

# *Biocombustibles: ¿son realmente amigables con el medio ambiente?\**

*Biofuels: ¿are they really friendly with environment?*

Ángela María Wilches Flórez\*\*

## Resumen

Actualmente a nivel mundial se tiene una problemática ambiental generada por el calentamiento global. Una de las razones de este problema recae en las emisiones de gases con efecto invernadero, derivados del uso de combustibles fósiles. Con el desarrollo de la biotecnología se ha encontrado en la producción de biocombustibles una opción para la generación de energía, la cual viene siendo desarrollada en varios países. El presente artículo es un documento de revisión bibliográfica que busca presentar una visión general sobre los biocombustibles, haciendo ver los aspectos positivos y negativos que su producción a nivel industrial implican; también muestra cómo viene siendo aplicada esta tecnología en Colombia y se quiere hacer ver cómo la Bioética puede ayudar en el análisis de las situaciones derivadas por el uso e implementación de esta tecnología.

**Palabras clave:** biocombustible, calentamiento global, gases de efecto invernadero, bioética, biotecnología.

## Abstract

At the present time worldwide level is had an environmental problematics generated by the global warming, one of the cause of this problem are the emission of greenhouse gases, derived from the use of fossil fuels. With the development of the biotechnology one has found in the production of biofuels an option for the generation of energy, which comes being developed in several countries. The present article is a document of bibliographical review that seeks to present a general vision on the biofuels, making see the positive and negative aspects that his production to industrial level they imply; also it shows how it comes being applied this technology in Colombia and one wants to make see as the bioethics can help in the analysis of the situations derived by the use and implementation of this technology.

**Key words:** biofuels, global warming, greenhouse gases, bioethics, biotechnology.

## Introducción

El aumento en el uso de combustibles fósiles ha generado un incremento en la producción de gases con efecto invernadero (GEI); la solución a este problema se encontró en la producción biotecnológica de biocombustibles; esta opción

al utilizarse masivamente ha generado una serie de situaciones ambientales que bien merecen la pena analizarse ya que pueden ser más graves que el problema para el cual los biocombustibles fueron vistos como solución. En este análisis la bioética debe dar sus aportes y miradas objetivas para lograr encontrar un punto de equilibrio

\* Trabajo de revisión. Documento entregado el 13 de agosto de 2010 y aceptado el 01 de marzo de 2011.

\*\* Microbióloga, Universidad de Los Andes. Magíster en Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Especialista en Docencia Universitaria, Universidad Santo Tomás. Estudiante de Doctorado en Bioética, Universidad El Bosque. Asistente Vicerrectoría de Ciencia, Tecnología e Innovación, Universidad Antonio Nariño. Correo electrónico: asistente.vcti@uan.edu.co.

entre la aplicación tecnológica y la conservación del medio ambiente.

## 1. Metodología

Para la elaboración del artículo se hizo selección de bibliografía actual con la cual se realizó un proceso de lectura crítica, es decir una lectura cuidadosa, activa, reflexiva y analítica, que permitió hacer la correspondiente abstracción de la información relevante para posteriormente organizar el documento y presentarlo por las temáticas definidas en los subtítulos.

## 2. Origen de los biocombustibles

La crisis energética que comenzó en 1973 disminuyó la oferta de petróleo e incrementó su precio en forma exorbitante, por lo cual, se impuso la racionalización del uso de la energía, hacer un uso más eficiente de ella y la diversificación de las fuentes y suministros de las mismas. Esto sumado a la creciente preocupación por el calentamiento global, causado en gran medida por la liberación de gases provenientes de la quema de combustibles fósiles, ha hecho que se plantee la urgente necesidad de encontrar y desarrollar fuentes alternativas de energía, como otros combustibles fósiles (carbón, gas), energía nuclear o recursos energéticos renovables<sup>1</sup>.

Una alternativa más factible que el petróleo, el carbón y los reactores nucleares en los países en desarrollo, es la utilización directa e indirecta de la energía a partir de residuos vegetales; es una energía renovable abundante, descentralizada y limpia<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACIÓN PARA LA AGRICULTURA (IICA). Preguntas y respuestas más frecuentes sobre biocombustibles. San José de Costa Rica, 2007.

<sup>2</sup> MONSALVE, John; MEDINA, Victoria y RUIZ, Ángela. Producción de etanol a partir de la cáscara de banano y de almidón de yuca. *Dyna, Revista de la Facultad de Minas, Universidad Nacional sede Medellín*, Año 73 (150): 21–27, 2006.

La predicción del cambio climático global fue enunciada por Svante Arrhenius en 1896. Este investigador sueco dio cuenta del incremento del CO<sub>2</sub> en la atmósfera producido por el desarrollo industrial, predijo el incremento del gas carbónico debido al consumo de combustibles fósiles e interpretó estas circunstancias como una amenaza para el clima de la tierra<sup>3</sup>.

El cuarto informe del Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) ha dejado claro que las causas fundamentales del cambio climático son humanas; el consumo de combustibles fósiles y la deforestación ocupan los primeros lugares de su explicación, los combustibles fósiles generan los llamados gases de efecto invernadero (GEI) definidos por la ONU<sup>4</sup> como “aquellos componentes gaseosos de la atmósfera tanto naturales como antropógenos, que absorben y re-emiten radiación infrarroja”, estos son: CO<sub>2</sub>, metano, CH<sub>4</sub>, óxido nitroso N<sub>2</sub>O, hidrofluorcarbonados, perfluorocarbonos y hexafluoruro de azufre. Las variaciones del clima tanto en Europa como en Estados Unidos están influyendo crecientemente en la población y en sus costumbres, el reducir la temperatura en 2°C para el 2020 es una propuesta de la Unión Europea; esta tarea es grande y compleja requerirá decisiones radicales tanto en los países industrializados como en los países en desarrollo, los cuales han mantenido hasta ahora la posición que mientras los industrializados no disminuyan sus emisiones no harán nada al respecto porque tienen derecho al desarrollo<sup>5</sup>. Surge la pregunta: ¿Cuál desarrollo? ¿El mismo que experimentarían los industrializados y que llevó a la situación actual de calentamiento? ¿Es válido

<sup>3</sup> HOUGHTON, Richard y HACKLER, Joseph. Carbon Flux to the atmosphere from land use changes: 1850 to 1990. Carbon Dioxide Information Analysis Center, U.S. Department of Energy, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee, U.S.A., 2001. Disponible en: <http://cdiac.ornl.gov/ftp/ndp050/ndp050.pdf>

<sup>4</sup> ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS (ONU). Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, Rio de Janeiro: 1992. p. 5.

<sup>5</sup> FONSECA, Carlos. Biocombustibles sostenibles para Colombia. Una reflexión social y ambiental. *En: Acta 044*, 23 de febrero de 2008. Medellín: sesión ordinaria del Consejo de Medellín, pp. 8–22.

ética y pragmáticamente el argumento que tenemos derecho a crecer contaminados ya que no hemos cumplido nuestra cuota de contaminación y que en teoría tenemos derecho a llegar a los niveles de los habitantes de los países desarrollados? ¿Es esa una buena lógica?

La alta participación de los combustibles fósiles en el sector del transporte y en la contaminación atmosférica urbana, se han convertido en fuerzas que están impulsando la investigación mundial sobre combustibles alternativos para motores, especialmente aquellos derivados de la biomasa<sup>6</sup>; en muchos países del mundo, especialmente en los desarrollados, se están poniendo de moda los combustibles limpios, a través de los cuales se lograría reducir el nocivo impacto de la contaminación por dióxido y monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos no quemados, óxidos de azufre y compuestos orgánicos volátiles<sup>7</sup>. Es importante tener presente que el uso de los biocombustibles no es invención desarrollada durante los siglos XX y XXI, ya que los motores inventados por Rudolph Diesel y Nikolauss August Otto funcionaron inicialmente con aceite de maíz y con alcohol respectivamente, ocurrió que por la misma época los derivados del petróleo estaban en pleno auge, por lo cual el ACPM y la gasolina reemplazaron a los combustibles originales<sup>8</sup>.

### 3. Definición de biocombustible

Biocombustible es el término con el cual se denomina a cualquier tipo de combustible que

se produzca a partir de biomasa (organismos vivos o sus desechos metabólicos). Los biocombustibles son renovables y pueden ser usados solos o mezclados con combustibles convencionales<sup>9</sup>. Otros autores no utilizan el término biocombustible sino introducen el concepto de agro combustible definido como producto o material que genera calor en reacción de combustión y proviene de productos animales y/o vegetales<sup>10</sup>. Los biocombustibles se pueden dividir en dos grandes ramas: los alcoholes, que cuentan con una “primera generación” a partir de caña de azúcar, maíz, soya, yuca, remolacha azucarera y una “segunda generación” que está iniciando con otras especies de granos, pasto, paja o madera a partir del procesamiento de lignocelulosa y el biodiesel inicialmente obtenido a partir de plantas oleaginosas convencionales, tales como palma africana, soya y otras especies comerciales y crecientemente con otras plantas alternativas como la jatropha y la higuera. Los biocombustibles han ganado fama como energías renovables puesto que no producirían gases de efecto invernadero adicionales, ya que el dióxido de carbono que las plantas toman cuando crecen regresa a la atmósfera al hacer combustión para un balance cero; existe discusión respecto a que se requiere energía para procesar los alcoholes y el biodiesel por lo tanto este balance debe hacerse cuidadosamente. Sin embargo es obvio que existe diferencia entre el uso de combustibles fósiles que requieren igualmente energía para su procesamiento hasta convertirlos en gasolina y diesel además de su transporte hasta los sitios de refinación y distribución. En el caso de los biocombustibles, su transporte podría minimizarse en la medida en la cual se consumen cerca de las regiones de producción. Los biocombustibles pueden producirse también a partir de residuos de madera y otros desechos agrícolas e industriales,

<sup>6</sup> BENJUMEA, Pedro Nel; BENAVIDES, Alirio y PASHOVA, Vaselina. El biodiesel de aceite de higuera como combustible alternativo para motores diesel. *Dyna, Revista de la Facultad de Minas, Universidad Nacional sede Medellín*, Año 74 (153): 141–150, 2007.

<sup>7</sup> CALA HEDERICH, David. Bioetanol carburante solución y oportunidad de negocio para el país. *Colombia: Ciencia y Tecnología*, volumen 23 (2): 12–19, Junio de 2005.

<sup>8</sup> VARGAS, Celso. Energía y medio ambiente. *Revista Investigación*, volumen 10 (3): 74–78, diciembre de 2007.

<sup>9</sup> ESCOBAR, José C y cols. Biofuels: environment, technology and food security. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, volumen 13 (6–7): 1275–1287, agosto–septiembre de 2009.

<sup>10</sup> VARGAS, Celso. Op. cit., p.78.

los cuales no compiten directamente por el suelo con cultivos alimenticios<sup>11</sup>. Los biocombustibles más usados y desarrollados son el bioetanol y el biodiesel; el bioetanol, también llamado etanol de biomasa se obtiene a partir de maíz, sorgo, caña de azúcar, remolacha o de algunos cereales como trigo o cebada<sup>12</sup>. El biodiesel se fabrica a partir de aceites vegetales, que pueden ser ya usados o sin usar, se suele utilizar canola o soya principalmente para su producción; otros biocombustibles son el metanol, metano, biopropanol y biobutanol<sup>13</sup>.

#### 4. Impacto del uso de biocombustibles

Los biocombustibles han sido promovidos como una prometedora alternativa al petróleo; la industria, los gobiernos y científicos que impulsan el uso de biocombustibles afirman que servirán como una alternativa al petróleo que se agota, mitigando el efecto climático por medio de la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, aumentando los ingresos de los agricultores y promoviendo el desarrollo rural<sup>14</sup>. Sin embargo, rigurosos estudios y análisis realizados por respetados ecologistas y sociólogos sugieren que el auge de la industria de los biocombustibles a gran escala será desastroso para los agricultores, el medio ambiente, la preservación de la biodiversidad y para los consumidores, particularmente los pobres<sup>15</sup>.

El uso de biocombustibles tiene impactos ambientales negativos y positivos. Los impactos negativos hacen que, a pesar de ser una energía renovable, no sea considerado por muchos expertos como una energía no contaminante y en consecuencia tampoco una energía verde. Una de las causas es que, pese a que en las primeras producciones de biocombustibles sólo se utilizaban los restos de actividades agrícolas, con su generalización y fomento en los países desarrollados, muchos países subdesarrollados, están destruyendo sus espacios naturales, incluyendo selvas y bosques, para crear plantaciones para biocombustibles. Las proyecciones indican que Estados Unidos no será capaz de producir domésticamente la biomasa suficiente para satisfacer su demanda de energía, por ello cultivos energéticos serán sembrados en el sur del globo; grandes plantaciones de caña de azúcar, palma africana y soya ya están suplantando bosques y pastizales en Brasil, Argentina, Colombia, Ecuador y Paraguay<sup>16</sup>, la consecuencia de esto es justo la contraria de lo que se desea conseguir con los biocombustibles: los bosques y selvas limpian más el aire de lo que lo hacen los cultivos que se ponen en su lugar.

Se afirma que el balance neto de emisiones de dióxido de carbono por el uso de biocombustibles es nulo debido a que la planta, mediante fotosíntesis, captura durante su crecimiento el dióxido de carbono que será emitido en la combustión del biocombustible. Sin embargo muchas operaciones realizadas para la producción de biocombustibles, como el uso de maquinaria agrícola, la fertilización o el transporte de productos y materias primas, actualmente utilizan combustibles fósiles y en consecuencia el balance neto de emisiones de dióxido de carbono es positivo<sup>17</sup>. Otras de las

<sup>11</sup> FONSECA, Carlos. Op. cit., pp. 8–22.

<sup>12</sup> ARANGO, Santiago y TORRES, Alina. Incidencias económicas del etanol como biocombustible en Colombia sobre los derivados de la caña de azúcar: una aproximación en dinámica de sistemas. *Revista Avances en Sistemas e Informática*, volumen 5 (2): 69–75, Junio de 2008.

<sup>13</sup> BENJUMEA, Pedro Nel; BENAVIDES, Alirio y PASHOVA, Vaselina. Op. cit., p. 141.

<sup>14</sup> KIM, Hyungtae; KIM, Seungdo y DALE, Bruce. Biofuels, land use change and greenhouse gas emissions: some unexplored variables. *Environmental science and technology*, volumen 43 (3): 961–967, January 28, 2009.

<sup>15</sup> BRAVO, Elizabeth y ALTIERI, Miguel. La tragedia social y ecológica de la producción de biocombustibles agrícolas en las Américas. Boletín No. 235 de la Red por una América Latina libre de transgénicos. La Haine. 10p.

<sup>16</sup> BRAVO, Elizabeth. Biocombustibles, cultivos energéticos y soberanía alimentaria: encendiendo el debate sobre biocombustibles. Quito: Acción ecológica, Red por una América Latina Libre de Transgénicos y Manthra Editores, 2006. 153p.

<sup>17</sup> DESBORDE, R. Green Marketing and Energy sources: paradigm shift in progress. *Rev Proceedings of ASBBS*, volumen 15 (1), febrero de 2008.

causas del impacto ambiental son las debidas a la utilización del agua necesaria para los cultivos y el proceso de destilación; el transporte de la biomasa, el procesado del combustible y la distribución de este hasta el consumidor. Varios tipos de fertilizantes tienden a degradar los suelos y acidificarlos; el consumo de agua para el cultivo supone disminuir los volúmenes de las reservas y los caudales de los cauces de agua dulce<sup>18</sup>.

Algunos procesos de producción de biocombustible son más eficientes que otros en cuanto al consumo de recursos y a la contaminación ambiental. Por ejemplo, el cultivo de la caña de azúcar requiere el uso de menos fertilizantes que el cultivo del maíz, por lo que el ciclo de vida del bioetanol de caña de azúcar supone una mayor reducción de emisiones de gases de efecto invernadero respecto al ciclo de vida de combustibles fósiles con más efectividad que el ciclo del bioetanol derivado del maíz. Sin embargo aplicando las técnicas agrícolas y las estrategias de procesamiento apropiadas, los biocombustibles pueden ofrecer ahorros en las emisiones de al menos el 50% comparando con combustibles fósiles como el gasóleo o la gasolina<sup>19</sup>; no obstante este punto es controversial ya que recientes artículos publicados en revistas científicas como Science han cuestionado el supuesto efecto neutro de los biocombustibles frente al calentamiento global<sup>20</sup>, justificación de las más publicitadas para mezclarla con el diesel y la gasolina. En un estudio dirigido por Paul Crutzen (una de las mayores autoridades sobre clima en el mundo y ganador del Premio Nobel en Química por sus investigaciones sobre la capa de ozono) se encontró que el etanol proveniente de la canola y el maíz pueden producir respectivamente el 70 y el 50 % más de gases de efecto invernadero que los combustibles fósiles tradicionales.

Es un hallazgo resultante del análisis de su ciclo de vida, que consiste en un detallado seguimiento de los efectos del biocombustible para el medio ambiente, incluyendo la etapa agrícola, el proceso de destilación y su combustión final. En el caso del maíz y la canola, el uso intensivo de fertilizantes nitrogenados para el cultivo determina su balance negativo, ya que los óxidos de nitrógeno son unos potentes gases de efecto invernadero<sup>21</sup>. El  $N_2O$  un producto de la fijación del nitrógeno, aplicado a la agricultura es un gas de efecto invernadero con un promedio por año de calentamiento global (GWP) 296 veces mayor que una masa equivalente de  $CO_2$ . El aumento en el uso de biocombustibles para disminuir la dependencia de los combustibles fósiles y llevar el carbono a la neutralidad, puede causar que la concentración del  $N_2O$  atmosférico incremente debido a las emisiones de  $N_2O$  asociadas con la fertilización con nitrógeno<sup>22</sup>. Otro aspecto importante para tener de referencia en el balance de reacciones es el cálculo del balance neto de las emisiones de  $CO_2$ , Patzeck ha hecho este cálculo para un combustible como el etanol, incorporando todas las emisiones de gases que se generan en el proceso del cultivo y obtención y los ha transformado en toneladas de  $CO_2$  equivalente; el resultado es bastante ilustrativo, en términos netos, por cada hectárea de maíz dedicada a la producción industrial de etanol en Estados Unidos se generan 3100 Kg de  $CO_2$  equivalente, lo que quiere decir que si se quisiera satisfacer únicamente el 10% del consumo de combustible en ese país con etanol, las emisiones alcanzarían los 127 millones de toneladas<sup>23</sup>.

En relación al proceso de destilación se tiene que durante esta etapa un total de 12 galones

<sup>18</sup> ESCOBAR, José C y cols. Op. cit., p. 1280.

<sup>19</sup> *Ibidem.*, pp. 1281–1287.

<sup>20</sup> SILLS, Jennifer. Biofuels: effects on land and fire. *Science*, volumen 321: 199–201. Julio 11 de 2008.

<sup>21</sup> CARPINTERO, Oscar. Biocombustibles y uso energético de la biomasa: un análisis crítico. *El ecologista*, número 49: 20–26. Otoño de 2006.

<sup>22</sup> CRUTZEN, P. J., et al.  $N_2O$  release from agro-biofuel production negates global warming reduction by replacing fossil fuels. *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions*, Discuss., 7: 11191–11205.

<sup>23</sup> PATZECK, Tad W. Thermodynamics of the corn-ethanol biofuel cycle. *Critical Reviews in plant sciences*, volume 23 (6): 519–567, 2004.

de agua de desecho se remueven por galón de etanol producido, se requieren más o menos tres procesos de destilación para obtener etanol de 95% de pureza<sup>24</sup>. En resumen la producción de etanol no provee un beneficio energético neto por el contrario requiere más energía fósil producirlo que la que produce. Citando casos concretos se tiene que para la producción de etanol de maíz se requieren 1.29 galones de combustible fósil por galón de etanol producido y la producción de biodiesel de soya requiere 1.27 galones de energía fósil por galón de biodiesel producido<sup>25</sup>.

Otro aspecto desfavorable en la producción de biocombustibles es que al comenzar a utilizarse suelo agrario para el cultivo directo de biocombustibles, en lugar de aprovechar exclusivamente los restos de otros cultivos, se ha comenzado a producir un efecto de competencia entre la producción de comida y la de biocombustibles. Estudios importantes al respecto han sido realizados por expertos como J Fargione, T Searchinger y H Gibss quienes coinciden en afirmar que la producción de agro combustibles resulta en un pérdida de ecosistemas naturales ya sea directa o indirectamente, porque al utilizarse la materia prima para la generación del biocombustible obligatoriamente se debe acudir a nuevos terrenos para aumentar la producción de dicha materia prima ahora con doble propósito, alimento y generación de energía<sup>26,27,28</sup>.

Adicionalmente, la situación referida conlleva también a un aumento en el precio de los alimentos; un caso de este efecto se ha dado en Argentina, con la producción de carne de vaca. Las plantaciones para biocombustible dan beneficios cada seis meses y los pastos en los que se crían las vacas lo dan a varios años, con lo que se comenzaron a usar estos pastos para generar biocombustibles. La conclusión fue un aumento de precio en la carne de vaca, duplicando e incluso llegando a triplicar su precio en dicho país. Otro de los casos se ha dado en México, con la producción de maíz. La compra de maíz para producir biocombustibles para Estados Unidos hizo que en el primer semestre de 2007, la tortilla de maíz duplicara o incluso triplicara su precio. En nuestro país ha ocurrido un fenómeno similar con el precio del azúcar debido a la producción de bioetanol; la caña de azúcar es la materia prima para la producción de bioetanol, adicionalmente de esta se extraen productos de consumo humano como el azúcar y la panela, por ello frente al panorama actual, entran en juego diferentes opiniones de índole político, económico y social respecto a los efectos que se pueden dar en el mercado de los derivados de la caña, especialmente sobre el azúcar<sup>29</sup>. La producción de azúcar entra a competir con la del etanol. Este se encuentra actualmente en una posición atractiva para los cultivadores de caña de azúcar que ven en él un mercado rentable, dada la creciente demanda tanto interna como externa del producto. Lo anterior puede reflejarse en una alteración de la producción de azúcar, consecuentemente se vería afectada la satisfacción de su demanda y a la vez se presentaría una variación de su precio en el mercado, el cual tendería al alza<sup>30</sup>. A nivel mundial Grocery Manufactures Association, un

<sup>24</sup> PIMENTEL, David. Ethanol Fuels: Energy balance, economics and environmental impacts are negative. *Natural Resources Research*, volumen 12 (2): 127–134, junio de 2003.

<sup>25</sup> PIMENTEL, David y PAIZEK, Tad W. Ethanol production using corn, switchgrass and wood: biodiesel production using soybean and sunflower. *Natural Resources research*, volumen 14 (1): 65–76, 2005.

<sup>26</sup> FARGIONE, Joseph., et al. Land clearing and the biofuel carbon debt. *Science*, volumen 319 (5867): 1235–1238, febrero 29 de 2008.

<sup>27</sup> SEARCHINGER, T., et al. Use of US cropland for biofuels increases greenhouse gases through emissions from land use change. *Science*, volumen 319 (5867): 1238–1240, febrero 29 de 2008.

<sup>28</sup> GIBSS, Holly., et al. Carbon payback times for crop-based biofuel expansion in the tropics: the effects of changing yield and technology. *Environ. Res. Lett.*, volumen 3: 1–10, 2008.

<sup>29</sup> ARANGO, Santiago y TORRES, Alina. Op. cit., p. 70.

<sup>30</sup> ASOCIACIÓN DE CULTIVADORES DE CAÑA DE AZÚCAR DE COLOMBIA (ASOCAÑA). Aspectos Generales del sector azucarero 2004–2005 [en línea]. Publicado el 08 de junio de 2009. Disponible en: <http://www.asocana.org/modules/documentos/secciones.aspx?tipo=3&valor=256>

grupo de presión que representa a la mayoría de compañías mundiales de alimentos, bebidas y productos de consumo, entre ellas Unilever, Coca Cola, ConAgro, Nestle, Pepsico, hablaron en nombre del ambiente y de la gente que sufre hambre; la Asociación afirma que la culpa de la inflación record de los precios de los alimentos es de haber destinado cultivos alimenticios a la producción de bio-combustibles<sup>31</sup>.

Los impactos negativos de la producción de biocombustibles no se quedan en esto; en muchas latitudes, las condiciones laborales de quienes trabajan en producir biocombustibles son inaceptables, mientras que en otras se han desplazado forzosamente campesinos y comunidades indígenas y negras para abrir campo a los grandes latifundios para producirlos<sup>32</sup>. Teniendo en cuenta que los países ricos no van a poner en cultivo los millones de hectáreas que necesitan para satisfacer su consumo de biocombustibles, ya se están desarrollando proyectos en países pobres de América Latina, Asia y África para que estos destinen una parte importante de su superficie agrícola a la plantación de cultivos energéticos destinados al consumo de los países ricos poniendo en mayor riesgo su seguridad alimentaria y aumentando sus servidumbres ambientales con los países desarrollados<sup>33</sup>; todos estos son aspectos éticos y morales muy importantes que deben ser revisados<sup>34</sup>.

Otro de los aspectos analizados desde el punto de vista del medio ambiente es la erosión del suelo que ha sido utilizado para los cultivos de plantas empleadas en la producción de biocombusti-

bles<sup>35</sup>, es el caso de los cultivos de soya donde grandes índices de erosión han sido detectados especialmente en áreas que no implementan ciclos largos de rotación de cultivos<sup>36</sup>. En Argentina el cultivo intensivo de soya ha llevado al agotamiento masivo de los nutrientes del suelo; se estima que la recomposición de estos nutrientes con fertilizantes es de 910 millones de dólares, esta recomposición adicionalmente causa un incremento en la concentración de N y P en las cuencas de los ríos<sup>37</sup>.

En contraparte a los aspectos negativos referidos hasta ahora en relación a la producción de biocombustibles surgen los análisis realizados también por autoridades mundiales en el tema, quienes ven en los biocombustibles opciones favorables desde muchos aspectos, tal es el caso del Doctor Albert Sasson (ex subdirector general de la UNESCO) quien afirma que en las plantas no sólo hay un potencial energético importante sino toda una industria que ha dado grandes ganancias y beneficios a países como Brasil que han sabido aprovechar los ocultos poderes que hay en el verde de la caña de azúcar, este país es el líder mundial en la utilización de biocombustibles, produce aproximadamente 13 billones de litros de bioetanol obtenidos de caña de azúcar y cuenta con unos 3.5 millones de vehículos que funcionan sólo con este combustible, el resto de vehículos funciona con una mezcla de etanol más gasolina<sup>38</sup>. El profesor Sasson le apuesta a los vegetales como salvación o al menos como alternativa rentable y pragmática de la economía, el medio ambiente y la ciencia en cuanto a combustibles se refiere. Desde el laboratorio

<sup>31</sup> ETC GROUP. ¿De quién es la naturaleza? El poder corporativo y la frontera final en la mercantilización de la vida. *Comunicar*, número 100: 3-48, noviembre de 2008.

<sup>32</sup> RODRÍGUEZ, Manuel. Un balance negativo. "Biocombustibles al Banquillo". *El Tiempo*, 5 de Mayo de 2008.

<sup>33</sup> HO, Mae-Wan., et al . ¿Which Energy? 2006 Institute of Science in Society Energy Report [en línea]. Institute of science and society (ISIS), 2006. pp. 5-76. Disponible en: [http://www.i-sis.org.uk/ISIS\\_energy\\_review\\_exec\\_sum.pdf](http://www.i-sis.org.uk/ISIS_energy_review_exec_sum.pdf).

<sup>34</sup> PIMENTEL, David. Op. cit., p.132.

<sup>35</sup> RIECHMAN, Jorge. El debate sobre los agro carburantes y la necesidad ético política de auto contención. *Viento sur: por una izquierda alternativa*, número 95: 93-99, 2009.

<sup>36</sup> CLAY, Jason. *World agriculture and the environment*. Washington: Island Press, 2004. 570p.

<sup>37</sup> PENGUE, Walter. Transgenic crops in Argentina: the ecological and social debt. *Bulletin of science, technology and society*, volumen 25 (4): 314-322, 2005.

<sup>38</sup> SÁNCHEZ, Laura. Estudio sobre el sector de la biotecnología en Brasil. Brasil: Promomadrid y CEIM, 2006. 67p.



y la investigación con plantas advierte Sasson podría llegar la próxima evolución energética. Si bien no se trata de sustituir por completo los hidrocarburos, la discusión gira en torno a la forma como se pueden crear modelos de aprovechamiento de los recursos que sean más eficaces y amigables con el medio ambiente<sup>39</sup>. El profesor afirma que se debe creer en la nueva tecnología para elevar el nivel de vida y competir en el mercado internacional. Hay que sobrepasar las polémicas asumiendo que hay que hacer las cosas bien y sentar un marco serio de bioseguridad y bio-vigilancia entender y asumir que la Biotecnología es el valor añadido imprescindible del futuro o poco futuro tendremos<sup>40</sup>.

## 5. Situación en Colombia

En Colombia el uso oficial de biocombustibles inicia con la promulgación de la ley 693 de 2001 (en la cual se dictan normas sobre el uso de alcoholes carburantes y se crean estímulos para su producción, comercialización y consumo)<sup>41</sup> y el Plan Energético Nacional visión 2003-2020 y se comienza a incentivar el uso de aceites de origen natural en los motores tipo diesel mediante la Ley 939 de 2004 y las resoluciones 1565 de 2004 y 1289 de 2005 del Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial<sup>42</sup>.

El gobierno busca transformar a Colombia en el mayor productor mundial de combustibles agrícolas y los Ministerios de Agricultura y de Minas y Energía trabajan en varios proyectos para conseguir esa meta. Las autoridades han dado prioridad a la producción de combustibles agrícolas a partir de la caña de azúcar, palma africana,

yuca, maíz y considera otros relacionados con la papa e higuera<sup>43</sup>, por ejemplo, el Ministerio de Agricultura avanza en la implementación de una planta de etanol a partir de yuca en el departamento de Sucre; este proyecto va a requerir la siembra de más de 8 mil hectáreas adicionales de yuca, con lo que se proyecta la generación de 4 mil nuevos empleos directos en el campo<sup>44</sup>. Con respecto a la producción de biodiesel a partir de higuera se encuentra que a partir de sus frutos se puede extraer un 40% de aceite y esta planta posee la ventaja que es una especie poco exigente y sobrevive en condiciones de sequía, no demanda mayores cuidados frente al ataque de malezas, plagas o enfermedades, pues ella misma produce los insecticidas y fungicidas necesarios para auto-protegerse<sup>45</sup>.

El país posee un gran potencial para construir una industria de los bio-carburantes, desarrollar esta industria le ofrece al país la oportunidad de aprovechar sus ventajas comparativas como país tropical con vocación agrícola y amplia capacidad de siembra. Además se constituye en un reto científico-tecnológico para que los grupos de investigación nacionales, mediante un trabajo mancomunado e interdisciplinario con los sectores público y privado, concentren sus esfuerzos en el logro de desarrollos tecnológicos propios<sup>46</sup>. Colombia cuenta con 21.5 millones de hectáreas con vocación agrícola, de las cuales 18.5% actualmente tiene uso agrícola. En el país, de acuerdo con el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural se estima un área potencial de 114.828 hectáreas (2.7% del área actualmente en uso agrícola) para la producción de bio-carburantes. El Ministerio

<sup>39</sup> LA ROTTA, Santiago. Albert Sasson, el hombre de las energías vegetales. *El Espectador*, abril 29 de 2009.

<sup>40</sup> SASSON, Albert. Biotecnología, logros, expectativas y precauciones. Conferencia [en línea], Octubre de 2005. Disponible en: [http://www.forinnovatec.com/Conferencia-Albert-Sasson\\_a907.html](http://www.forinnovatec.com/Conferencia-Albert-Sasson_a907.html).

<sup>41</sup> CONGRESO DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA. Ley 693 de 2001, septiembre 19 de 2001. Disponible en: [http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley/2001/ley\\_0693\\_2001.html](http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley/2001/ley_0693_2001.html).

<sup>42</sup> VARGAS, Celso. Op. cit., pp. 76-78.

<sup>43</sup> REY, Gloria. Colombia: la guerra de los Biocombustibles. *Agencia de Noticias Inter Press Service*, IPS, julio de 2007.

<sup>44</sup> ARIAS, Andrés. Biocombustibles en Colombia. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 18 de junio de 2008. Disponible en: <http://www.minagricultura.gov.co/media/55803826.pdf>.

<sup>45</sup> DOMÍNGUEZ, Juan Carlos. Iniciativa en firme con la Jatropa. *El Tiempo*, 27 de diciembre de 2008.

<sup>46</sup> CORTÉS, Elkin; SUAREZ, Héctor y PARDO, Sandra. Biocombustibles y autosuficiencia energética. *Dyna, Revista de la Facultad de Minas, Universidad Nacional sede Medellín*, Año 76 (158): 101-110, 2009.

proyectó que la producción diaria en Colombia de biodiesel para el 2009 superaría 2.4 veces la del 2008 (965.070 L/día en cuatro plantas de biodiesel a 2.384.562 L/día en nueve plantas) y la oferta exportadora para el mismo período aumentaría un 28%<sup>47</sup>. Este aumento obedece según el gobierno nacional a las ventajas competitivas del país gracias a las múltiples opciones en mayor captura de energía por su ubicación geográfica para la obtención de biomasa, disponibilidad de materias primas, diversas regiones adecuadas, mercado interno garantizado por la creciente demanda, interés continuo en investigación y desarrollo a partir de variedades mejoradas y de nuevas especies (banano, batata, ñame) productividad constante como también áreas listas para cultivar e incentivos del gobierno dentro de los que se encuentran exenciones tributarias y estímulos para unidades empresariales agroindustriales en el tema, lo que hace ideal a Colombia para invertir en proyectos en biocombustibles<sup>48</sup>.

La introducción al mercado de un producto cuya materia prima tradicionalmente se ha utilizado para el consumo humano genera diversas opiniones y efectos no solamente económicos sino sociales y éticos. Se ha impulsado la inversión en este nuevo mercado, lo que gestó múltiples expectativas respecto a los cambios inherentes a la introducción de biocombustibles a la economía nacional<sup>49</sup>. Adicional a esto la producción de biocombustibles ha causado graves problemas sociales en algunas regiones del país como Chocó y la Orinoquía. En el pacífico y occidente, donde la palma aceitera se cultiva desde los años 70 las denuncias vinculan esas plantaciones con el violento accionar de grupos paramilitares, con la violación de derechos humanos, intimidaciones, expropiación de tierras y desplazamiento forzado<sup>50</sup>. La Diócesis de Quibdó

denunció que el río Curvaradó que hasta hace poco estuviera poblado por más de una decena de comunidades campesinas de afro descendientes y mestizos cordobeses, esta despoblado y sus bosques ya no existen, debido al avance acelerado de la tala de árboles suplantados por el desierto verde de la palma aceitera que impone el monocultivo sobre la biodiversidad. Según el documento de la Diócesis, los verdaderos propietarios de las tierras tuvieron que huir para salvar sus vidas, pero fueron regresados a la fuerza para que las vendieran o entregaran<sup>51</sup>.

Hoy los que aún resisten viven en casas improvisadas de paja y madera en medio de las palmas, algunos con medidas cautelares de protección dictadas por la Corte Interamericana de Derechos Humanos prefieren estar en zonas humanitarias creadas por las ONG nacionales y extranjeras, si bien ya no se ven buldóceres ni grupos armados ilegales patrullando la selva, las amenazas y muertes continúan<sup>52</sup>. Otro territorio en el que se está haciendo lo mismo que en el Chocó es la región del Orinoco colombiano, se quiere conquistar la Orinoquía para la colonización de palma y petróleo ya que en palabras de Uribe “este es un espacio vacío y sin árboles”<sup>53</sup>. Es claro que en Colombia se está frente a diferentes posiciones relacionadas con la producción de biocombustibles, de un lado está la del Gobierno Nacional que muestra con orgullo la implementación de la producción de los mismos y de otro la de los campesinos quienes de manera clara ven que esta producción los perjudica y sienten que otros se están aprovechando de sus tierras.<sup>54</sup> La argumentación presentada anteriormente hace necesaria una reflexión profunda sobre los beneficios y costos de la producción de biocombustibles en nuestro país.

<sup>47</sup> CASTELLO, Luis. Biocombustibles y seguridad alimentaria [en línea]. FAO-Colombia, 2008. Disponible en: <http://www.fao.org/co/articbiocomb.pdf>.

<sup>48</sup> *Ibidem.*, p. 2.

<sup>49</sup> ARANGO, Santiago y TORRES, Alina. Op. cit., p. 70.

<sup>50</sup> REY, Gloria. Op. cit., p. 2.

<sup>51</sup> MINGORANCE, Fidel; MINELLI, Flaminia y LE DU, Hélène. El Cultivo de la palma africana en el Chocó. Legalidad ambiental, territorial y derechos humanos. Colombia: Human Rights Everywear y Diócesis de Quibdó, 2004. 8p.

<sup>52</sup> LOS USURPADOS DEL CHOCÓ. *Revista Semana*, junio 20 de 2009.

<sup>53</sup> SANTOS, José Manuel. Orinoco Colombiano: sangre a cambio de biocombustibles. *Rebelión*, junio de 2007.

<sup>54</sup> RODRÍGUEZ, Margarita. Colombia, producción de biocombustibles a qué precio? *Enlace Socialista*, junio 4 de 2009.



## 6. Discusión desde la perspectiva bioética

El aumento exponencial del conocimiento no tiene una relación directa con el aumento de la sabiduría para manejarlo<sup>55</sup>; de esta forma, la bioética debe verse como un proceso necesario, ineludible e impostergable en la búsqueda incesante de la “sabiduría” para desarrollar el conocimiento de cómo usar el conocimiento, de estructurar siempre el pensamiento para mejorar las condiciones del planeta y de todos los seres vivos, incluyendo la supervivencia y la mejora de la condición humana y del ecosistema. Poner la bioética en el centro del desarrollo para humanizarlo es una tarea urgente que sin duda, por primera vez en la historia de la humanidad, no constituye solamente un imperativo moral, sino también una cuestión de supervivencia. La bioética debe tener ojo avizor, ya que la ciencia va más rápido que la discusión bioética de sus métodos y resultados. Las preguntas a responder son por ejemplo: ¿Cómo no parar los adelantos científico-técnicos que están ocurriendo? ¿Cómo asegurar o por lo menos discutir la conveniencia de tales adelantos para solucionar los grandes problemas planetarios? ¿Tiene el hombre conocimiento de las transformaciones que están ocurriendo y van a ocurrir a mediano y corto plazo?<sup>56</sup>

El tema del uso de los biocombustibles está generando posiciones a favor y en contra dependiendo de los intereses de quien haga el análisis. Independiente a ello, es importante tener en cuenta que el desarrollo de los biocombustibles como aplicación tecnológica que tiene impacto sobre el medio ambiente debe incluir algunos aspectos básicos en los que se trate de dar respuesta a preguntas como: ¿este desarrollo tecnológico es beneficioso y sostenible para la comunidad? ¿Es bueno para el empleo de las personas? ¿Es seguro para el medio

ambiente?<sup>57</sup>, ¿Qué puede pasar con el precio de los alimentos y qué impacto tendrá esto en términos de alimentación de aquellos quienes pasan hambre en el mundo? ¿Cuál es el verdadero costo energético de los biocombustibles? ¿Puede su uso mitigar el cambio climático global?<sup>58</sup>.

El analizar las preguntas formuladas permite el esclarecimiento de algunos puntos álgidos de la evaluación de las tecnologías desde la perspectiva comunitaria y sobre todo, al implementarse en preguntas sencillas y directas facilita la comunicación con sectores sociales de diversos niveles de instrucción<sup>59</sup>.

En el caso particular de la aplicación tecnológica en la producción de los biocombustibles es prioritario hacer un análisis en cada país, donde se tengan en cuenta aspectos como la disponibilidad de tierra cultivable para este propósito, el costo de la materia prima a utilizar, que va ligado a la economía local, estudio del ciclo de vida del biocombustible, indicadores de sostenibilidad asociados a su producción, nivel de investigación y desarrollo del país, entre otros, estos aspectos constituyen la base fundamental para poder elaborar un programa regional para la producción de biocombustible.

En este análisis es donde la bioética entra a tener un papel fundamental ya que en el caso de la producción de combustibles alternativos hay una serie de intereses económicos, políticos y sociales que muy seguramente impedirán el hacer una reflexión objetiva sobre el tema, y es necesario contar con una mirada imparcial donde no pri-

<sup>55</sup> POTTER, Van Rensselaer. *Bioethics: bridge to the future*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall, 1971. 205p.

<sup>56</sup> HERNÁNDEZ-FERNÁNDEZ, Javier y SOTO, Carlos Yesid. *Calentamiento Global, bioética y la nueva biología. Innovación y ciencia*, volumen 16 (2): 26–34, 2009.

<sup>57</sup> SCHUMACHER, D. Siete principios del cuidado ecológico. Los imperativos del desarrollo comunitario. En: DELGADO, Carlos. *Cuba Verde*. En busca de un modelo para la sustentabilidad en el siglo XXI. La Habana: Editorial José Martí, 1999. pp. 242–252.

<sup>58</sup> SCHULZ, William. The cost of Biofuels. *Chemical and Engineering News*, volumen 85 (51): 12–16, diciembre de 2007.

<sup>59</sup> DELGADO, Carlos. Cambios revolucionarios y cuestionamientos éticos en las ciencias de la vida: los enigmas de la vida diseñada [en línea]. Capítulo final del libro *Bioética y Medio Ambiente*. En proceso de edición. La Habana: Editorial Félix Varela. Disponible en: <http://sistemicomplexi.humnet.unipi.it/pdf/ENIGMAS%20DE%20LA%20VIDA%20DISE%20DIADA.pdf>.

me el interés de unos pocos sino se piense en el beneficio de las comunidades logrando tener un equilibrio con el medio ambiente. Para realizar el análisis desde la bioética es necesario retomar aspectos planteados por la ética ambiental que se inicia en las obras de autores como Fourier, Mundford y Leopold y que plantea la necesidad de un compromiso con la naturaleza y ha formulado un conjunto de interrogantes fundamentales referidas al valor intrínseco de la naturaleza; el orden natural y humano; la existencia de deberes con respecto a las generaciones futuras, los animales, las plantas y los objetos inanimados; preocupaciones morales a distintos niveles, entre los que se incluyen los individuos, las especies, los ecosistemas y el planeta; la necesidad de reconocer límites a los modelos de desarrollo económico y las pretensiones humanas de transformación a la naturaleza<sup>60</sup>.

Es importante tener presente que la ética ambiental tiene diferentes corrientes entre las que se encuentran: naturalista, conservacionista, resolutiva, sistémica, científica, humanista, holística, bio-regionalista, práxica, crítica social, feminista, etnográfica, eco-educación, sostenibilidad<sup>61</sup>. La ética ambiental desde sus inicios se ha postulado como una nueva ética, en el sentido de que persigue fundamentar racionalmente los principios, valores y normas que regulen la conducta del ser humano con la naturaleza, más allá del círculo de intereses morales propiamente humanos<sup>62</sup>. Es importante destacar que es el valor de la vida el que estimula a pensar que las fronteras de la comunidad moral no se acaban en el ser humano y que la vida es el ser que nos apela a

una apertura de conciencia ética y a reconocer que somos vida en medio de la vida. No es sólo la vida humana la que tiene valor intrínseco, sino también la vida extra humana en la naturaleza<sup>63</sup>.

Al hacer la reflexión de los aspectos éticos en la producción de biocombustibles se deben tener presentes algunas de estas corrientes por ejemplo la ética naturalista, ética centrada en la vida que exige, a la hora de decidir cómo hemos de actuar, tengamos en cuenta el impacto de nuestras acciones sobre todo ser vivo afectado por ellas; en este caso, se puede hablar de igualitarismo biótico. También se debe considerar el holismo ecológico que considera moralmente relevante dos tipos de cosas, el conjunto de la biosfera y los grandes ecosistemas que la componen; en esta corriente los animales individuales, rocas, plantas, entre otros que componen estos grandes sistemas no son moralmente relevantes, aquí se puede considerar a la biosfera y a los ecosistemas como individuos, claro que extremadamente complejos<sup>64</sup>.

Hay que tener presente que en un mundo tecnológico y globalizado, bajo el proceso de industrialización, no se puede negar que las decisiones y acciones humanas impactan positiva o negativamente a los lejanos en el tiempo y en el espacio. Si se quiere mantener la integridad moral, es imperativo examinar el impacto de las acciones humanas sobre las poblaciones de otros países y continentes, compuestos por personas desconocidas. Más aun, se debe pensar en las consecuencias de las acciones del hoy sobre las generaciones futuras, es decir sobre los seres humanos que no existen todavía<sup>65</sup>, dentro de esta reflexión, posi-

<sup>60</sup> DELGADO, Carlos. Hacia un nuevo saber. La bioética en la revolución contemporánea del saber. Colección Bios y Oikos, volumen 2. Bogotá: Editorial Kimpres Ltda., Universidad El Bosque, 2008. 216p.

<sup>61</sup> SAUVÉ, Lucie. Una cartografía de Corrientes en Educación Ambiental. Cátedra de Investigación de Canadá en Educación Ambiental. Université du Québec a Montreal.

<sup>62</sup> LECAROS, Juan Alberto. El puesto del hombre en la naturaleza: El problema del antropocentrismo. *Revista Selecciones de Bioética*, número 15: 69–74. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana, Instituto de Bioética, mayo 2009.

<sup>63</sup> LECAROS Juan Alberto. El respeto a la vida: el bio-centrismo en la ética medioambiental. *Revista Selecciones de Bioética*, número 15: 63–68. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana, Instituto de Bioética, mayo 2009.

<sup>64</sup> ELLIOT, Robert. La ética ambiental. En: SINGER, Peter (Ed). *Compendio de Ética*. Madrid: Editorial Alianza, 1995. pp. 391–404.

<sup>65</sup> FERRER, Jorge José y SANTORY, Anayra. Hacia una Bioética Global: Ecología y Justicia. *Revista Selecciones de Bioética*, número 14: 19–33. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana, Instituto de Bioética, octubre de 2008.

ciones como la de Hans Jonas deben ser revisadas, él propone que la ética ambiental se debe basar en la responsabilidad por la naturaleza teniendo presente que el hombre no es el amo de la naturaleza sino que ella esta puesta a su cuidado<sup>66</sup>, en este contexto surge la pregunta de fondo: ¿tienen los hombres deberes respecto a las generaciones futuras o respecto a los animales, plantas y objetos inanimados?<sup>67</sup>. A este respecto, se tiene que la ética ambiental tiene el reto de pensar no sólo a largo plazo sino también con mayor amplitud con el fin de extender la reflexión moral de modo que incluya no sólo a los seres humanos, sino también al mundo no humano, de animales, plantas, en general al ecosistema.

De manera particular considero que el propósito inicial con el que fue concebido el concepto y la producción de biocombustibles fue buena, pero lamentablemente se perdió la intención de ser amigable con el medio ambiente en el momento en que se ve esta tecnología como una potencial fuente de recursos económicos y se hace una masificación de su producción sin evaluar las consecuencias que esto tendría a nivel de la economía y la sociedad en cada región.

## 7. Conclusiones

Los biocombustibles surgen como alternativa al consumo de combustibles fósiles, con el objetivo de reducir el impacto negativo de estos sobre el medio ambiente.

Existen dos tipos de biocombustibles, los denominados alcoholes que se clasifican a su vez en alcoholes de primera y segunda generación, los primeros producidos a partir de caña de azúcar,

maíz, soya, remolacha azucarera; los últimos generados utilizando como materia prima granos, pasto, paja, madera. El otro tipo de biocombustible es el biodiesel obtenido a partir de plantas oleaginosas y actualmente está en estudio su producción utilizando plantas silvestres de algunas regiones específicas como la *jatropha* e higuera.

La producción de biocombustibles a nivel comercial ha creado controversia ya que se ha evidenciado que en torno a su producción se genera un impacto que tiene implicaciones económicas, sociales, políticas y ambientales, sobre las cuales hay que hacer análisis detallados para poder concluir y evaluar si su producción es positiva o negativa para una determinada región.

Es importante que desde la bioética se haga un análisis relacionado con la implementación de esta tecnología y se den aportes que permitan encontrar un punto de equilibrio entre el desarrollo tecnológico y la sostenibilidad de las áreas geográficas donde se lleva a cabo la producción de biocombustibles.

## Bibliografía

1. ARANGO, Santiago y TORRES, Alina. Incidencias económicas del etanol como biocombustible en Colombia sobre los derivados de la caña de azúcar: una aproximación en dinámica de sistemas. *Revista Avances en Sistemas e Informática*, volumen 5 (2): 69–75, Junio de 2008.
2. ARIAS, Andrés. Biocombustibles en Colombia. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 18 de junio de 2008. Disponible en: <http://www.minagricultura.gov.co/media/55803826.pdf>.
3. ASOCIACIÓN DE CULTIVADORES DE CAÑA DE AZÚCAR DE COLOMBIA (ASOCAÑA). Aspectos Generales del sector azucarero 2004–2005 [en línea]. Publicado el 08 de junio de 2009. Disponible en: <http://www.asocana.org/modules/documentos/secciones.aspx?tipo=3&valor=256>.
4. BENJUMEA, Pedro Nel; BENAVIDES, Alirio y PASHOVA, Vaselina. El biodiesel de aceite de higuera como combustible alternativo para motores diesel. *Dyna, Revista de la Facultad de Minas, Universidad Nacional sede Medellín*, Año 74 (153): 141–150, 2007.

<sup>66</sup> HOYOS VÁSQUEZ, Guillermo. *Ciencia, tecnología y ética*. Serie Los Cuadernos de la Escuela, N° 6. Medellín: Ediciones de la Teckhné, Instituto Tecnológico Metropolitano, 2000.

<sup>67</sup> MITCHAM, Carl. Cuestiones Éticas en Ciencia y Tecnología: análisis introductorio [en línea]. *Ciencia, tecnología y sustentabilidad*. El Escorial, julio de 2004. 30p. Disponible en: <http://lasegundanavegacion.blogspot.com/2011/02/cuestiones-eticas-en-ciencia-y.html>.

5. BRAVO, Elizabeth. Biocombustibles, cultivos energéticos y soberanía alimentaria: encendiendo el debate sobre biocombustibles. Quito: Acción ecológica, Red por una América Latina Libre de Transgénicos y Manthra Editores, 2006. 153p.
6. BRAVO, Elizabeth y ALTIERI, Miguel. La tragedia social y ecológica de la producción de biocombustibles agrícolas en las Américas. *Boletín No. 235 de la Red por una América Latina libre de transgénicos*. La Haine. 10p.
7. CALA HEDERICH, David. Bioetanol carburante solución y oportunidad de negocio para el país. *Colombia: Ciencia y Tecnología*, volumen 23 (2): 12–19, Junio de 2005.
8. CARPINTERO, Oscar. Biocombustibles y uso energético de la biomasa: un análisis crítico. *El ecologista*, número 49: 20–26. Otoño de 2006.
9. CASTELLO, Luis. Biocombustibles y seguridad alimentaria [en línea]. FAO–Colombia, 2008. Disponible en: <http://www.fao.org.co/articbiocomb.pdf>.
10. CLAY, Jason. *World agriculture and the environment*. Washington: Island Press, 2004. 570p.
11. CONGRESO DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA. Ley 693 de 2001, septiembre 19 de 2001. Disponible en: [http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley/2001/ley\\_0693\\_2001.html](http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley/2001/ley_0693_2001.html).
12. CORTÉS, Elkin; SUAREZ, Héctor y PARDO, Sandra. Biocombustibles y autosuficiencia energética. *Dyna, Revista de la Facultad de Minas, Universidad Nacional sede Medellín*, Año 76 (158): 101–110, 2009.
13. CRUTZEN, P. J., et al. N<sub>2</sub>O release from agro-biofuel production negates global warming reduction by replacing fossil fuels. *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions*, Discuss., 7: 11191–11205.
14. DELGADO, Carlos. Hacia un nuevo saber. La bioética en la revolución contemporánea del saber. Colección Bios y Oikos, volumen 2. Bogotá: Editorial Kimpres Ltda., Universidad El Bosque, 2008. 216p.
15. \_\_\_\_\_. Cambios revolucionarios y cuestionamientos éticos en las ciencias de la vida: los enigmas de la vida diseñada [en línea]. Capítulo final del libro Bioética y Medio Ambiente. En proceso de edición. La Habana: Editorial Félix Varela. Disponible en: <http://sistemicomplessi.humnet.unipi.it/pdf/ENIGMAS%20DE%20LA%20VIDA%20DISE%20DADA.pdf>.
16. DESBORDE, R. Green Marketing and Energy sources: paradigm shift in progress". *Rev Proceedings of ASBBS*, volumen 15 (1), febrero de 2008.
17. DOMÍNGUEZ, Juan Carlos. Iniciativa en firme con la Jatropha. *El Tiempo*, 27 de diciembre de 2008.
18. ELLIOT, Robert. La ética ambiental. En: SINGER, Peter (Ed). *Compendio de Ética*. Madrid: Editorial Alianza, 1995. pp. 391–404.
19. ESCOBAR, José C y cols. Biofuels: environment, technology and food security. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, volume 13 (6–7): 1275–1287, agosto–septiembre de 2009.
20. ETC GROUP. ¿De quién es la naturaleza? El poder corporativo y la frontera final en la mercantilización de la vida. *Communiqué*, número 100: 3–48, noviembre de 2008.
21. FARGIONE, Joseph., et al. Land clearing and the biofuel carbon debt. *Science*, volumen 319 (5867): 1235–1238, febrero 29 de 2008.
22. FERRER, Jorge José y SANTORY, Anayra. Hacia una Bioética Global: Ecología y Justicia. *Revista Selecciones de Bioética*, número 14: 19–33. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana, Instituto de Bioética, octubre de 2008.
23. FONSECA, Carlos. Biocombustibles sostenibles para Colombia. Una reflexión social y ambiental. En: Acta 044, 23 de febrero de 2008. Medellín: sesión ordinaria del Consejo de Medellín, pp. 8–22.
24. GIBSS, Holly., et al. Carbon payback times for crop-based biofuel expansion in the tropics: the effects of changing yield and technology. *Environ. Res. Lett.*, volumen 3: 1–10, 2008.
25. HERNÁNDEZ–FERNÁNDEZ, Javier y SOTO, Carlos Yesid. Calentamiento Global, bioética y la nueva biología. *Innovación y ciencia*, volumen 16 (2): 26–34, 2009.
26. HO, Mae–Wan., et al. ¿Which Energy? 2006 Institute of Science in Society Energy Report [en línea]. Institute of science and society (ISIS), 2006. pp. 5–76. Disponible en: [http://www.i-sis.org.uk/ISIS\\_energy\\_review\\_exec\\_sum.pdf](http://www.i-sis.org.uk/ISIS_energy_review_exec_sum.pdf).
27. HOUGHTON, Richard y HACKLER, Joseph. Carbon Flux to the atmosphere from land use changes: 1850 to 1990. Carbon Dioxide Information Analysis Center, U.S. Department of Energy, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee, U.S.A., 2001. Disponible en: <http://cdiac.ornl.gov/ftp/ndp050/ndp050.pdf>
28. HOYOS VÁSQUEZ, Guillermo. Ciencia, tecnología y ética. Serie Los Cuadernos de la Escuela, N° 6. Medellín: Ediciones de la Teckhné, Instituto Tecnológico Metropolitano, 2000.
29. INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACIÓN PARA LA AGRICULTURA (IICA). Preguntas y respuestas más frecuentes sobre biocombustibles. San José de Costa Rica, 2007.
30. KIM, Hyungtae; KIM, Seungdo y DALE, Bruce. Biofuels, land use change and greenhouse gas emissions: some unexplored variables. *Environmental science and technology*, volumen 43 (3): 961–967, January 28, 2009.
31. LA ROTTA, Santiago. Albert Sasson, el hombre de las energías vegetales. *El Espectador*, abril 29 de 2009.

32. LECAROS, Juan Alberto. El puesto del hombre en la naturaleza: El problema del antropocentrismo. *Revista Selecciones de Bioética*, número 15: 69–74. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana, Instituto de Bioética, mayo 2009.
33. \_\_\_\_\_. El respeto a la vida: el bio-centrismo en la ética medioambiental. *Revista Selecciones de Bioética*, número 15: 63–68. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana, Instituto de Bioética, mayo 2009.
34. LOS USURPADOS DEL CHOCÓ. *Revista Semana*, junio 20 de 2009.
35. MINGORANCE, Fidel; MINELLI, Flaminia y LE DU, Hélène. El Cultivo de la palma africana en el Chocó. Legalidad ambiental, territorial y derechos humanos. Colombia: Human Rights Everywear y Diócesis de Quibdó, 2004. 8p.
36. MITCHAM, Carl. Cuestiones Éticas en Ciencia y Tecnología: análisis introductorio [en línea]. Ciencia, tecnología y sustentabilidad. *El Escorial*, julio de 2004. 30p. Disponible en: <http://lasegundanavegacion.blogspot.com/2011/02/cuestiones-eticas-ciencia-y.html>.
37. MONSALVE, John; MEDINA, Victoria y RUIZ, Ángela. Producción de etanol a partir de la cáscara de banano y de almidón de yuca. *Dyna, Revista de la Facultad de Minas, Universidad Nacional sede Medellín*, Año 73 (150): 21–27, 2006.
38. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS (ONU). Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, Rio de Janeiro: 1992. p. 5.
39. PATZECK, Tad W. Thermodynamics of the corn-ethanol biofuel cycle. *Critical Reviews in plant sciences*, volume 23 (6): 519–567, 2004.
40. PENGUE, Walter. Transgenic crops in Argentina: the ecological and social debt. *Bulletin of science, technology and society*, volumen 25 (4): 314–322, 2005.
41. PIMENTEL, David y PATZEK, Tad W. Ethanol production using corn, switchgrass and wood: biodiesel production using soybean and sunflower. *Natural Resources research*, volumen 14 (1): 65–76, 2005.
42. PIMENTEL, David. Ethanol Fuels: Energy balance, economics and environmental impacts are negative. *Natural Resources Research*, volumen 12 (2): 127–134, junio de 2003.
43. POTTER, Van Rensselaer. Bioethics: bridge to the future. New Jersey: Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1971. 205p.
44. REY, Gloria. Colombia: la guerra de los Biocombustibles. *Agencia de Noticias Inter Press Service, IPS*, julio de 2007.
45. RIECHMAN, Jorge. El debate sobre los agro carburantes y la necesidad ético política de auto contención. *Viento sur: por una izquierda alternativa*, número 95: 93–99, 2009.
46. RODRÍGUEZ, Manuel. Un balance negativo. “Biocombustibles al Banquillo”. *El Tiempo*, 5 de Mayo de 2008.
47. RODRÍGUEZ, Margarita. Colombia, producción de biocombustibles a qué precio? *Enlace Socialista*, junio 4 de 2009.
48. SÁNCHEZ, Laura. Estudio sobre el sector de la biotecnología en Brasil. Brasil: Promomadrid y CEIM, 2006. 67p.
49. SANTOS, José Manuel. Orinoco Colombiano: sangre a cambio de biocombustibles. *Rebelión*, junio de 2007.
50. SASSON, Albert. Biotecnología, logros, expectativas y precauciones. Conferencia [en línea], octubre de 2005. Disponible en: [http://www.foroinnovatec.com/Conferencia-Albert-Sasson\\_a907.html](http://www.foroinnovatec.com/Conferencia-Albert-Sasson_a907.html).
51. SAUVÉ, Lucie. Una cartografía de Corrientes en Educación Ambiental. Cátedra de Investigación de Canadá en Educación Ambiental. Université du Quebec a Montreal.
52. SCHULZ, William. The cost of Biofuels. *Chemical and Engineering News*, volumen 85 (51): 12–16, diciembre de 2007.
53. SCHUMACHER, D. Siete principios del cuidado ecológico. Los imperativos del desarrollo comunitario. En: DELGADO, Carlos. Cuba Verde. En busca de un modelo para la sustentabilidad en el siglo XXI. La Habana: Editorial José Martí, 1999. pp. 242–252.
54. EARCHINGER, T., et al. Use of US cropland for biofuels increases greenhouse gases through emissions from land use change. *Science*, volumen 319 (5867): 1238–1240, febrero 29 de 2008.
55. SILLS, Jennifer. Biofuels: effects on land and fire. *Science*, volumen 321: 199–201. Julio 11 de 2008.
56. VARGAS, Celso. Energía y medio ambiente. *Revista Investigación*, volumen 10 (3): 74–78, diciembre de 2007.