Morelos, 2016); desde esta perspectiva la revisión bibliográfica permite evaluar un tema muy importante, como lo es el medio ambiente y cómo el proceso de producción de los biocombustibles afecta directamente a la humanidad, interfiriendo en la calidad de vida de los seres vivos que habitan el planeta, en la producción de alimentos y a su vez en el deterioro del ambiente en que se vive.

El presente trabajo presenta una evaluación de los métodos utilizados para la optimización de los procesos que implican el uso racional de los insumos agrícolas, forestales, residuos orgánicos y tecnologías empleadas en la producción de biocombustibles de primera y segunda generación, considerando también los biocombustibles obtenidos de la biomasa provenientes de materia orgánica de las actividades agrícolas.

## **2. Los biocombustibles**

Como lo mencionan Arungu-Olende (2012), la producción de biocombustibles a nivel global está en aumento sostenido dado que éstos contribuyen a la generación de energías limpias, al tiempo que producen menores emisiones de gases invernadero y de material particulado, impactan positivamente en el desarrollo rural, en el desempeño óptimo de los vehículos y en la disminución de la demanda de petróleo.

Este crecimiento global de biocombustibles da a entender que su producción ofrece menor riesgo energético y aporta directamente a la intervención sobre el cambio climático, reduciendo significativamente la contaminación atmosférica y mejorando la calidad del aire. Pese a

estos beneficios, existen fuertes cuestionamientos sobre el desarrollo de los biocombustibles, basados en los requerimientos de tierras en la parte rural, el establecimiento de políticas reguladoras a nivel ambiental, social y económico, donde la transferencia tecnológica es fundamental y es muy importante tener en cuenta la ética de los gobernantes, empresarios, integrantes de la comunidad y la inversión, que puede ser local o foránea.

De acuerdo con Morelos (2016), el crecimiento de la producción de biocombustibles en el mundo ha sido exponencial, debido a que se presenta como la principal oportunidad de sustitución de combustibles fósiles que tienen los países desarrollados y emergentes para responder a la demanda energética y garantizar el consumo interno, así como también, mitigar los efectos producidos por los gases de efecto invernadero. En tal sentido, estas decisiones dependerán de la disponibilidad de los recursos económicos escasos, determinantes de las combinaciones de los insumos que se utilizarán para tener los productos finales. Por lo tanto, lograr la mejor combinación de los recursos escasos es de interés para la economía, lo cual motiva el estudio de los conceptos de la función de producción, la productividad y la eficiencia.

Culturalmente la agricultura para el hombre era su mayor proveedor en la cadena agroalimentaria que va del campo al consumidor final; en esta la agro-energía, y particularmente los biocombustibles, han impulsado al sector agroindustrial a condiciones promisorias por la producción de éstos y por aquellas encaminadas a la producción de alimentos, permitiendo que la agroindustria se oriente más a la destilación de etanol, bioetanol y biodiesel.

Los biocombustibles se derivan de fuentes orgánicas, entre ellas, la caña de azúcar, plantas oleaginosas y biomasa forestal, lo que hace

## Capítulo 4. El biocombustible, factor de desarrollo

que sean considerados recursos naturales renovables (Escobar et al., 2009). Los biocombustibles contienen componentes derivados de biomasa, es decir, organismos recientemente vivos o sus desechos metabólicos. Los biocomponentes proceden habitualmente del azúcar, trigo, maíz o semillas oleaginosas, tal como se mencionó anteriormente.

Es relevante reconocer el gran potencial de los biocombustibles y el fomento de su producción en la medida en que, las plantaciones de cultivos con las que este se produce capturan el CO<sup>2</sup> de la atmósfera y lo absorben a medida que crecen. Así, se tiene que esta nueva alternativa emite prácticamente la misma cantidad de dióxido de carbono que los combustibles convencionales cuando se queman (Global, 2018).

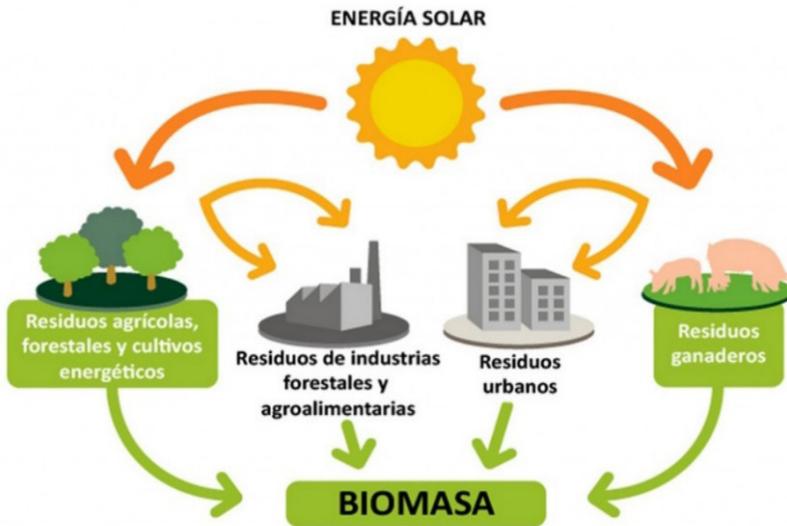
Por sus renombrados beneficios, en Colombia se han desarrollado políticas para el fomento de su producción, así como la reglamentación en materia de introducción de biocombustibles como mezclas en la gasolina (nafta) y en el diésel. Esta acción está apoyada en normas que obligan a introducir la mezcla gradualmente en el territorio nacional, y que podrá impulsar la producción de materias primas y la producción de alcohol carburante y biodiésel (Delgado, Salgado y Pérez, 2015).

### **2.1. Producir energía con la biomasa: utilizar materiales de naturaleza orgánica.**

La energía de biomasa o bioenergía es un tipo de energía renovable procedente del aprovechamiento de la materia orgánica e industrial formada en algún proceso biológico o mecánico; generalmente es producida a partir de los residuos de las sustancias que constituyen los

seres vivos (plantas, ser humano, animales, entre otros), o sus restos y residuos. El aprovechamiento de la energía de la biomasa se hace directamente (por ejemplo, por combustión), o por transformación en otras sustancias que pueden ser aprovechadas más tarde como combustibles o alimentos. Por esos motivos producir energía con la biomasa es un sistema ecológico, que respeta el medio ambiente y no costosa. Las biomasa se pueden clasificar según la procedencia (Eba, 2018).

**Figura 10.** Producción de energía a través de la biomasa



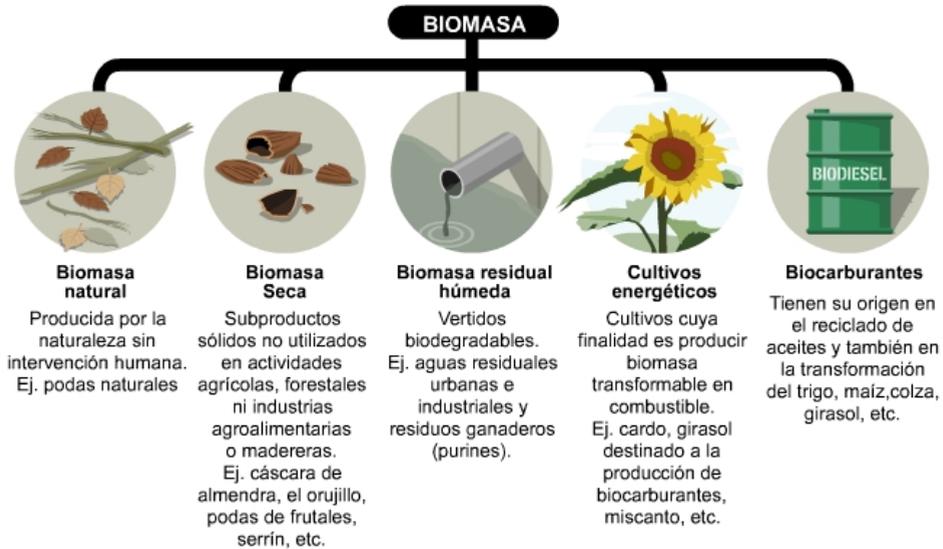
Fuente: Eba (2018).

La biomasa de la que se derivan los biocombustibles se puede clasificar en dos grandes tipos según su cantidad de agua:

- Biomasa seca: madera, leña, residuos forestales, restos de la industria maderera y del mueble, etc.

- Biomasa húmeda: residuos de la fabricación de aceites, lodos de depuradora, purines, etc.

**Figura 11.** Producción de energía según la cantidad de agua



Fuente: Eba (2018).

## 2.2. Tipos de biocombustibles

Los principales biocombustibles son el bioetanol y el biodiesel. El biodiesel es un biocombustible líquido, transparente y de color ámbar, hecho totalmente a partir de aceite vegetal (colza, girasol u otro). El biodiesel tiene una viscosidad similar a la del combustible diesel obtenido de la destilación fraccionada del petróleo crudo.

Los biocombustibles se dividen en los biocombustibles de primera generación y de segunda generación. La clasificación depende de la

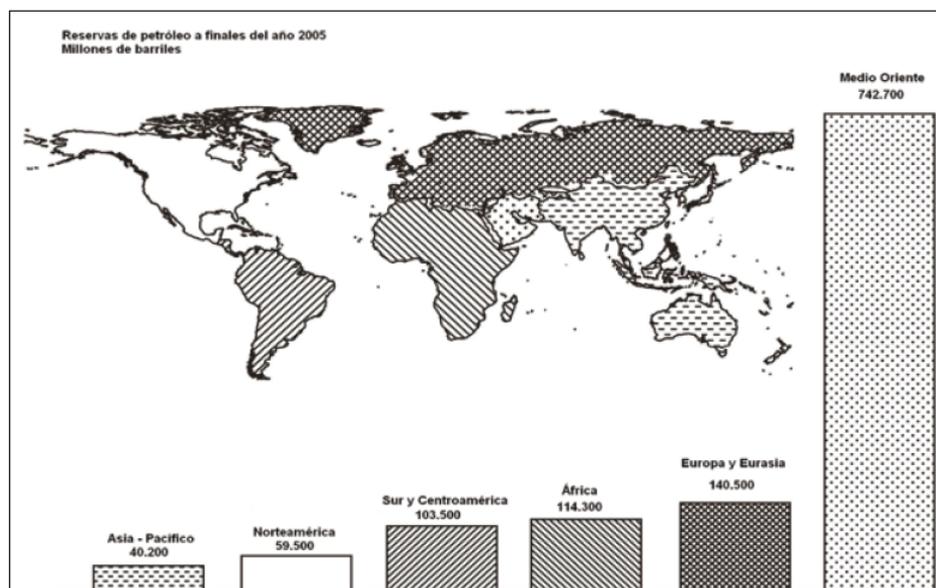
materia prima utilizada y el proceso de producción. Se consideran los biocombustibles de primera generación los producidos a partir de materias primas agrícolas; mientras que se consideran los biocombustibles de segunda generación los producidas por material orgánico no alimentario cuyo uso no tiene ningún impacto en la cadena alimentaria (por ejemplo, biocombustibles a partir de algas) (Corbín Ordóñez, 2013).

Las fuentes fósiles representan el 80.3 % de la energía primaria consumida en el mundo; de este porcentaje, el 57.7 % es empleado en el sector de transporte. Debido a la contaminación (atmosférica, hídrica y en suelos) que genera el uso de los combustibles derivados de dichas fuentes y a su carácter no renovable, se hace necesario el desarrollo de procesos de aprovechamiento de otras fuentes que suplan las necesidades actuales y que al mismo tiempo sean renovables y menos nocivas con el medio ambiente; motivos por los que se hace necesario la producción de biocombustibles (Aguilar, 2011). Así, se puede concluir que los combustibles fósiles son responsables de la emisión a la atmósfera de grandes cantidades de contaminantes, incluidos los gases de efecto invernadero.

Solo algunas áreas reúnen características geológicas excepcionales que permitieron la formación y acumulación de cantidades significativas de este tipo de combustible. El Oriente Medio concentra cerca del 65% de las reservas mundiales del combustible, mientras que Europa y Eurasia responden por el 11,7%, África por el 9,5 %, Centro y Suramérica por el 8,6%, Norteamérica por el 5%, y Asia y el Pacífico por el 3,4% (Global, 2018).

Las reservas mundiales de petróleo están distribuidas de manera extremadamente irregular, como se puede ver en la figura 12.

**Figura 12.** Estado actual y distribución de las reservas de petróleo en el mundo



Fuente: Escobar et. al (2009).

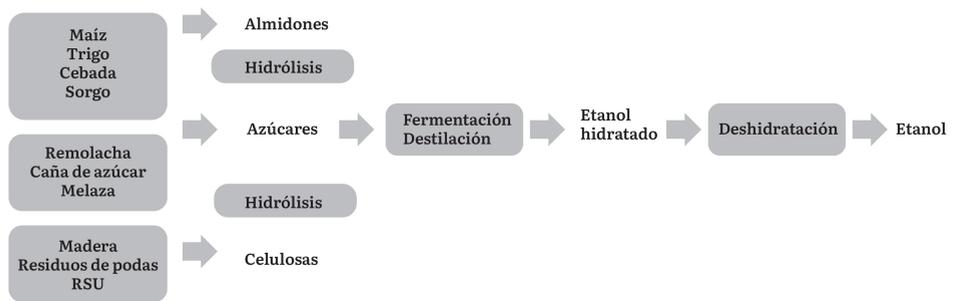
### 2.2.1. Bioetanol

El bioetanol se produce por la fermentación de los azúcares contenidos en la materia orgánica de las plantas. En este proceso se obtiene el alcohol hidratado, con un contenido aproximado del 5% de agua, que tras ser deshidratado se puede utilizar como combustible. El bioetanol mezclado con la gasolina produce un biocombustible de alto poder energético con características muy similares a la gasolina, pero con una importante reducción de las emisiones contaminantes en los motores tradicionales de combustión. El etanol se usa en mezclas con la gasolina en concentraciones del 5% al 10%, E5 y E10 respectivamente, que no requieren modificaciones en los motores actuales (Garrido, 2012).

El bioetanol se obtiene a partir de la remolacha (u otras plantas ricas en azúcares), de cereales, de caña de azúcar, de alcohol vínico o de biomasa, mediante un proceso de destilación. En España, la producción industrial emplea principalmente cereal como materia prima básica, con posibilidad de utilizar los excedentes de la industria remolachera transformados en jugos azucarados de bajo costo.

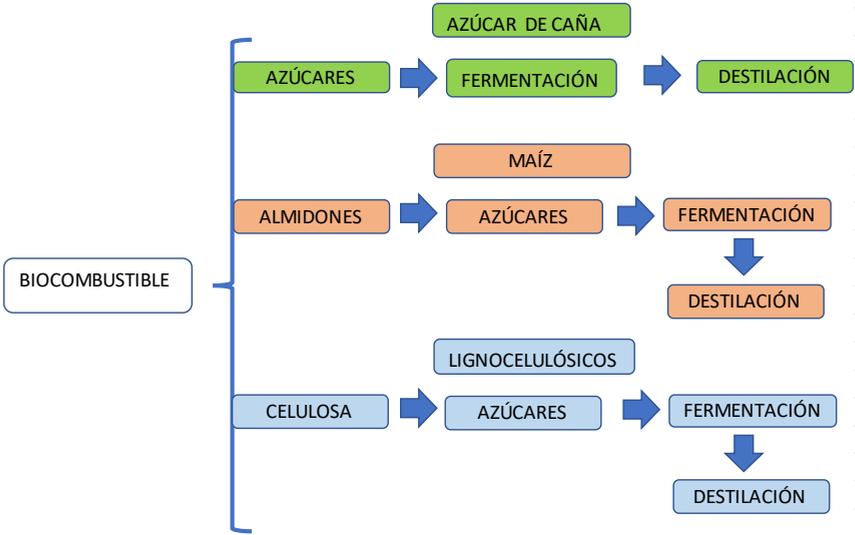
El esquema general de fabricación del bioetanol muestra las siguientes fases del proceso: dilución; conversión; fermentación y destilación o deshidratación.

**Figura 13 .**Proceso de Fabricación del bioetanol



Fuente: Garrido (2012).

**Figura 14.** Esquema de las etapas principales para producir bioetanol



Fuente: Serna, Barrera y Montiel (2011)

**2.2.2. Biodiésel**

El biodiésel es un biocombustible sintético líquido que se obtiene a partir de lípidos naturales como aceites vegetales o grasas animales, nuevos o usados, mediante procesos industriales de esterificación y transesterificación, y que se aplica en la preparación de sustitutos totales o parciales del petrodiésel o gasóleo obtenido del petróleo (Berbel, 2010).

El biodiesel puede ser mezclado con el diésel en cualquier proporción y utilizarse en motores diésel modernos. Puede mezclarse con gasóleo procedente del refinado de petróleo en diferentes cantidades. Se utilizan notaciones abreviadas según el porcentaje por volumen de biodiésel en la mezcla: B100 en caso de utilizar sólo biodiésel, u otras notaciones como B5, B15, B30 o B50, donde la numeración indica el porcentaje por volumen de biodiésel en la mezcla (Integrantes, s.f).

El biodiésel, es un líquido amarillo oscuro, es biodegradable, no tóxico y tiene emisiones significativamente menores que el diésel elaborado a partir de petróleo. Es prácticamente imposible mezclarlo con agua, tiene un alto punto de ebullición y una baja presión de vapor. Se produce a partir de una amplia variedad de materias primas, incluyendo aceite de soya fresca, aceite de semillas de mostaza, aceite vegetal de desecho, aceite de palma, semillas de colza, girasol (maravilla), soya y jatrofa, copra, palma, maní y semillas de algodón (Tecnologías Automotrices Especiales, s.f).

El uso y producción de biodiésel ha estado creciendo rápidamente ante el alza de los costos del petróleo y debido a los subsidios gubernamentales en los impuestos. De una pequeña base de 251 millones de galones en 2000, la producción saltó a alrededor de 790 millones de galones en 2005 en África, según Arungu-Olende (2012).

El proceso de elaboración del biodiesel está basado en la llamada transesterificación de los glicéridos, utilizando catalizadores. Desde el punto de vista químico, los aceites vegetales son triglicéridos, es decir tres cadenas moleculares largas de ácidos grasos unidas a un alcohol trivalente, el glicerol. Si el glicerol es reemplazado por metanol, se obtienen tres moléculas más cortas del ácido graso metiléster. El glicerol desplazado se recupera como un subproducto de la reacción.

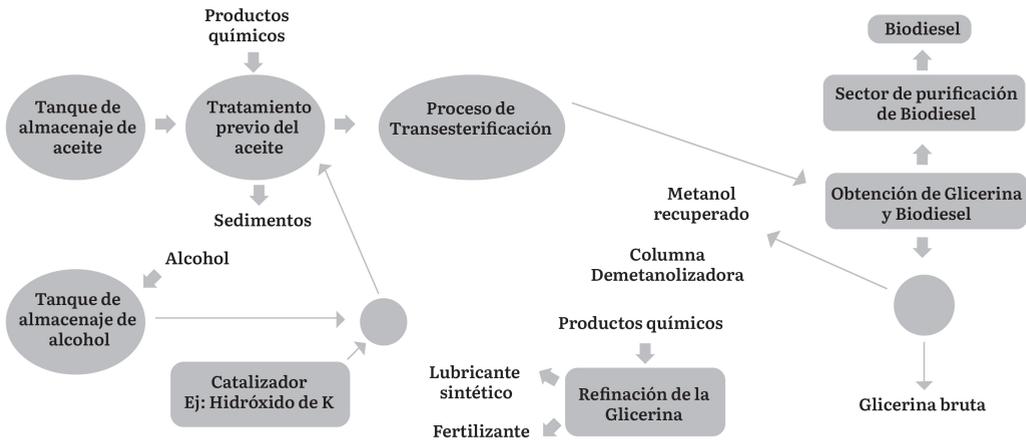
Por lo tanto, en la reacción de transesterificación, una molécula de un triglicérido reacciona con tres moléculas de metanol o etanol para dar tres moléculas de monoésteres y una de glicerina.

Los procesos de transesterificación pueden adaptarse para usar una gran variedad de aceites, pudiendo ser procesados además, aceites brutos muy ácidos. El particular interés en los aceites muy

#### Capítulo 4. El biocombustible, factor de desarrollo

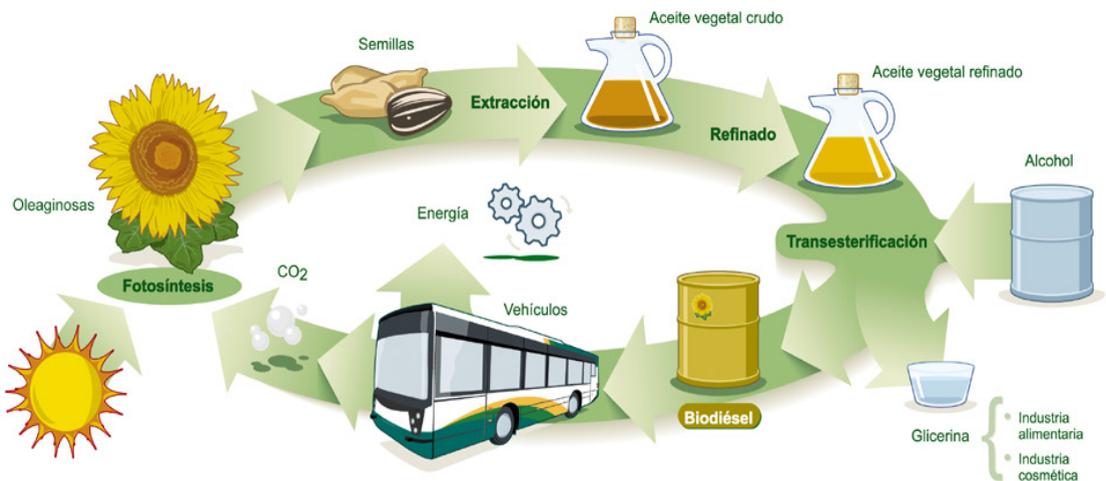
ácidos reside en que generalmente, están fuera de las normas de comercialización y son frecuentemente rechazados por los compradores (Estrucplan, s.f).

**Figura 15.** Esquema de elaboración de Biodiésel



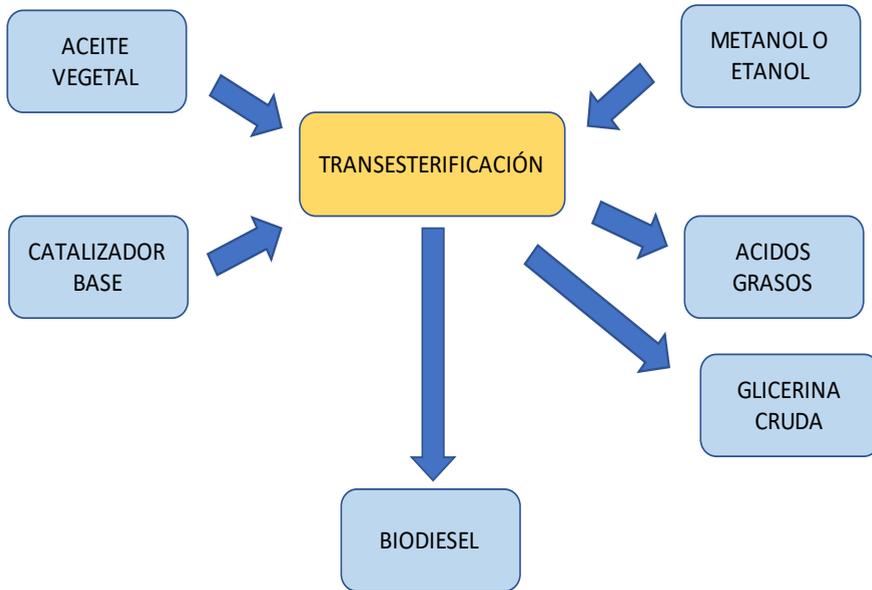
Fuente: (Estrucplan, s.f.)

**Figura 16.** El ciclo del biodiesel



Fuente: Núñez (2017).

**Figura 17.** Esquema simplificado de producción de biodiésel a partir del aceite vegetal



Fuente: Alessandro (2016).

### 3. Ventajas y desventajas de los biocombustibles

#### 3.1. Ventajas

En la producción de biocombustibles se presentan ventajas que inciden positivamente en el desarrollo de la humanidad, entre las cuales se pueden listar:

- **Son renovables:** los biocombustibles son una alternativa conveniente frente a los combustibles fósiles porque son renovables, al provenir de materia prima agrícola o ganadera que puede cultivarse o criarse.

- **Son más limpios:** una de las grandes ventajas es que son más biodegradables que los combustibles fósiles por lo que son potencialmente menos dañinos; adicionalmente emiten menos elementos contaminantes a la atmósfera al momento de quemarse.
- **Generan empleo:** son una alternativa para fomentar la inversión y empleo en la agricultura y el campo. Algunos biocombustibles se producen a partir de cultivos que se dan bien en tierras de baja productividad y con esto se beneficia a pequeños productores o cooperativas campesinas en condición de pobreza.
- **Aprovechamiento de materias tradicionalmente consideradas como desperdicio:** la basura, grasa de animales y excremento animal son materias primas para la producción de biocombustibles. Además, para el caso de la basura y los excrementos, su aprovechamiento evita que se emitan gases de efecto invernadero a la atmósfera con un alto índice de contaminación.

### 3.2. Desventajas

En la producción de los biocombustibles también se tienen desventajas, las cuales pueden ser:

- Los biocombustibles proporcionan una menor energía que los combustibles fósiles a cantidades iguales, por lo que se necesita mucha más materia prima para igualar estos niveles energéticos.
- Efectos sobre la biodiversidad: Se ha señalado que la necesidad de contar con combustibles alternativos puede llevar a la ocupación de tierras boscosas o selváticas para la producción de cultivos energéticos. En países como Malasia o Sumatra, grandes extensiones de tierra fueron deforestadas para plantar palma de aceite, materia prima de la producción de biodiesel. En estos casos no sólo se perdió la biodiversidad vegetal, sino que con ella se perdieron poblaciones de fauna local.

- Algunos autores consideran que el empleo de campos de cultivo para especies vegetales destinadas al biocombustible pone en juego los campos de cultivos para la alimentación humana, haciendo que su precio suba.
- Al necesitar mayores superficies de cultivo se produce la pérdida de las áreas forestales, la cuales capturan de CO<sup>2</sup>. En su origen, la idea era utilizar los restos de las actividades agrícolas, pero como sucede muchas veces, con su fomento se propició que se destruyesen espacios naturales para crear estas plantaciones.
- Como ocurre con todas las actividades relacionadas con la agricultura, se necesitan grandes cantidades de agua para el riego de las especies vegetales.
- Durante la producción de los biocombustibles se emplean combustibles fósiles lo que, paradójicamente, por el momento resulta en que el balance de emisiones de CO<sup>2</sup> sea positivo, teniendo además en cuenta la deforestación que se suma a la cadena de producción (Moriana, 2018).
- Contaminación en la producción: Si bien a la hora de ser quemados no se genera una contaminación, muchos estudios muestran que el proceso para crear los biocombustibles sí contamina.
- Precio de los cultivos: se estima que la demanda de cultivos para la creación de los biocombustibles puede afectar el precio de los alimentos.
- Adaptación de motores: si bien los biocombustibles se pueden utilizar en los motores, éstos necesitan modificaciones para el correcto funcionamiento de combustibles alternativos (Núñez, 2017).

#### **4. Beneficios de los biocombustibles**

Los biocombustibles ofrecen muchos beneficios. Al reducir la demanda de petróleo, los biocombustibles podrían volver más seguro

#### Capítulo 4. El biocombustible, factor de desarrollo

el abastecimiento de energía. Su uso también reduciría los costos de importación a países con déficit de energía y ofrecería mejores balanzas comercial y de pagos. Todos estos desarrollos descongelarían la escasez de recursos para otras necesidades apremiantes.

Las emisiones de gases invernadero, monóxido de carbono y particulados podrían reducirse de forma significativa, al mismo tiempo que mejoran el desempeño de los vehículos; de hecho, la lubricidad del biodiésel extiende la vida de los motores diésel.

Hay potenciales beneficios para el desarrollo agrícola y rural, incluyendo nuevos trabajos y la generación de ingreso, lo que indudablemente ayuda a alcanzar las Metas de Desarrollo del Milenio. Además, moverse hacia los biocombustibles creará nuevas industrias y traerá un aumento en la actividad económica. También debiera brindar oportunidades para el comercio de carbono a muchos países africanos.

Los biocombustibles son renovables y tanto el bioetanol, como el biodiésel son de combustión limpia. Otro aspecto importante es que pueden comercializarse más fácilmente que otras alternativas, porque pueden almacenarse y distribuirse usando infraestructura existente (Arungu-Olende, 2012).

### **5. Requerimientos para la obtención de biocombustibles**

#### **5.1. Materia prima para la obtención de bioetanol**

El etanol puede ser producido a partir de cualquier materia de origen biológico que contenga cantidades apreciables de azúcar o de materiales que puedan convertirse en ella, como el almidón y

la celulosa. La caña de azúcar, la remolacha azucarera y el sorgo azucarero son ejemplos de materias primas que contienen azúcar. El trigo, la cebada y el maíz son materias primas que contienen almidón, el cual, con las tecnologías actualmente disponibles, se puede convertir fácilmente en azúcar. Una fracción significativa de la madera de los árboles y hierbas está compuesta por celulosa, que también puede convertirse en azúcar, pero el proceso es más complicado que el requerido para transformar el almidón (Escobar et al., 2009).

## **5.2. Materia prima para la obtención del biodiésel**

El biodiésel puede ser obtenido básicamente a partir de aceites y grasas provenientes de:

- Plantas oleaginosas: higuera, palma de aceite, soya, colza, girasol, jatropha curcas, semilla de cardo, etc.
- Aceites vegetales usados, procedentes de la industria alimenticia y hotelera.
- Grasas animales procedentes de los mataderos.

De manera que en la producción de biocombustibles está basada en materia prima agrícola y, por tanto, muchos países pueden elaborarlos fácilmente y obtener diversos beneficios, como: mayor seguridad energética, diversificación de las fuentes de energía y de la agricultura, desarrollo acelerado de áreas rurales y aumento en las oportunidades de empleo en las mismas (Escobar et al., 2009).

**Tabla 5.** Requerimientos de materias primas para la producción del biocombustible

| Tipo de cultivo | Requerimientos de los cultivos                                                              |                                                                                |                                                                                                           |                                                                                                      |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                 | Suelo                                                                                       | Agua                                                                           | Nutrientes                                                                                                | Clima                                                                                                |
| Cereales        |                                                                                             | ---                                                                            | Medio.                                                                                                    | Moderado.                                                                                            |
| Maíz            | Suelo bien aireado y bien drenado.                                                          | Uso eficiente.                                                                 | Alta fertilidad.                                                                                          | Condiciones tropicales.                                                                              |
| Palma de aceite | Buen drenaje, pH entre 4 y 7, superficie plana, rica y profunda.                            | Lluvia uniforme de 1.800 y 5.000 mm por año.                                   | Bajo.                                                                                                     | Tropical y subtropical con temperatura de 25-32° C.                                                  |
| Colza           | Suave, arcilloso, textura media, bien drenado.                                              | Mínimo de 600 mm de precipitación por año.                                     | Semejante al trigo.                                                                                       | Sensible a altas temperaturas, mejor crecimiento entre 15 y 20° C.                                   |
| Soya            | Suelo aluvial húmedo con buen contenido orgánico, alta capacidad de agua, buena estructura. | Alto.                                                                          | Óptimo pH de 6 a 6,5                                                                                      | Tropical, subtropical y clima moderado.                                                              |
| Remolacha       | Media a baja textura pesada, buen drenaje, tolerante a la salinidad.                        | Moderado, en el rango de 550 a 750 mm. de lluvia en el período de crecimiento. | Alta demanda de fertilizantes. Cantidades adecuadas de nitrógeno.                                         | Variedad de climas moderados.                                                                        |
| Caña de azúcar  | Preferiblemente bien aireado con buena cantidad de agua (15% o más).                        | Lluvia alta e igualmente distribuida en el transcurso de las estaciones.       | Alto nitrógeno y potasio.                                                                                 | Tropical o subtropical.                                                                              |
| Trigo           | Textura media.                                                                              | Alto.                                                                          | Alto.                                                                                                     | Climas moderados, en el subtropical con inviernos lluviosos, en los trópicos en regiones montañosas. |
| Higuera         | pH entre 5,0 y 6,5                                                                          | Por lo menos, 400 mm. de lluvia en los períodos de brotación y florecimiento.  | Demanda razonable de nutrientes esenciales, especialmente nitrógeno, potasio, fósforo, calcio y magnesio. | Tropical, con temperatura de 20-30° C.                                                               |
| Jatropha curcas | Suelo semiárido.                                                                            | Por lo menos 400 mm. de lluvia durante el año.                                 | ---                                                                                                       | ---                                                                                                  |

Fuente: Escobar et al. (2009).

### 5.3. Superficie cultivable necesaria para los biocombustibles

Según la FAO (2003), la cantidad de tierra dedicada en el mundo a la agricultura y a la producción de alimentos es de aproximadamente 1.500 millones de hectáreas (el 11% de la superficie del planeta), y 2.800 millones de hectáreas más tienen potencial para destinarse a las mismas labores. Sin embargo, en la práctica una fracción de esta superficie no está disponible o está ocupada con otros usos: cerca del 45% está cubierta por bosques, 12% corresponde a zonas protegidas y 3% tiene asentamientos humanos. Latinoamérica, el Caribe y África Subsahariana poseen las mayores superficies de tierras disponibles (Escobar et al., 2009, citando a Earth Trends (2007), tablas 6 - 7.

**Tabla 6.** Principales productores de etanol y biodiésel

| Bioetanol      |                    |                         | Biodiésel      |                    |               |
|----------------|--------------------|-------------------------|----------------|--------------------|---------------|
| País           | Millones de litros | Materia Prima           | País           | Millones de litros | Materia Prima |
| Brasil         | 16.489             | Caña de Azúcar          | Alemania       | 1.919              | Colza         |
| Estados Unidos | 16.217             | Maíz                    | Francia        | 511                | Soya          |
| China          | 1.998              | Maíz, trigo.            | Estados Unidos | 291                | Colza         |
| Unión Europea  | 950                | Remolacha, trigo, sorgo | Italia         | 227                | Colza         |
| India          | 299                | Caña de Azúcar          | Austria        | 83                 | Colza         |

Fuente: Earth Trends (2007).

**Tabla 7.** Proyección del biocombustible año 2030

|                                           | 2004           |                                | 2030           |                                |
|-------------------------------------------|----------------|--------------------------------|----------------|--------------------------------|
|                                           | Demanda (Mtep) | % en transporte por carreteras | Demanda (Mtep) | % en transporte por carreteras |
| <b>Oecd</b>                               | 8.9            | 0.9                            | 84.2           | 7.2                            |
| <b>Norteamérica</b>                       | 7              | 1.1                            | 45.7           | 6.4                            |
| <b>Estados Unidos</b>                     | 6.8            | 1.3                            | 42.9           | 7.3                            |
| <b>Europa</b>                             | 2              | 0.7                            | 35.6           | 11.8                           |
| <b>Pacífico</b>                           | 0              | 0                              | 2.9            | 1.9                            |
| <b>Economías en transición</b>            | 0              | 0                              | 0.5            | 0.6                            |
| <b>Países desarrollados</b>               | 6.5            | 1.5                            | 62             | 6.9                            |
| <b>China</b>                              | 0              | 0                              | 13             | 4.5                            |
| <b>India</b>                              | 0              | 0                              | 4.5            | 8                              |
| <b>Otros países desarrollados en Asia</b> | 0.1            | 0                              | 21.5           | 4.6                            |
| <b>Brasil</b>                             | 6.4            | 13.7                           | 23             | 30.2                           |
| <b>Mundo</b>                              | 15.5           | 1                              | 146.7          | 6.8                            |
| <b>Unión Europea</b>                      | 2              | 0.7                            | 35.6           | 11.8                           |

Fuente: Earth Trends (2007)

## **6. Costos en la producción de los biocombustibles**

Kalmanovitz (2013) menciona que al gobierno en 2011 le costaron \$452.000 millones las exenciones, \$343.000 millones a la nación y \$108.000 millones a los departamentos y los consumidores pagaron \$71.000 millones más por haber utilizado combustibles con mezclas, siendo los mayores beneficiados los ingenios y los palmicultores. En 2011 los ingenios recibieron \$8.300 por galón de alcohol, cuando en 2005, ganaban un poco más de la mitad, “lo cierto es que el precio del etanol estaba pegado al precio final de la gasolina, el cual a su vez se deriva de una renta extraordinaria por ser el petróleo un recurso no renovable, sometido además a la explosiva geopolítica del Medio Oriente” (Kalmanovitz, 2013).

En definitiva, la política de fomento a los biocombustibles, según esta fuente, no ha garantizado la seguridad en el abastecimiento de combustibles pues su contribución ha sido marginal; adicional a esto, tampoco ha reducido la contaminación porque en el caso del diésel era más expedito que Ecopetrol adquiriera una mezcla más limpia que mezclándolo con biodiésel, que no supera el 5% del contenido. En cuanto al etanol, es grave la contaminación que generan las quemas del bagazo de la caña en los municipios que rodean a los cultivos. Esto evidencia que la sociedad colombiana se ha beneficiado poco de la política de fomento a los biocombustibles.

## **7. Biocombustibles y seguridad alimentaria en Colombia**

Aunque la historia de los biocombustibles no es nueva, la reglamentación e implementación en Colombia se da a partir del año 2001 con la Ley 693. Esta Ley definió que a partir del año 2005 en las ciudades con más de 500 mil habitantes se debía mezclar

#### Capítulo 4. El biocombustible, factor de desarrollo

la gasolina con alcohol carburante (Garzón y Hernández, 2009; Fedebiocombustibles, 2011). La producción de biocombustibles ha sido jalonada por incentivos mediante políticas gubernamentales, las cuales han motivado el incremento en el área cultivada.

Los beneficios para los cultivadores se dan con exclusión de IVA para la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y la exención de renta para la palma de aceite (*Elaeis guineensis*). Por su parte, los incentivos para los productores se dan en términos de la exención del impuesto a las ventas del biodiésel y el etanol. Adicionalmente, el gobierno controla las ganancias de los productores por medio de una banda de precios, define cuotas de mezclas y plazo de acondicionamiento del parque automotor (Ministerio de Minas y Energía, 2007; Berrío, 2011). Para el 2012 la gasolina corriente debía contener una mezcla entre el 8% (E-8) y el 10% (E-10) (Ministerio de Minas y Energía, 2011) y para el diésel, una mezcla de 10% (B-10) de aceite vegetal y 90% (B90) de diésel (Fedebiocombustibles, 2012). Los principales cultivos que pueden ser usados para la producción de aceite vegetal son: palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq), cocotero (*Cocos nucifera* L.), higuerilla (*Ricinus communis* L.), aguacate (*Persea americana* L.), jatropha (*Jatropha curcas* L.), colza (*Brassica napus* L.), maní (*Arachis hipogaea* L.), soya (*Glycine Max* L.) y girasol (*Helianthus annuus* L.); siendo la palma de aceite la de mayor rendimiento por ha (5.550 L/ha/año) y la de mayor crecimiento en área de cultivo en el país. En los años 70 existían aproximadamente 18.000 ha de cultivos, y para el año 2012 se calculan unas 427.367 ha en producción (IICA, 2010; Fedebiocombustibles, 2012). Actualmente, Colombia es el quinto productor a nivel mundial de aceite de palma. En la tabla 8 se observan los principales productores, la capacidad instalada y el área de cultivo (Giraldo, Arango y Martínez, 2013).

**Tabla 8.** Principales productores - capacidad instalada – Área de cultivo

| <b>Empresa</b>                                | <b>Capacidad (L/día)</b> | <b>Área Plantada (ha)</b> |
|-----------------------------------------------|--------------------------|---------------------------|
| Oleoflores                                    | 169.000                  | 23.000                    |
| Odin Energía                                  | 121.000                  | 12.000                    |
| <b>Biocombustibles Sostenibles del Caribe</b> | 337.000                  | 33.000                    |
| Bio D                                         | 337.000                  | 33.000                    |
| Ecodiésel de Colombia                         | 337.000                  | 33.000                    |
| Aceites Manuelita                             | 337.000                  | 33.000                    |

Fuente: Fedebiocombustible (2012)

## **8. Los biocombustibles ¿factor de desarrollo o potencializador del conflicto?**

La actividad humana está ligada al concepto de espacio territorio, debido a que allí se realizan las interacciones del ser humano con su entorno, en las que se producen relaciones específicas de producción y poder (Ceresole, 1991, citado por Ripoll A., & Ferrer).

Uno de los retos más importante para los Estados hoy día es identificar y definir los vínculos entre seguridad humana, medio ambiente y terrorismo. La situación conflictiva se presenta, entre muchas razones, cuando un espacio vacío es llenado y produce un desborde demográfico, para el cual no había infraestructura suficiente que acogiera la nueva población que entra a competir por la adquisición de recursos naturales que pueden ser un eslabón para lograr dominio territorial y así ejercer control.

#### Capítulo 4. El biocombustible, factor de desarrollo

Ese control puede convertirse en una amenaza ambiental que atenta contra la seguridad humana y la seguridad estatal al volverse territorio propicio para el desarrollo de actividades ilegales, como ha ocurrido en la subregión amazónica, la que sin un esquema de seguridad adecuado se ha convertido en un escenario conflictivo, aumentando así la vulnerabilidad del espacio geográfico y de la población.

La vulnerabilidad de la población apunta al concepto de seguridad humana, que es:

Un concepto que se centra primordialmente en las personas y modifica el concepto de la seguridad asociada tradicionalmente con la defensa del Estado frente a agresiones externas para enfocarlo en un nuevo paradigma que se concentre en la protección de la población contra toda gama de amenazas (Ramírez, 2010, p. 107).

Esa gama de amenazas constituye un espectro amplio que incluye acciones contra salud, ambiente, economía y seguridad alimentaria y política, entre otras varias, en la que presenta una característica especial que es la interdependencia que se genera entre ellas y que implica efectos recíprocos, por lo que debe atenderse conjuntamente y no individualmente. En el caso de la seguridad alimentaria, no se contraponen a los cultivos de biocombustibles, y al contrario, para Colombia son una oportunidad para utilizar grandes extensiones de tierras que no se están utilizando para siembra de productos alimenticios, soportados en la vocación agrícola histórica del país, que a su vez tiene dos importantes efectos: el primero, negocios internacionales y el segundo, ayudar a disminuir la tasa de desempleo porque permite desarrollar el campo.

Esta actividad para algunos ambientalistas tiene resultados directos e indirectos sobre el medio ambiente. Algunos de los problemas que han identificado son la tala de árboles y sustitución de cultivos

para alimento humano por grandes hectáreas para el sembradío de cultivos para la producción de biocombustibles en zonas como la costa Atlántica, Valle del Cauca, los llanos orientales y el departamento del Chocó.

Como se ha mostrado hasta aquí, Colombia es uno de los países de Suramérica con mayor potencial para la producción de biocombustibles y el Estado así lo ha entendido, razón por la cual desde los años 90 se viene impulsando una serie de políticas y medidas que buscan desarrollar todo el potencial productivo convirtiendo este sector en uno de los más estratégicos a largo plazo para el crecimiento económico del país. El aumento de la producción de biocombustibles en el país es el reflejo del creciente aprovechamiento de su potencial gracias a las políticas implementadas por los últimos gobiernos.

No obstante, dicho aumento de la producción además de enfrentarse al permanente debate entre productores y ambientalistas, sobre sus reales efectos en el medio ambiente, como ya se mencionó, tiene en Colombia otro problema, habitualmente poco considerado y es la relación que se ha dado entre la dinámica del conflicto colombiano y el aumento de los cultivos para la producción de biocombustibles especialmente en las regiones en donde se está extendiendo el cultivo de la palma (Ripoll y Ferrer, 2013).

## **9. Conclusiones**

A pesar de que la producción de biocombustibles sigue siendo reducida en el contexto de la demanda total de energía, sí resulta significativa en lo que respecta a los niveles actuales de producción agrícola. Deben reconocerse las posibles implicaciones medioambientales y sociales de su continuo crecimiento. La reducción de las emisio-

#### Capítulo 4. El biocombustible, factor de desarrollo

nes de gases de efecto invernadero es, por ejemplo, uno de los objetivos explícitos de algunas medidas reglamentarias de apoyo a la producción de biocombustibles. 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. La magnitud 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 influyen en el cambio del uso de la tierra la intensificación y el comercio internacional.

Los biocombustibles son solamente una de las alternativas existentes para mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero. En función de los objetivos de las políticas, otras opciones podrían resultar ser más rentables, como, por ejemplo, diferentes formas de energía renovable, un aumento de la eficiencia y la conservación de la energía y una reducción de las emisiones ocasionadas por la deforestación y la degradación de la tierra.

Los balances de gases de efecto invernadero no son positivos para todas las materias primas. En lo que se refiere al cambio climático, las inversiones deberían dirigirse hacia los cultivos que presentan los mayores balances positivos de gases de efecto invernadero con los costos sociales y medioambientales más reducidos.

Los efectos medioambientales varían en gran medida en función de la materia prima, las prácticas productivas y la ubicación, y dependen de manera crucial del modo en que se gestiona el cambio del uso de la tierra. La sustitución de cultivos anuales por materias primas perennes, como la palma de aceite, la jatrofa o las gramíneas perennes, puede mejorar el equilibrio de carbono en el suelo, pero la conversión de bosques tropicales a la producción de cultivos de

cualquier tipo puede liberar cantidades de gases de efecto invernadero que exceden con creces el posible ahorro anual obtenido a partir de los biocombustibles.

La disponibilidad de recursos hídricos, limitados por factores técnicos e institucionales, restringirá la cantidad de materias primas para biocombustibles producidas en países que, de otro modo, tendrían una ventaja comparativa en su producción.

Las materias primas para biocombustibles y otros cultivos alimentarios y agrícolas deberían tratarse de manera similar. Las preocupaciones medioambientales sobre la producción de materias primas para biocombustibles son las mismas que en el caso de los efectos del aumento de la producción agrícola en general, y por ello deberían aplicarse a todos los cultivos y de manera coherente unas medidas que garanticen la sostenibilidad.

Unas buenas prácticas agrícolas, como la agricultura de conservación, pueden reducir la huella del carbono y los efectos medioambientales adversos de la producción de biocombustibles, al igual que lo pueden hacer para la producción agrícola extensiva en general. Los cultivos de materias primas perennes, como gramíneas o árboles, pueden diversificar los sistemas de producción y contribuir a mejorar las tierras marginales o degradadas.

Las políticas gubernamentales nacionales deberán considerar en mayor medida las consecuencias internacionales del desarrollo de los biocombustibles. El diálogo internacional, a menudo mediante mecanismos existentes, puede ayudar a formular unos mandatos y objetivos sobre biocombustibles realistas y alcanzables.

## Referencias bibliográficas

- Aguilar, D. (2011). *Producción de etanol a partir de bagazo de caña panelera mediante un sistema híbrido de fermentación y pervaporación* (tesis de maestría). Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Nacional de Colombia, Manizales, Colombia.
- Alessandro, J. M. (2006). *La Producción de Biocombustibles*. Recuperado de: <http://eco.unne.edu.ar/SanLuis2006/area7b.pdf>. Obtenido de [eco.unne.edu.ar](http://eco.unne.edu.ar).
- Arungu-Olende, S. (30 de 11 de 2012). *Biocombustibles: beneficios y riesgos del tercer mundo*. Recuperado de: <http://www.inforegion.pe/146832/biocombustibles-beneficios-y-riesgos-del-tercer-mundo/>
- Berbel, R. L. (2010). *Estudio de la viscosidad y densidad de diferentes aceites para su uso como biocombustible*. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/2099.1/9403>
- Berrío, A.M. 2011. *Modelo regional de producción y transporte de biocombustibles en Colombia*. Tesis para obtener el grado de Magíster en Ingeniería de Sistemas. Facultad de Minas - Escuela de Sistemas. Universidad Nacional de Colombia, Medellín. 132 p.
- Ceresole, N. (1991). *Tecnología militar y estrategia nacional, política y económica de la defensa*. Buenos Aires: Editorial Pleamar.
- Corbín Ordoñez, A. (2013). *Biocombustible: qué es, tipos y clases*. Recuperado de: <http://www.cultivarsalud.com/vida-y-hogar-eco/biocombustible-que-es-tipos-y-clases/>
- Delgado, J. E., Salgado, J. J., y Pérez, R. (12 de 05 de 2015). *Perspectivas de los biocombustibles en Colombia*. (R. Ingenierías, Editor, & U. de Medellín, Productor) Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v14n27/v14n27a02.pdf>
- EBA, S.L. (s.f.). *Producir energía con la biomasa: utilizar materiales de naturaleza orgánica*. Recuperado de: <http://ebasl.es/producir-energia-con-la-biomasa/>.

- Escobar, J. C., Lora, E. S., y Venturini, O. J. (2009). *Biocombustibles, medio ambiente, tecnología y seguridad alimentaria*. Fedepalma. Recuperado de: <https://publicaciones.fedepalma.org/index/phppalmas/article/download/1430/1430>.
- Estrucplan. (s.f.). *Proceso de elaboración de biodiesel*. Oil -Fax S.A. Recuperado de: <http://www.estrucplan.com.ar/contenidos/Impacto/Energias/proceso.asp>.
- Fedebiocombustibles. 2011. *Mitos y realidades de los biocombustibles en Colombia*, [http://www.fedebiocombustible.com/files/Revista-Mitosyrealidades\(2\).pdf](http://www.fedebiocombustible.com/files/Revista-Mitosyrealidades(2).pdf). 26 p.
- Fedebiocombustibles. 2012. *Cifras Informativas del Sector Biocombustibles*. <http://www.fedebiocombustibles.com/v3/nota-web-id-488.htm>.
- Garzón, S.C. y C. Hernández. 2009. *Estudio comparativo para la producción de etanol entre Saccharomyces cerevisiae silvestre, Saccharomyces cerevisiae ATCC 9763 y Candida utilis ATCC 9950*. Universidad Tecnológica de Pereira, <http://recursosbiblioteca.utp.edu.co/tesisdigitales/texto/66182G245.pdf>; 132 p.
- Garrido, S. G. (2009 - 2012). *Bioetanol. (c. t. biomasa, productor)* Recuperado de: <http://www.plantasdebiomasa.net/bioetan.html>
- Giraldo Ramírez, D. P., Arango Aramburo, S., & Martínez Jaramillo, J. E. (2013). *Efectos de los Biocombustibles en la Seguridad Alimentaria en Colombia: Una Aproximación Sistémica*. *Revista unal*. 67(2): 7375-7385. Recuperado de: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/download/44180/45468>
- Global, BP. (2018) *¿Qué son los biocombustibles?* Recuperado de: [https://www.bp.com/es\\_es/spain/medio-ambiente-y-sociedad/biocombustibles/que-son-los-biocombustibles.html](https://www.bp.com/es_es/spain/medio-ambiente-y-sociedad/biocombustibles/que-son-los-biocombustibles.html)
- IICA. 2010. *Atlas de la agroenergía y los biocombustibles en las Américas: II Biodiesel*. Programa Hemisférico en Agroenergía y Biocombustibles, San José. p. 377.

#### Capítulo 4. El biocombustible, factor de desarrollo

- Integrantes., B. P. (s.f.). *Biodiesel a mano*. (U. N. México, Editor) Recuperado de: [https://feriadelasciencias.unam.mx/anteriores/feria21/feria337\\_01\\_biodiesel\\_a\\_mano.pdf](https://feriadelasciencias.unam.mx/anteriores/feria21/feria337_01_biodiesel_a_mano.pdf).
- Kalmanovitz, S. (03 de 04 de 2013). *Lo que nos cuestan los biocombustibles*. Recuperado de: <https://www.elespectador.com/opinion/nos-cuestan-los-biocombustibles>.
- Ministerio de Minas y Energía. 2007. *El programa de biocombustibles en Colombia*, <http://www.minminas.gov.co/minminas/downloads/UserFiles/File/hidrocarburos/Programa.pdf>. 43p
- Ministerio de Minas y Energía. 2011. *Decreto 4892 del 23 de diciembre de 2011*, <http://www.minminas.gov.co/minminas/downloads/archivosSoporteRevistas/8302.pdf>. 4 p.
- Morelos, J. (Abril - Junio de 2016). *Análisis de la variación de la eficiencia en la producción de biocombustibles en América Latina*. *Estudios Gerenciales*, 32(139): 120-126. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0123592316300018>
- Moriana, L. (2018). *Qué son los biocombustibles, ventajas y desventajas*. (E. Verde, Editor) Recuperado de: [https://www.ecologia-verde.com/que-son-los-biocombustibles-ventajas-y-desventajas-1364.html#anchor\\_3](https://www.ecologia-verde.com/que-son-los-biocombustibles-ventajas-y-desventajas-1364.html#anchor_3)
- Núñez, T. (22 de 08 de 2017). *Ventajas y desventajas de los biocombustibles*. Recuperado de: <http://www.electrontools.com/Home/WP/2017/08/22/ventajas-y-desventajas-de-los-biocombustibles/>
- Ramírez, F. (2010). *Los vínculos entre Seguridad Humana, Medio Ambiente y Terrorismo: comunidad, vulnerabilidad e interdependencia en la subregión Amazónica*. *Revista de Relaciones Internacionales, Estrategia y Seguridad*, Vol. 5-1, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá
- Ripoll, A., y Ferrer, H. (2 de 07 de 2013). *Los biocombustibles: ¿factor de desarrollo o potencializador del conflicto?* *Revista Criterio libre*. 11(19). 125-141. ISSN 1900-0642. Recuperado de: <http://>

[revistas.unilibre.edu.co/index.php/criteriolibre/article/view/1103/847](http://revistas.unilibre.edu.co/index.php/criteriolibre/article/view/1103/847)

Serna, F., Barrera, L., y Montiel, H. (2011). Impacto Social y Económico en el Uso de Biocombustibles. *Journal of Technology Management & Innovación*. Recuperado de: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/jotmi/v6n1/art09.pdf>

Tecnologías Automotrices Especializadas (s.f.). Biodiésel. Recuperado de: <https://german7644dotcom.wordpress.com/biodiesel/>

