



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS POLÍTICAS Y SOCIALES

**LOS BIOCOMBUSTIBLES ¿TRANSICIÓN O BASE DE
UN NUEVO SISTEMA ENERGÉTICO MUNDIAL?**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**LICENCIADA EN RELACIONES
INTERNACIONALES**

P R E S E N T A

MARÍA TRINIDAD PÉREZ MÁRQUEZ

**DIRECTORA: MTRA. ANA CRISTINA CASTILLO
PETERSEN**



Ciudad Universitaria, 2014.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A Valentina

Te dedico esta tesis mi niña hermosa, porque gracias a ti hoy he podido concretar este ciclo tan importante en mi vida, has sido mi motor y espero que te sirva de motivación para luchar por tus propios sueños. Quiero que sepas que desde el momento que supe que venías a mi vida todo lo que he hecho ha sido por ti y porque algún día te conviertas en una mujer segura, valiente, exitosa y sobre todo feliz. Te amo mi bebé.

Agradecimientos

Cerrar este ciclo tan importante y maravilloso, llamado licenciatura, no ha sido sencillo, sin embargo, tuve a mi lado a personas realmente valiosas, que a su manera me ayudaron para lograrlo, es por eso que no puedo dar este último paso, sin agradecerles.

Quiero comenzar dando las gracias a mi mamá, Elizabeth Márquez† y a mi papá, Vicente Márquez†, por haberme dado tanto amor y por haber luchado siempre por hacerme una persona de bien; sé que si ellos y sin las bases que me dieron yo jamás hubiera llegado hasta este momento. El día de su partida sin duda es el golpe más fuerte que haya recibido, pero estoy convencida que en ese mismo instante, Dios me regaló dos ángeles que velan por mí.

Pero en realidad nunca me he encontrado sola, por eso quiero agradecer a mi tía Verónica Márquez, por ser la mejor madre suplente, soy muy afortunada de tenerla, pues además de que siempre me ha ayudado a enfrentar la adversidad y me ha dado grandes muestras de tenacidad, paciencia, tolerancia, esperanza y fé, es igualita a la original. En este mismo tenor quiero agradecer también a mi Tía Rosa Lilia Márquez, por haberme abierto las puertas de su casa y de su corazón, cuando más lo necesitaba y por el apoyo que me brindó.

A mi esposo Omar Morales, te amo y te agradezco profundamente todo el apoyo que me has dado, no sólo al momento de escucharme, de leerme, y de procurarme tiempo para que me dedicara a esta meta, sino por el que me has dado todos y cada uno de los días desde que nos conocimos; gracias también por tu paciencia y tu empeño, eres mi compañero de vida y ahora sigues tú.

A mi asesora, la Mtra. Ana Cristina Castillo Petersen; estaré toda la vida en deuda con usted, porque no se limitó a guiar mi proceso de titulación, muy por el contrario, me brindó su amistad y su apoyo incondicional, no sólo en la parte académica. Tal vez sin darse cuenta, me guió para vencer mis más grandes temores, gracias por confiar siempre en mí, por motivarme, por perseguirme hasta el cansancio, por enseñarme a creer en mí y por ser mi ejemplo a seguir. Es usted

una mujer de las que ya no se hacen, positiva, emprendedora, inteligente, fuerte, amorosa y sobre todo muy humana.

A Luis Flores, porque a tu estilo muy particular, me motivaste para concluir este trabajo y para no rendirme, me enseñaste que las limitaciones existen solamente en la mente del que se quiere rendir. Por cierto, no encontré los globos de cantoya que me sugeriste.

A mis hermanos Joel y Lili, los amo con todo el corazón, sin ustedes la vida no sería igual, les agradezco por todas las alegrías que hemos vivido juntos, pero más porque siempre me han ayudado a llevar en hombros las cargas pesadas. Por cierto, Joel nunca olvidaré tu disposición para ayudarme con la tecnología que no comprendo y que tuve que utilizar en este proceso.

A mi tío Ricardo Márquez, por estar al pendiente de que cumpliera esta meta satisfactoriamente, gracias por su solidaridad.

A Emmanuel Gallegos, te doy las gracias por tu amistad y por tu apoyo, por siempre estar al tanto de este proceso y por motivarme para concluir.

A mis "Tucitos", Blanki, Mido, Ale, Nancy y Richie, son ustedes muy especiales para mi, hicieron de la universidad una experiencia que jamás olvidaré, me han llenado de alegría, me han escuchado y también me han acompañado en los pasos más trascendentales, gracias por su amistad, los quiero mucho.

A Yadira Baeza, por tu amistad que a pesar de la distancia siempre me brindas, gracias también por compartir los momentos más importantes de mi vida y por siempre tener las palabras adecuadas para el momento adecuado. Eres una persona muy especial, te quiero mucho.

A los chicos de las clases de Estados Unidos y Canadá, Taller de investigación, Seminario de titulación I y II, que por algunas generaciones ya, he tenido el gusto de conocer y sobre todo de aprender de ellos, especialmente de Diana, Alma, Arturo y Ana Karen 1 y 2.

A Ricardo Becerril, que si bien compartimos las aulas cuando estudiábamos, el momento en el que pude conocerte mejor y apreciarte fue precisamente cuando formamos parte de ese maravilloso equipo de profesores adjuntos.

A los miembros del jurado examinador, los profesores: Andrés Emilio Ávila Akerberg, Fausto Quintana Solórzano, Rubén Cuéllar Laureano y Marco Antonio Lopátegui Torres; por sus valiosas aportaciones a esta tesis, sin las cuales este proceso no se hubiera podido concluir.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por permitirme ser parte de la comunidad universitaria y por formarme como profesionista, por ser la mejor universidad del país.

A la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, por ser un hogar para todos los que en ella nos formamos, por siempre motivar el espíritu crítico y analítico en sus alumnos.

Y por último, pero si quien nada hubiera ocurrido, a Dios, porque como un día mi amiga Yadira me recordó, “Todo lo puedo en Cristo que me fortalece” (Filipenses 4:13), con él, no importa que existan personas que quieran que fracase.

¡México, Pumas, Universidad!

Índice

Introducción.....	i
1. Panorama general de los biocombustibles	1
1.1. Energías renovables	2
1.2. Bioenergía, biomasa y biocombustibles	4
1.2.1. Los biocombustibles más utilizados en el mundo.....	10
1.2.2. Diferentes generaciones.....	13
1.3. Industria agroenergética y cultivos energéticos	17
2. Los biocombustibles, en un contexto marcado por el cambio climático y la crisis energética actual.....	21
2.1. Calentamiento global y cambio climático	23
2.1.1. Impactos y evidencias.....	32
2.1.2. Debate norte-sur, desarrollados-subdesarrollados.....	34
2.1.3. Principales políticas y acciones a nivel mundial: El Protocolo de Kioto y la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC).....	36
2.1.4. Medidas de mitigación y adaptación.....	38
2.2. Crisis energética actual	40
2.2.1. Antecedentes.....	42
2.2.2. Pico del petróleo	47
2.2.3. Posibles soluciones	56
2.2.4. Los biocombustibles y el diseño de un nuevo sistema energético y económico mundial	62
3. Situación actual de los biocombustibles	69
3.1. Producción de biocombustibles.....	72
3.1.1.1. Producción de etanol.....	78
3.1.1.2. Producción de biodiesel.....	80
3.2. Consumo de biocombustibles	81
3.3. Políticas sobre biocombustibles a nivel internacional	83
3.4. Políticas sobre biocombustibles y principales objetivos de producción de los principales países productores.....	86
3.4.1. Estados Unidos.....	87
3.4.2. Brasil.....	93

3.4.3. Unión Europea.....	99
3.5. Comercio de biocombustibles	105
4. Impactos ambientales de la producción y el consumo de biocombustibles ..	119
4.1. Rendimiento energético	121
4.2. Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)	124
4.3. Cambio de uso de suelo.....	130
4.4. Intensificación de la producción agrícola: contaminación y escasez del agua y degradación del suelo	139
Conclusiones.....	148
Fuentes de consulta	153

Índice de esquemas

Esquema 1. La ruptura del modelo energético.....	56
Esquema 2. Principales motivaciones para el desarrollo de la industria de los biocombustibles.....	70
Esquema 3. Cuota estimada de energías renovables en el consumo final de energía mundial, 2011.....	118
Esquema 4. Impactos ambientales asociados a los biocombustibles	122

Índice de gráficas

Gráfica 1. Cambios de la temperatura, del nivel del mar y de la cubierta de nieve en el Hemisferio Norte.....	28
Gráfica 2. Emisiones mundiales de GEI antropógenos	29
Gráfica 3. Comparación de la producción de crudo de 1973 y 2010.....	51
Gráfica 4. Comparación del consumo total mundial y por región de energía de 1973 y 2009.....	53
Gráfica 5. Emisiones de CO ₂ por tipo de combustible.....	54
Gráfica 6. Producción anual de biocombustibles, 1975-2010.....	76
Gráfica 7. Producción mundial de Biodiesel y Etanol (2000-2011).....	77
Gráfica 8. Principales productores de etanol, con proyecciones hasta 2017	79
Gráfica 9. Principales productores de biodiesel, con proyecciones hasta 2017 ...	81
Gráfica 10. Consumo mundial de biocombustibles con proyecciones hasta 2021	82
Gráfica 11. Exportaciones de biocombustibles a nivel mundial con proyecciones hasta 2021.....	117
Gráfica 12. Reducciones en las emisiones de gases de efecto invernadero de determinados biocombustibles en comparación con los combustibles fósiles	127
Gráfica 13. Potencial de incremento del rendimiento para determinados cultivos materia prima de los biocombustibles	142
Gráfica 14. Consumo de H ₂ O virtual en la producción agrícola por unidad de energía generada (Litros agua/MJ)	146

Índice de mapas

Mapa 1. Principales rutas comerciales de biomasa con fines energéticos a futuro	115
---	-----

Índice de tablas

Tabla 1. Tipos de Biomasa.....	7
Tabla 2. Potenciales cultivos energéticos para la obtención de etanol (alcohol)...	13
Tabla 3. Tipos de cultivos energéticos	19
Tabla 4. Emisiones acumuladas de CO ₂ (Energía): 1990-2005	31
Tabla 5. Combustibles fósiles: Razones que complican su explotación.....	55
Tabla 6. Rendimientos de los biocombustibles para diferentes materias primas y países.....	75
Tabla 7. Objetivos voluntarios y obligatorios de bioenergía para los combustibles del transporte en los países del G8+5.....	108
Tabla 8. Estimación de las importaciones de biocombustibles al año 2020	116
Tabla 9. Evaluación de las materias primas para la producción de biocombustibles	145

Introducción

El tema de las energías renovables, sobre todo en el caso de los biocombustibles, se ha planteado como una solución milagrosa ante problemas energéticos y ambientales de gran dimensión como el cambio climático y la crisis energética actual, sin embargo, tiene a su alrededor aún varias incógnitas y férreos debates a cerca de lo benéfico o no que pueda resultar su producción y uso a gran escala; éstos han sido elaborados no sólo por científicos e investigadores especializados, sino también por tomadores de decisiones, medios de comunicación y la sociedad civil en general.

Si bien los biocombustibles son utilizados por el ser humano desde hace ya un par de siglos, éstos no habían gozado de gran importancia dentro del actual sistema energético mundial, pues en diversas ocasiones su producción a gran escala se dejó de lado, debido a la abundante presencia y bajo costo que los hidrocarburos han tenido, principalmente el petróleo.

No obstante, en el mismo número de ocasiones se ha retomado el estudio y desarrollo de estos llamados combustibles alternativos, gracias a las alzas en el precio del barril de petróleo y de otros carburantes como el gas natural, así como también a la dependencia energética que la mayor parte de los países tiene respecto a los países petroleros que en general pertenecen a la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP por sus siglas en español).

Un ejemplo de lo anterior es el repunte que la industria de los biocombustibles tuvo tras la crisis petrolera de 1973; en dicho período la mayor parte del mundo se encontró frente a una precipitada alza en el precio por barril y a la escasez de petróleo propiciada por los países de la OPEP, debido a ello, se recurrió al impulso de éstos combustibles con la intención de eliminar la dependencia energética, gracias a que son de fácil acceso para cualquier país debido a que todos tienen tierras que pueden dedicar al cultivo de los insumos necesarios para su producción.

En este contexto es en el cual nacen industrias como la estadounidense y la brasileña, mismas que hoy por hoy representan el primer y segundo lugar de producción a nivel mundial.

Empero, si bien en la década de los setenta el impulso hacia los biocombustibles tuvo que ver con la vulnerabilidad energética, en realidad no existían problemas de escasez dentro de los países productores, es decir, los yacimientos de petróleo se encontraban con una amplia capacidad por explotar, así pues, se trató de una cuestión más de corte político y económico.

Sin embargo, hoy en día el asunto que ha hecho voltear los ojos tanto de dirigentes, como de científicos y hombres de negocios, hacia el desarrollo y producción a gran escala de los biocombustibles, tiene que ver con el agotamiento real de las reservas de petróleo, conocido como el pico del petróleo o *peak oil*.

Este es un tema que ha alertado a los tomadores de decisiones de la necesidad de transitar hacia un nuevo sistema energético basado en una nueva fuente de energía, la cual, para muchos la representan las energías renovables y entre ellas los biocombustibles; se les ha apostado, entre otras cosas y pese a las críticas, gracias a sus cualidades físicas, que en su mayoría son semejantes a las de los hidrocarburos. Esto resulta conveniente económicamente hablando, pues para hacer uso de ellos, los cambios en la infraestructura ya existente serían mínimos. .

Aunado al problema energético per sé el tema de la producción de combustibles como el etanol y el biodiesel ha gozado de mayor fuerza que en ocasiones anteriores, gracias a que hoy en día la humanidad enfrenta también problemas de tinte ambiental, dentro de los cuales se encuentra el cambio climático, causado por la enorme cantidad de gases de efecto invernadero (GEI) de origen antropogénico, emitidos a la atmósfera diariamente como resultado de las actividades del hombre y sus esquemas de producción y consumo.

Así pues, son estas dos problemáticas la base sobre la cual se sustenta tanto la defensa como el ataque hacia la producción de biocombustibles. Por un lado quienes están a favor resaltan cualidades como la menor cantidad de emisiones

de GEI comparado con las liberadas durante la quema de combustibles fósiles y la mínima cantidad de cambio en la infraestructura para su utilización, mientras que sus detractores, han puesto de manifiesto que no tienen la capacidad energética para sustituir a los combustibles fósiles y satisfacer la demanda mundial actual y futura, y que tampoco cuentan con la capacidad para reducir las emisiones de GEI; muy por el contrario argumentan que debido al cambio de uso de suelo realizado para llevar a cabo las plantaciones de los monocultivos de los insumos requeridos, así como todo el proceso productivo y la externalidades que conlleva éste, contaminan en mayor cantidad que el mismo petróleo.

Algunas de estas llamadas externalidades son, el desplazamiento de otras actividades como la ganadería y la agricultura hacia zonas de selva y bosque propiciando de esta manera la deforestación de grandes pulmones como la selva amazónica y con ello la pérdida de especies endémicas.

Además, se han resaltado otras consecuencias, dentro de las cuales se encuentra el riesgo alimentario, por utilizar insumos que sirven como alimento para la elaboración de biocombustibles.

Empero, la pregunta que salta a la vista es si los biocombustibles son en realidad una opción para enfrentar tanto problemas ambientales como energéticos y si como sociedad internacional valdría la pena apostarles como base del nuevo sistema energético o si sólo son un elemento más que ayudará a que el tránsito hacia dicho sistema sea menos abrupto.

Es por ello que para el desarrollo de la presente investigación titulada *Los biocombustibles ¿transición o base de un nuevo sistema energético mundial?*, se trabajó con la hipótesis siguiente: los biocombustibles no son una solución definitiva para enfrentar a las dos mayores urgencias mundiales, es decir, el cambio climático y la crisis energética actual, pues las emisiones de GEI sólo son relativamente más bajas que las de los combustibles fósiles y su potencial energético es mucho menor, impidiendo así la satisfacción de la demanda energética mundial y el freno al aumento de la temperatura mundial. De igual

forma que los biocombustibles pueden ser una opción viable para frenar el cambio climático y para reestructurar el sistema energético, si los procesos productivos siguen mejorando tecnológicamente y si se les usa en conjunto con el resto de las energías renovables, así como que con la promoción de la producción de biocombustibles se han priorizado objetivos energéticos y económicos por encima de los ambientales, pese a que en el discurso político mundial surgido en la primera década del presente siglo, se antepone la emergencia ambiental.

Como complemento de lo anterior, la presente investigación tiene como objetivos conocer las características generales de los biocombustibles, con la finalidad de adquirir mayor información acerca de las ventajas y desventajas tanto económicas y energéticas como sociales y ambientales; comparar las ganancias económicas y ambientales que la producción de biocombustibles ha tenido, para corroborar o refutar que se prioriza el aspecto económico, así como también analizar los puntos de convergencia entre el cambio climático y la crisis energética para poder establecer si los biocombustibles pueden realmente ayudar a enfrentar ambas problemáticas y comprobar si la industria de los biocombustibles plantea una solución permanente y sustentable o simplemente es un elemento más en la transición hacia la implementación de un nuevo sistema energético.

Así pues, para lograrlo, la tesis que aquí se presenta se encuentra dividida en cuatro capítulos, dentro de los cuales se desglosa un panorama general de la producción, consumo y comercio de los biocombustibles, así como también sus conceptos básicos, métodos de producción y los principales impactos ambientales que esta industria tiene.

Dentro del capítulo uno se expone brevemente lo que se entiende por biocombustibles y se hace una diferenciación entre éste y otros conceptos que pueden confundirse, tales como bioenergía y biomasa, también se hace una explicación del por qué es que la investigación se concentra sólo en el biodiesel y el etanol y se abordan temas como las generaciones tecnológicas, la industria agroenergética, los cultivos energéticos y la historia del desarrollo de estos combustibles.

Dentro del segundo capítulo se escribe sobre las dos grandes emergencias mundiales, centro de esta investigación, es decir, el cambio climático y la crisis energética actual.

Dentro de la primera parte, se abordan las principales diferencias entre cambio climático y calentamiento global, así como sus conexiones y sus principales impactos y evidencias; también se retoman el debate que sostienen tanto los países del norte como los países del sur con respecto a sus responsabilidades, las principales acciones a nivel mundial, poniendo especial énfasis en el Protocolo de Kioto y la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático y las principales medidas de mitigación y adaptación propuestas para enfrentar este problema. Es precisamente en este punto en donde se promueve el uso de biocombustibles.

Por otro lado, la segunda parte aporta información sobre el tema de la crisis energética actual; se explica en qué consiste, así como también sus antecedentes, las posibles soluciones y la propuesta del diseño de un nuevo sistema energético y económico que pueda tener su base en la producción y el consumo de biocombustibles.

Continuando, a lo largo del capítulo tres, se expone un panorama general de la situación actual de los biocombustibles, retomando la producción, el consumo y el comercio tanto del etanol como del biodiesel, así como también los principales países productores y sus políticas y objetivos de producción.

De la misma manera, con la finalidad de proporcionar mayores elementos para la comprobación de las hipótesis, dentro del cuarto y último capítulo se evidencian los principales impactos ambientales que la industria ha generado, así como también, algunos que podría propiciar.

Tal como se puede observar, a lo largo de los cuatro capítulos, lo que se pretende hacer es proporcionar al lector información suficiente sobre el cómo y el por qué es que la industria de los biocombustibles goza de un fuerte impulso a nivel

mundial, así como también saber cuáles son sus posibles alcances y peligros en términos energéticos y ambientales.

La tecnología es lo que nos separa de nuestro medio ambiente.

Herbert Marshall McLuhan.

1. Panorama general de los biocombustibles

El uso de los biocombustibles es un tema controversial, respecto al cual se han generado diferentes posturas, tanto a favor como en contra.

En las últimas décadas los biocombustibles han gozado de mucho auge, probablemente gracias al apoyo que se les ha otorgado no sólo por parte de los gobiernos de países como Brasil, Estados Unidos, y algunos miembros de la Unión Europea, sino también por parte de los inversionistas, que han permitido el desarrollo y la explotación de los mismos.

Si bien el etanol y el biodiesel no son una novedad de la época actual, se les ha tomado junto con el resto de las energías renovables, como una bandera de desarrollo limpio, ésto gracias a que se está ante dos inminentes problemas de alcance mundial, el llamado calentamiento global y el cambio climático¹, sumados a la actual crisis energética que aqueja a la humanidad.

Muchas veces los discursos tanto de los que están en contra de ellos como de los que se encuentran a su favor, carecen de información suficiente en cuanto a lo que son, de dónde provienen, los procesos que requieren para su producción, la contaminación (poca o mucha) que generan, las ventajas y desventajas que traen consigo, la antigüedad que tienen, entre otras cosas.

Todos estos aspectos podrían inclinar la balanza hacia uno u otro lado y de esta forma determinarlos como una solución viable o no al problema ambiental. Es por ello que en el presente capítulo se abordarán de manera concisa estos elementos.

¹ “[...] cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”. Organización de Naciones Unidas, *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático*, [en línea], Nueva York, ONU, 9 de mayo de 1992, Dirección URL: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>, [consulta: 1 de junio de 2010].

1.1 Energías renovables

El abastecimiento de energía es una necesidad que acompaña al hombre desde su aparición como tal en la Tierra. Ésta se ha venido satisfaciendo de diferentes formas a lo largo de la historia cambiando al mismo ritmo en el que se han desarrollado y perfeccionado tanto las técnicas como la tecnología propias para su obtención.

En un principio el hombre simplemente requería de energía suficiente para sobrevivir y la generación de músculos fuertes que se lo permitieran, sin embargo, al mismo tiempo en el que fue evolucionando y explorando el mundo en el que vivía, la necesidad se transformó incluyendo aspectos como la provisión de calor para la época invernal o la provisión de fuego para la cocción de sus alimentos.

Así pues, “Toda la civilización ha sido construida tomando como base el descubrimiento y dominio de nuevas fuentes de energía para el uso humano de una forma cada vez más eficiente y con medios cada vez más sofisticados.”²

Como todo, hoy en día las necesidades que aquejan al hombre son mucho más complejas que en sus inicios, no obstante, siguen girando en torno a la obtención de calor en su sentido más amplio.

Para saciar dicha necesidad, el hombre recurrió al uso y la explotación de las llamadas energías renovables, mismas que contrario a lo que se cree, no son una innovación de la época actual, han estado presentes desde antes de nuestra aparición sobre el planeta.

Las energías renovables se han denominado de esta forma debido a que sus materias primas se pueden renovar al infinito, volviéndolas inagotables.

En esta categoría se encuentra en primer lugar, la energía solar y, como consecuencia de ella, la energía eólica, la energía hidráulica, la energía geotérmica y la energía procedente de la biomasa.

² Francisco Jarabo Friedrich y Nicolás Elortegui Escartín, *Energías Renovables*, Madrid, España, S.A.P.T. PUBLICACIONES TÉCNICAS, S.L., 2000, 2ª edición, p. 13.

La energía solar tiene el primer lugar en el listado de energías renovables, debido a que gracias a ella se generan procesos como el ciclo del agua, las mareas, el viento y la fotosíntesis, mismos que hacen posible la existencia de las demás.

Aunque este tipo de energías se usó potencialmente durante mucho tiempo, es con el descubrimiento de los hidrocarburos y el inicio de la llamada Revolución Industrial³, que se dejaron de lado para dar paso al uso exponencial de combustibles como el carbón y posteriormente el petróleo, denominados combustibles fósiles⁴.

Hoy en día la humanidad se encuentra frente a dos grandes problemas que de una u otra forma están sumamente vinculados, éstos son, el agotamiento de las reservas mundiales de combustibles fósiles, denominado crisis energética y el llamado calentamiento global y como consecuencia de éste el cambio climático. Es por eso que se han vuelto los ojos a las energías renovables; se les ha visto como una alternativa para solucionar dichos problemas y seguir abasteciendo de energía a la población mundial.

De ambos problemas el que más se ha oído mencionar, probablemente por los evidentes estragos que ha ocasionado, y por intereses económicos que impiden hablar de crisis energética, ha sido el calentamiento global (el agotamiento de los combustibles fósiles hasta el momento no es un tema que preocupe a la población en general, sino solamente a los miembros del círculo académico y energético, debido a que no es algo que se pueda ver o sentir).

³ “[...] aceleración de la producción que se inició en Inglaterra a finales del siglo XVIII y principios del XIX con la utilización de máquinas. Tradicionalmente la revolución industrial se divide en dos fases, [...] a) La primera revolución industrial que es la que se da a finales del XVIII y hasta mediados del siglo XIX. b) La segunda revolución industrial, se da a finales del siglo XIX y principios del XX, en ella aparecen la electricidad y el petróleo como principales fuentes de energía. ESEADE, *La revolución industrial*, [en línea], Argentina, Dirección URL: <http://bachiller.sabuco.com/historia/revolucionesindustriales.pdf>, [consulta: 27 de febrero de 2012].

⁴ “Se agrupan bajo esta denominación el carbón, el petróleo y el gas natural, productos que por sus características químicas se emplean como combustibles. Se han formado naturalmente a través de complejos procesos biogeoquímicos, desarrollados bajo condiciones especiales durante millones de años. La materia prima a partir de la cual se generaron incluye restos vegetales y antiguas comunidades planctónicas. Constituyen un recurso natural no renovable”. Cricyt, *combustibles fósiles*, [en línea], Argentina, Dirección URL: <http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/CombustFos.htm>, [consulta: 27 de febrero de 2012].

Con las energías renovables, lo que se pretende lograr en cuanto al fenómeno ambiental, es detener las emisiones de gases de efecto invernadero⁵ (GEI por sus siglas en español) y si es posible reducir las cantidades de los ya emitidos gracias a la actividad voraz del ser humano.

Se puede entender el interés en lo anteriormente dicho, gracias a que todos los países del mundo se han visto afectados, por uno o por varios de los fenómenos resultados de dicho cambio, entre los cuales se pueden enunciar, sequías, inundaciones, desaparición de especies (animales y vegetales), eliminación de áreas costeras e incluso de países enteros, deshielo de los polos, aumento en las precipitaciones, presencia de lluvia ácida, desertificación, cambios en las corrientes marinas y cáncer de piel.

Por otro lado, en cuanto al agotamiento de los combustibles fósiles, las energías renovables, son una alternativa para no quedar desabastecidos, principalmente los países dependientes de los productores, pues se pretende obtener una diversificación de la matriz energética de cada uno de estos países.

1.2 Bioenergía, Biomasa y Biocombustibles

Para poder abordar mejor el tema de los biocombustibles en el mundo es necesario ahondar en las diferencias que existen entre bioenergía, biomasa y biocombustibles.

La bioenergía es un término que a menudo suele confundirse con la biomasa, sin embargo, aunque se encuentran sumamente vinculados, no son lo mismo. Se le puede definir en términos sencillos como la energía que se deriva o que proviene de la vida misma.

⁵ “Los gases de efecto invernadero incluyen: vapor de agua, dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxidos de azufre (S₂O), óxido nitroso (N₂O), ozono (O₃) y varias clases de halo-carbonados (químicos que contienen carbono, flúor, cloro y bromo). Los gases de efecto invernadero permiten la radiación solar entrar en la atmósfera de la Tierra, pero no escapar a la radiación infrarroja emitida por la superficie de la Tierra. En cambio, esta radiación saliente es absorbida por los gases de efecto invernadero y parcialmente emitidos hacia atrás como radiación térmica a la Tierra mientras calientan la superficie”. Omar Guillén Solís, *Energías renovables: una perspectiva ingenieril*, México, Edit. Trillas, septiembre de 2004, p. 89.

De la misma manera, la biomasa “[...] es el conjunto total de los organismos vivos, animales y vegetales de una determinada región, considerados colectivamente; por lo tanto, energéticamente hablando, el concepto de biomasa es el aprovechamiento del colectivo de organismos vivos, caracterizado por poseer como base compuestos orgánicos reducidos con los que se consigue un aporte energético orgánico y no fósil”⁶.

Aunque también se consideran los “[...] materiales orgánicos producidos en la cadena biológica”⁷.

Al respecto el gobierno brasileño hace una definición que parece más amplia y que además aporta elementos que pueden ser de utilidad para entender de una mejor manera el concepto; dicha concepción es la siguiente: “toda materia orgánica no fósil, de origen animal o vegetal, que puede ser utilizada en la producción de calor, ya sea para uso térmico industrial, ya sea para la generación de electricidad y/o que puede ser transformada en otras formas de energías sólidas (carbón vegetal, briquetas), líquidas (etanol, biodiésel) y gaseosas (biogás de basura)”⁸.

La biomasa se encuentra presente en nuestro entorno de diversas formas, las cuales responden al ciclo de la vida, es decir, está contenida *per se* de forma pura en animales y organismos, así como también en los residuos animales y del ser humano.

Su producción, como ya se mencionó, se lleva a cabo, gracias a la fotosíntesis⁹, por ello se dice que la energía proveniente de ella es neutra en cuanto a las emisiones de GEI y sobre todo de CO₂, pues con su utilización solamente se emiten las cantidades obtenidas durante el proceso de formación del organismo en cuestión.

⁶ José A. Domínguez Gómez, *Energías Alternativas*, España, Equipo Sirius, febrero de 2004, 2ª edición, p. 31.

⁷ Francisco Jarabo Friedrich y Nicolás Elortegui Escartín, *op. cit.* p. 133.

⁸ Gobierno de Brasil, *Energía. Biomasa*, [en línea], Brasil, Dirección URL: <http://www.brasil.gov.br/energia-es/matriz-energetica/biomasa> [consulta: 1 de julio de 2012].

⁹ “[...] los vegetales transforman productos minerales sin valor energético, dióxido de carbono y agua, en materias orgánicas de alta energía, proceso que sólo tiene lugar en las plantas verdes, que contienen clorofila, ya que este compuesto es el que posibilita toda la serie de reacciones químicas que tienen lugar. Los productos que fabrican para sí las plantas (azúcares, proteínas, grasas, etc.) y el oxígeno que simultáneamente eliminan, sirven, a su vez, directa e indirectamente, de alimentos constituyentes o energéticos a todos los demás seres que habitan el planeta. Francisco Jarabo Friedrich y Nicolás Elortegui Escartín, *op. cit.* p. 131.

Forma parte de las energías renovables, aunque esta característica tiene cierto nivel de susceptibilidad, pues depende del nivel de explotación que de ella se efectúe, es decir, se deben respetar los tiempos de regeneración de la misma, dado que si no es así, se corre el riesgo de volver improductiva la zona donde se le cultivó, evitando de este modo una nueva producción. Por tanto se requiere “[...] uso racional, ahorro y eficiencia energética”,¹⁰ al momento de explotar a la biomasa.

Desde el punto de vista energético, puede ser aprovechada de distintas formas, claro está que esto queda limitado a las capacidades económicas de la población y del país del cual se trate, pues mientras en países subdesarrollados la mayor parte es sometida a un proceso de combustión o es utilizada meramente como alimento, en países desarrollados se emplean procesos más complejos que permiten transformarla en otros productos altamente redituables, como son los biocombustibles. Dichos procesos se denominan “[...] procesos de *extracción*, procesos *termoquímicos* y procesos *bioquímicos*”¹¹.

Dentro de los procesos termoquímicos se encuentran la combustión¹², la gasificación¹³ y la pirolisis¹⁴, mientras que en los procesos bioquímicos están la digestión anaerobia¹⁵, la fermentación alcohólica¹⁶ y la transesterificación¹⁷.

¹⁰Emilio Menéndez Pérez, *Energías renovables, sustentabilidad y creación de empleo: una economía impulsada por el sol*, Madrid, España, Edit. Catarata, septiembre de 2001, 2ª. Edición p. 21.

¹¹ M. Castro Gil y C. Sánchez Naranjo, *Monografías técnicas de energías renovables, Biocombustibles*, Tomo 3, España, Edit. PROGENSA, septiembre de 1997, p. 19.

¹² “[...] oxidación completa de la materia para dar dióxido de carbono, vapor de agua, cenizas y, principalmente, calor, por lo que éste se convierte en el único componente energético útil del proceso. calentamiento [...] con exceso de oxígeno”. Francisco Jarabo Friedrich y Nicolás Elortegui Escartín, *op. cit.* p. 148.

¹³ “Bajo la denominación de *gasificación* se recogen todos aquellos procesos que llevan implícita una combustión en condiciones de defecto de oxígeno, con producción de monóxido de carbono, dióxido de carbono, hidrógeno y metano, en proporciones diversas según la composición de la materia prima y las condiciones del proceso”. *Ibidem* p. 151.

¹⁴ “[...] descomposición de la materia orgánica por la acción del calor en ausencia de oxígeno”. *Ibidem*. p.154.

¹⁵ “[...] es una fermentación microbiana en rigurosas condiciones de ausencia de oxígeno (medio anaerobio), que da lugar a una mezcla de productos gaseosos (principalmente metano y dióxido de carbono), conocida como biogás y a una suspensión acuosa de materiales sólidos (lodo o fango), en la que se encuentran los componentes difíciles de degradar, junto con el nitrógeno, fósforo y los elementos minerales inicialmente presentes en la biomasa”. *Ibidem., loc.cit.*, p. 161.

En muchas ocasiones el hecho de que la biomasa sea explotada de diferentes formas por los países desarrollados, responde a diferentes cuestiones, que van desde lo ambiental hasta lo económico y social, es decir, para aminorar las emisiones de GEI y así contrarrestar el inminente cambio climático; para incursionar en diversos mercados potencialmente rentables, además de reducir o eliminar su dependencia energética; y para generar empleos y reactivar sectores olvidados como el agrícola.

A la biomasa se le puede clasificar principalmente en cuatro categorías, natural o vegetal, residual y producida. Cabe aclarar que todas ellas tienen potencial energético; en el cuadro siguiente se enuncian algunas de las características de cada una.

Tabla 1. Tipos de biomasa

Tipo de Biomasa	Características
Natural o Vegetal	Se produce en la naturaleza sin intervención Humana
Residual	Se genera como consecuencia de cualquier actividad humana, principalmente en procesos agrícolas, ganaderos y del hombre, tales como basura, aguas residuales, aserrín, excremento, etcétera.
Producida	Se cultiva para obtener biomasa transformable en combustible en vez de producir alimentos.

Fuente: Elaboración propia con base en la información encontrada en: Omar Guillén Solís, *Energías renovables: una perspectiva ingenieril*, México, Edit. Trillas, septiembre de 2004, pp. 61, 62 y 63.

Escrito lo anterior, se puede entender que los biocombustibles son sólo una parte de la bioenergía y se derivan directamente de la biomasa, pues es la materia prima a partir de la cual éstos son producidos.

¹⁶ “[...] es un proceso que se realiza en presencia de oxígeno aunque éste se encuentre en pequeñas cantidades. Las levaduras, que son microorganismos, transforman los hidratos de carbono en etanol, recuperado por destilación”. José A. Domínguez Gómez, *op. cit.* p. 36.

¹⁷ “Los ésteres reaccionan con los alcoholes para producir un nuevo éster y un nuevo alcohol. Estas reacciones pueden efectuarse catalizadas por ácidos o por bases [...]”. S/a, *TRANSESTERIFICACIÓN. OBTENCIÓN DE TEREFTALATO DE BIS-2-HIDROXIETILO. (PRECURSOR DE DACRÓN)*, [en línea], organica1.org, Dirección URL: <http://organica1.org/1405/practica8.pdf>, [consulta: 27 de febrero de 2012].

En torno a estos combustibles, ha girado un debate muy polémico que ha derivado en la asignación de diversos nombres con los cuales se les pretende hacer referencia. Éstos dependen de la institución o el investigador que los aborde y de su postura ante ellos, así pues, pueden encontrarse como: Biocarburantes, Combustibles Alternativos o Agrocombustibles.

Debido a la existencia de estos debates, se debe precisar al momento de ser definidos e incluso se les puede agrupar, ya que existen diferentes acepciones, una de ellas es la proporcionada por el gobierno brasileño, digna de considerarse debido a que se trata del segundo productor y el primer exportador a nivel mundial de etanol, dicha definición es que “[...] son derivados de la biomasa renovable que pueden sustituir, parcial o totalmente, los combustibles derivados de petróleo y gas natural”¹⁸, no obstante, dada la falta de precisión y con la finalidad de ofrecer al lector una visión más clara del término, el concepto que se utilizará será el siguiente: “[...] son combustibles líquidos o gaseosos de origen vegetal u obtenidos a partir de residuos, como son los cultivos, los residuos municipales y los subproductos de la agricultura y la silvicultura. [...] pueden sustituir a los combustibles convencionales en los motores de los vehículos, ya sean en forma pura o en mezcla [...]”¹⁹.

De la misma manera, a lo largo del texto se adoptará el término biocombustible para referirse únicamente a los combustibles líquidos utilizados principalmente en el transporte, es decir, el etanol y el biodiesel, los cuales a pesar de constituir solamente un subconjunto de éstos, son los que cuentan con mayor relevancia dentro de la matriz energética mundial.

Por otro lado el uso de dicho término, se justifica gracias a que es el que mejor se adecúa al debate propuesto dentro de la presente tesis, además de ser el

¹⁸ Gobierno de Brasil, *Energía. Biocombustibles*, [en línea], Brasil, Dirección URL: <http://www.brasil.gov.br/energia-es/matriz-energetica/biocombustibles>, [consulta: 1 de julio de 2012].

¹⁹ Comisión Europea, *Fomento de los Biocarburantes en Europa, un porvenir más limpio para el transporte*, [en línea], Dirección General de Energía y Transportes, Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas, 26 de julio de 2004 Dirección URL: http://europa.eu.int/comm/dgs/energy_transport/index_es.html, [consulta: 9 de septiembre de 2009].

concepto de mayor dominio popular. Gracias a lo anterior, a lo largo de todo el texto, el término biocombustible debe entenderse en este sentido restringido.

Más que una respuesta a una postura determinada, se toma esta decisión también como una forma de someter a un mayor rigor científico el trabajo de investigación y corroborar o refutar las hipótesis planteadas de una forma más crítica, es decir, al manejar a lo largo de la investigación dicho término, el prefijo *bio* puede plantear el debate y presentar una exigencia mayor conforme se vaya abordando el tema de la presente tesis.

Dado que se requerirán datos más precisos y contundentes que lo sustenten y que no pongan en tela de juicio si son amigables ambientalmente hablando, o si por el contrario son perjudiciales para el medio ambiente, también se contará con los datos necesarios para sostener dicho planteamiento.

Así pues se pueden otorgar algunos datos más sobre las características que este tipo de combustibles tienen, entre ellas, que las mezclas de biocombustibles con combustibles fósiles en motores sin modificación alguna, se utilizan en una proporción que oscila entre el 5% y el 10%, es decir, 5 o 10 por ciento de los primeros y 90 o 95 por ciento de los segundos; en algunos casos puede incluso usarse una mezcla de 20 por ciento, excepto en los motores *flex fuel*²⁰, en los cuales existe la posibilidad de utilizar tanto dichas mezclas como el biocombustible en estado puro.

Independientemente de su mezcla, se les puede clasificar dependiendo de su origen o también de su aspecto físico. En cuanto al origen, proceden de cultivos energéticos, restos de cultivos agrícolas, restos de tratamientos selvícolas, restos

²⁰ Son vehículos que pueden funcionar con los dos combustibles, tanto etanol como gasolina, y con la mezcla de ellos en cualquier proporción. Contienen un *software* en el sistema de control electrónico que determina la mezcla y hace los ajustes automáticamente. El primer vehículo *flex fuel* fue un Volkswagen Gol, construido en Brasil en 2003 con la ayuda de la empresa Magnetti Marelli. Actualmente el 85% de los vehículos de combustión interna vendidos en Brasil son flex. El sistema *flex fuel* está siendo adoptado en vehículos híbridos (que operan con un motor dual: eléctrico y de combustión interna), lo que incrementa aún más su habilidad de reducir emisiones de CO₂ y otros gases que contaminan el aire. S/a, *¿Qué son los vehículos flex fuel?*, [en línea], biodisol.com, Dirección URL: <http://www.biodisol.com/biocombustibles/que-son-los-vehiculos-flex-fuel-energias-alternativas-tecnologia/>, [consulta: 27 de febrero de 2012].

de industrias forestales, restos de industrias agro-alimentarias, restos de explotaciones ganaderas y de restos de actividades humanas. Físicamente se encuentran en estado sólido, líquido y gaseoso.

De los tres tipos de biocombustibles que existen según su aspecto físico, los que atañen al presente tema de investigación son los líquidos, que son aquellos que pueden sustituir principalmente al petróleo y sus derivados. En esta clasificación se encuentran el etanol, el biodiesel y el metanol; este último no se abordará debido al bajo uso que se hace de él a escala mundial, comparado con el de los otros dos.

1.2.1. Los biocombustibles más utilizados en el mundo

Tal como se mencionó en el apartado anterior, los biocombustibles más utilizados a nivel internacional, son el etanol y el biodiesel, aunque tal vez sea el primero el que tenga hasta el momento, mayor importancia dentro de la industria energética mundial, por ello gozará de un énfasis superior a lo largo del presente texto.

Dicha importancia se deriva de la antigüedad del desarrollo de las tecnologías utilizadas para su elaboración, así como también de su producción y consumo en el mundo. Un ejemplo de ello han sido las industrias brasileña y estadounidense, las cuales además de contar con gran experiencia gozan de gran fortaleza.

En el caso de Brasil, se debe decir que es hasta el momento, el país productor de etanol, con mejores rendimientos gracias a sus condiciones geográficas, lo que le hace contar con una ventaja comparativa frente al resto, pues dentro de su territorio se produce con bastante facilidad la caña de azúcar²¹, la cual es hasta el momento, el mejor insumo, gracias a sus altos rendimientos energéticos.

No obstante, en cuanto a la industria estadounidense, se debe decir que a pesar de no contar con las condiciones físicas ideales, es hoy por hoy el primer lugar en

²¹ Cfr., Gobierno de Brasil, *Energía. Biocombustibles...*, op. cit., s/p.

la producción de etanol. Ambos países constituyen el “70 por ciento [sic]”²² de la producción mundial.

Estos casos de éxito al igual que el de la Unión Europea en el caso del biodiesel, ostentan los primeros lugares, gracias a las inversiones que realizan en ciencia y tecnología aplicable a la industria, infraestructura y a la elaboración e implementación de políticas de apoyo. Este tema se retomará con mayor profundidad en el tercer capítulo.

El sector del transporte es en el que se han utilizado en mayor medida estos biocombustibles, pues es el que al lado de la industria genera mayor cantidad de GEI y por tanto mayor contaminación.

Cabe hacer algunas aportaciones más sobre el etanol y el biodiesel.

El etanol es un alcohol que:

Se produce principalmente mediante la fermentación de granos ricos en azúcares o almidón, por ejemplo los cereales, la remolacha azucarera y el sorgo. Mezclado con la gasolina convencional, normalmente como aditivo al 5% puede utilizarse en los motores modernos de explosión que no han sufrido modificación. Los motores modificados, tales como los utilizados en los llamados vehículos de uso flexible de carburante, pueden funcionar con mezclas de etanol al 85% así como con bioetanol puro y gasolina convencional²³.

Puede ser mezclado con gasolina gracias a que cuenta “[...] con características de alto octano²⁴, pero bajo cetano”²⁵.

²² Maximiliano Sbarbi Osuna, *Brasil se convierte en líder energético mundial*, [en línea], 10 de septiembre de 2009, Dirección URL: <http://www.rebellion.org/noticia.php?id=91206>, [consulta: 18 de octubre de 2009].

²³ Comisión Europea, *Fomento de los Biocarburantes en Europa...*, *op. cit.*, s/p.

²⁴ “Octanaje o número de octano es una medida de la calidad y capacidad antidetonante de las gasolinas para evitar las detonaciones y explosiones en las máquinas de combustión interna, de tal manera que se libere o se produzca la máxima cantidad de energía útil. Para determinar la calidad antidetonante de una gasolina, se efectúan corridas de prueba en un motor, de donde se obtienen dos parámetros diferentes:

El *Research Octane Number* (Número de Octano de Investigación) que se representa como RON o simplemente R y que se determina efectuando una velocidad de 600 revoluciones por minuto (rpm) y a una temperatura de entrada de aire de 125°F (51.7°C)

El *Motor Octane Number* (Número de Octano del Motor) que se representa como MON o simplemente M y se obtiene mediante una corrida de prueba en una máquina operada a una velocidad de 900 revoluciones

La biomasa que se utiliza principalmente es aquella con alto contenido de azúcares, para que de esta forma sólo sea necesario recurrir a la fermentación de las mismas y terminar con la destilación del alcohol, no obstante, cuando se trata de aquellas con bajo contenido de azúcares y alto contenido de almidones, antes de la fermentación se debe recurrir a la conversión de los almidones en azúcares, por medio de la sacarificación.

La materias primas según su contenido de azúcares, varían también su potencial energético, es decir, los insumos con alto nivel de azúcares se constituyen como los más convenientes en la elaboración de etanol, ya que a partir de ellos se puede producir una mayor cantidad de litros, sin embargo, con insumos que son más ricos en almidones no se tienen los mismos resultados.

Existen otras materias primas o biomásas que se pueden utilizar tales como el bagazo y los residuos de las cosechas de cereales, pero debido a que requieren procesos más complejos para su transformación en etanol no se utilizan en la misma medida que la caña de azúcar o el maíz.

Lo que en un inicio se buscaba con el desarrollo del etanol era oxigenar el combustible fósil, pero ahora no sólo se tiene esta finalidad sino también la pretensión de sustituirlo por completo.

por minuto y con una temperatura de entrada de aire de 300°F (149°C). Para propósitos de comercialización y distribución de las gasolinas, los productores determinan el octanaje comercial, como el promedio de los números de octano de investigación (RON) y el octano del motor (MON) [...].La calidad antidetonante de una gasolina se mide usando una escala arbitraria de número de octano. En esta escala, se dio a los hidrocarburos iso-octano (que es poco detonante) un índice de octano de 100; y al n-heptano (que es muy detonante), un índice de octano de cero". Pemex, *¿Qué es octanaje?*, [en línea], México, Dirección URL: <http://www.ref.pemex.com/octanaje/que.htm>, [consulta: 1 de diciembre de 2010].

²⁵ S/a, "Pool de información sobre tecnologías limpias", [en línea], cleanairnet.org, Dirección URL: http://www.cleanairnet.org/infopool_es/1525/propertyvalue_17755.html, [consulta: 10 de septiembre de 2009].

Tabla 2. Potenciales cultivos energéticos para la obtención de etanol (alcohol)

Producto	Rendimiento (l/ton)
Maíz	318-354
Sorgo	300-365
Trigo	321-346
Centeno	298-343
Avena	240-253
Cebada	293-323
Arroz	300-372
Papa	86-99
Camote	129-176
Remolacha azucarera	83-94
Caña de azúcar	57-65
Manzana	54-59

Fuente: Elaboración propia con información de: Omar Guillén Solís, *Energías renovables: una perspectiva ingenieril*, México, Edit. Trillas, septiembre de 2004, p. 72.

Por otro lado el biodiesel:

[...] se obtiene principalmente de plantas oleaginosas, tales como la colza y el girasol, si bien se pueden utilizar igualmente los aceites de fritura usados y las grasas animales. Los aceites extraídos se transforman mediante transesterificación hasta producir biodiesel (ésteres metílicos). El biodiesel se utiliza en los motores de compresión, normalmente en forma de mezcla al 5% en los coches, hasta el 30% en las *flotas cautivas* (como los autobuses urbanos) y a menudo también en forma pura en los motores modificados²⁶.

Este es el segundo biocombustible más producido en el mundo y es muy usado en el sector del transporte.

1.2.2. Diferentes generaciones

A lo largo del desarrollo de los biocombustibles, se han ido modificando varios aspectos de su producción, desde la biomasa hasta los procesos productivos

²⁶ *Ibidem*, s/p.

utilizados; básicamente, ello ha respondido al surgimiento de cuestionamientos entre los diversos sectores de la sociedad sobre qué tan benéficos o no son ambientalmente hablando.

Como resultado de estos debates y modificaciones, surgieron cuatro generaciones de biocombustibles, sin embargo, los que hasta el momento han sido utilizados y desarrollados son los correspondientes a la primera y segunda generación.

La primera de estas generaciones, es aquella que incluye a los biocombustibles que se desarrollaron con mayor antigüedad, exactamente desde finales del siglo XIX; ellos se producen a partir de materias primas que también son utilizadas como alimento, tales como el maíz, la caña de azúcar y la soya, así como de grasas animales, de grasas resultado de la cocción de alimentos y de desperdicios orgánicos, gracias a lo cual se les ha visto envueltos en una serie de debates sobre los costos sociales que implican.

Los procesos que requieren para su elaboración, son los procesos más básicos anteriormente mencionados, es decir, la fermentación alcohólica, la digestión anaerobia y la transesterificación, pues una de sus características positivas es el fácil procesamiento de los insumos que se utilizan.

Es precisamente por el hecho de utilizar materias primas que son el alimento de la población mundial, que se ha adoptado una postura en contra de ellos, pues ponen en riesgo la seguridad alimentaria, no sólo de las poblaciones de los productores, sino también, del resto del mundo, debido a la interconexión que existe entre el mercado agrícola y el mercado de los biocombustibles.

Al respecto, lo que rescatan quienes se encuentran en contra del desarrollo de esta industria, es que no se puede concebir que se produzcan combustibles en vez de erradicar las hambrunas que aquejan a países como Somalia, Haití, entre otros, principalmente subdesarrollados.

Existen otros discursos en contra del desarrollo de estos combustibles, que además de reconocer los impactos sociales negativos de esta industria, resaltan lo

poco benéficos que son ambientalmente hablando, sosteniendo que el proceso productivo que se sigue para la elaboración de estos productos es altamente contaminante, debido al uso de grandes cantidades de combustibles fósiles que emiten gases de efecto invernadero (GEI), así como también a la deforestación que se requiere y se lleva a cabo para poder cultivar las materias primas necesarias, lo que contribuye a la mayor concentración de GEI en la atmósfera terrestre, pues desaparecen los árboles que son los encargados de absorber gran cantidad de dichos gases. Bajo este discurso los biocombustibles más que contrarrestar el cambio climático, contribuyen para acrecentarlo.

Por todos estos argumentos y posturas en contra, se comenzó un nuevo proceso de investigación en el mundo para producir los mismos productos, salvo que esta vez, utilizando en su elaboración materias primas que no fueran necesarias para cubrir las necesidades alimentarias de la humanidad así como también que dichos insumos y sus procesos de transformación fueran menos contaminantes.

Las materias primas que entran en dicha categoría son los residuos agrícolas, los residuos forestales, las oleaginosas no comestibles y los aceites vegetales. Derivado de su uso surgen los combustibles denominados de segunda generación o también conocidos como de nueva generación.

No obstante, dado lo complejo de la infraestructura y los procesos de transformación que este tipo de biomasa requiere para ser convertida en etanol y biodiesel, ha resultado una generación hasta el momento poco competitiva comercialmente hablando y por consecuencia poco utilizada hasta el momento, aunque con miras a sustituir por completo a la primera, incluso existen ya objetivos de producción a mediano plazo, dentro de los países más aventajados en la materia, tales como Estados Unidos y la Unión Europea.

Con el paso del tiempo y con el avance tecnológico que lo acompañó se han comenzado las investigaciones para transitar no sólo hacia la segunda generación, sino hacia la tercera y cuarta. Lo que se espera de ellas es, utilizar materias primas genéticamente modificadas, las cuales además de no ser

alimentos, que puedan sustituir parcial o totalmente el proceso productivo, con la finalidad de aminorar costos de producción y emisiones de GEI principalmente de CO₂.

Los procesos productivos que se emplean para la producción de la segunda generación, se caracterizan por tener un grado mayor de complejidad, comparado con los usados en los combustibles de primera generación. Algunos de ellos son “[...] la sacarificación-fermentación y el proceso Fischer-Tropsch. [...] también recibe los nombres de proceso GTL y proceso BTL, cuyas siglas en inglés provienen de *Gas-To-Liquids* y *Biomass-To-Liquids* respectivamente, los cuales consisten en la gasificación del carbón y de la materia lingocelulósica de la biomasa, para después sintetizar algún combustible líquido como el etanol”²⁷. En este proceso se utilizan “[...] altas temperaturas, a niveles controlados de oxígeno y químicos que catalizan la conversión de la biomasa en combustibles líquidos [...]”²⁸.

Estos biocombustibles, si bien son benéficos desde el punto de vista alimentario al no poner en riesgo la provisión de alimentos, por no utilizar insumos comestibles, no lo son del todo ecológicamente hablando, ya que las emisiones de GEI que evitan son menores a las de los biocombustibles de primera generación, debido a los procesos productivos que requieren.

Respecto a la tercera generación, éstos se caracterizan por elaborarse a partir de insumos no comestibles “[...] y con una alta densidad energética almacenada en sus componentes químicos, por lo que se les denomina ‘cultivos energéticos’”²⁹.

²⁷ Carlos Álvarez Maciel, “Biocombustibles: desarrollo histórico-tecnológico, mercados actuales y comercio internacional”, [en línea], pp. 63-89, Economía Informa, Núm. 359, julio-agosto, 2009, Dirección URL: <http://www.economia.unam.mx/publicaciones/econinforma/pdfs/359/04carlosalvarez.pdf>, [consulta: 23 de septiembre de 2010], p. 64.

²⁸ Greenpeace, *Bioenergía: oportunidades y riesgos, ¿qué debe hacer Argentina en materia de biocombustibles?*, [en línea], Buenos Aires, Argentina, mayo de 2007, Dirección URL: <http://www.greenpeace.org/raw/content/argentina/bosques/bioenerg-a-oportunidades-y-ri.pdf>, [consulta: 18 de agosto de 2010].

²⁹ Carlos Álvarez Maciel, *op.cit.*, p. 64.

Los procesos productivos que requieren estos combustibles se encuentran aún en una etapa inicial, además que tienen en su contra el hecho de que utilizan para su siembra el área que podría ser utilizada para productos alimenticios.

Por último, la cuarta generación de biocombustibles se encuentra en etapa de desarrollo, los avances que se han tenido son sólo teóricos. Se plantea el uso de bacterias genéticamente modificadas que realicen todo el proceso productivo.

1.3. Industria agroenergética y cultivos energéticos

Se le ha denominado industria agroenergética a la “[...] nueva faceta de la agricultura en la que se pretende la producción de biomasa mediante cultivos específicos y su transformación en productos energéticos de fácil uso en los sistemas convencionales en sustitución de los combustibles tradicionales”³⁰.

En esta industria lo que se hace con los cultivos es, seleccionarlos para explotar todos aquellos con mayor potencial energético, además de buscar las tierras que mejor se adapten a ellos. Éstas deben estar disponibles, ya sea por haberse abandonado, con la finalidad de evitar la deforestación o el uso de zonas que son destinadas para la producción de alimentos.

Las zonas agrícolas que se han relegado al olvido debido a la falta de empleos o a la sobreoferta de los productos alimenticios que con anterioridad se producían son las indicadas.

Los sistemas agroenergéticos son verdaderas agroindustrias en las que la producción y la transformación deben estar estrechamente relacionadas desde el punto de vista técnico, económico y geográfico, como en los aspectos contractuales que obliguen a los productores a suministrar la materia prima necesaria para la industria, así como ésta a aceptar la producción al precio estipulado. Una característica específica de las

³⁰ Omar Guillén Solís, *op. cit.*, p. 67.

agroindustrias energéticas es la necesidad de que el centro de transformación esté próximo a los lugares de producción [...] ³¹.

En la agroindustria la cercanía entre los lugares de producción de la biomasa energética y los de transformación es muy importante, debido a que esto permite reducir los costos de transporte y por añadidura los precios del producto final. Esto en algunas ocasiones constituye un reto, pues la biomasa generalmente se encuentra dispersa.

En general, a esta etapa agrícola se le ha visto con buenos ojos, sobre todo por parte de los productores de biocombustibles, no así por parte de los defensores del medio ambiente, pues aunque se plantea que se deben usar lugares ya deforestados y olvidados, en muchas ocasiones la demanda energética es tan grande y la obtención de los combustibles tan poca (si se limita a sólo usar lo producido en dichos sitios) que se comienza a deforestar los alrededores para satisfacer las necesidades energéticas de la población. Un ejemplo de ello es el problema de la deforestación en la amazonia brasileña.

No obstante, los cultivos energéticos son básicamente los que permiten la existencia de la industria agroenergética. En torno a ellos giran diversos debates sobre lo benéfico o perjudicial que pueden resultar para el medio ambiente. Se les puede definir como “el cultivo de cosechas atendiendo al valor que poseen como combustible [...]” ³².

Los cultivos energéticos se pueden dividir en cuatro tipos principales, tradicionales, poco frecuentes, acuáticos y de plantas productoras de combustibles líquidos. Algunas de sus características principales se encuentran en la tabla número 3.

En el caso de Brasil y Estados Unidos, se debe decir que han desarrollado hasta el momento los cultivos tradicionales, destinando parte de la producción de caña de azúcar y maíz respectivamente al sector energético.

³¹ *Ibidem*, p. 68.

³² Francisco Jarabo Friedrich y Nicolás Elortegui Escartín, *op. cit.*, p. 140.

Esto se ha hecho de esta forma debido a que son especies autóctonas que evitan toparse con problemas como la adaptación de otras al suelo y al clima del lugar. En ocasiones para obtener los mejores resultados posibles se ha incursionado en la utilización de los organismos genéticamente modificados (OGM)³³.

Tabla 3. Tipos de cultivos energéticos

Tipo de cultivo	Características	Ejemplos
Cultivos tradicionales	Son cultivos de carácter alimentario y algunos de carácter industrial.	Cereales, caña de azúcar, maíz y plantaciones forestales, entre otros.
Cultivos poco frecuentes	Son cultivos de tipo silvestre, producidos en sitios aislados, marginales o no aprovechables alimentariamente hablando.	Cardos, agaves y helechos, entre otros.
Cultivos acuáticos	Son cultivos incipientes debido a la poca experiencia en la siembra y los cuidados que se deben tener. No obstante, son una buena respuesta a la demanda creciente tanto de alimentos como de energéticos.	Algas y algas unicelulares.
Cultivos de plantas productoras de combustibles líquidos	Son vegetales con características muy similares a los hidrocarburos.	Palma africana y palma babasu, árbol del caucho y alga elástica, entre otros.

Fuente: Elaboración propia con base en la información encontrada en: Francisco Jarabo Friedrich y Nicolás Elortegui Escartín, *Energías Renovables*, Madrid, España, S.A.P.T. PUBLICACIONES TÉCNICAS, S.L., 2000, 2ª edición, pp. 141-145.

Tal como se pudo apreciar a lo largo del presente capítulo, existe una amplia gama tanto de biocombustibles como de los insumos requeridos para su elaboración. Así también se pudo observar que la mayor parte de los procesos para la producción de etanol y biodiesel de primera generación, son sencillos,

³³ “[...] cualquier organismo vivo que posea una combinación nueva de material genético que se haya obtenido mediante la aplicación de la biotecnología moderna”. Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, *Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología del Convenio sobre la Diversidad Biológica*, [en línea], Montreal, Canadá, 2000, Dirección URL: <http://www.conanp.gob.mx/contenido/pdf/Protocolo%20de%20Cartagena%20sobre%20Seguridad%20de%20la%20Biotecnologia%20d.pdf>, [consulta: 17 de abril de 2012].

particularmente más en el caso del primero, empero, en la medida en la que se recurre a la segunda generación dichos procesos se vuelven más complejos.

Se puede observar de igual manera, que en la cuestión tecnológica, la industria de los biocombustibles, a pesar de ser relativamente reciente, goza ya de un gran avance y se mantiene en constante evolución, motivado sobre todo gracias a las críticas sobre sus efectos dentro del medio ambiente y la seguridad energética.

Sólo dos cosas son infinitas, el universo y la estupidez humana... y no estoy seguro de lo primero”.

Albert Einstein

2. Los biocombustibles, en un contexto marcado por el cambio climático y la crisis energética actual.

Después de tener un poco más claras las cuestiones conceptuales de los biocombustibles, se debe ahondar también en la información sobre el cambio climático y la crisis energética actual, pues son los dos problemas de alcance mundial que se han pretendido enfrentar con el desarrollo de estas fuentes energéticas y que no queda del todo claro si esto en verdad puede tener lugar.

Hoy en día, el escenario internacional se ve marcado por estos dos eventos que son de suma importancia para todos los sectores de la población mundial. Son dos problemas que por sus características, no quedan limitados a una región o país en específico, sino que por el contrario tienen repercusiones mundiales y así mismo exigen respuestas globales.

Aunque el problema ambiental podría ser catalogado como uno de grandes alcances y consecuencias para la humanidad, por poner en riesgo su existencia misma, es la cuestión energética la que ha detonado la preocupación de diversos gobiernos, debido a que la economía y todo el sistema de producción mundial se encuentran asentados en ella, colocándola en un nivel prioritario de la agenda internacional.

El gobierno brasileño, ha sido uno de los que han atendido dicha preocupación apostando por el desarrollo de nuevas fuentes de energía que les ayuden a eliminar la dependencia energética que tienen respecto a países ricos en combustibles fósiles como los pertenecientes a la Organización de países

exportadores de petróleo (OPEP)³⁴ y otros que no se encuentran en dicha organización pero que son líderes petroleros y Rusia que es líder en gas natural.

Además de ello, estas medidas hoy en día se promueven también gracias a sus particularidades ecológicas, dada la importancia del problema ambiental que aunque en el corto plazo quede delegada a un lugar secundario, en el mediano y largo plazo seguramente será el tema de mayor importancia en la escena internacional.

Existen otros elementos que incentivan la explotación, no sólo de biocombustibles, sino de toda la gama de energías renovables, como son: las “[...] finanzas, economía nacional, aceptación pública y política, así como el horizonte temporal”³⁵. Todos estos elementos han marcado la pauta a seguir por cada Estado en la toma de decisiones al respecto, como ejemplo se tienen los casos estadounidense y australiano frente al Protocolo de Kioto, dichos países se han negado a la ratificación del mismo, debido a cuestiones de certidumbre respecto a las razones antropogénicas que han ocasionado el calentamiento global, en el caso del primero y a cuestiones de índole económica sobre el impacto de los gastos que tendrá el cambio de una economía a base de la explotación de carbón a una sin emisiones de CO₂.

Gracias a ello se debe decir que Estados Unidos, apuesta por la producción de biocombustibles, simplemente como una herramienta para lograr la diversificación de su matriz energética y eliminar de esta manera su dependencia energética del extranjero.

Sin embargo, en el caso de Brasil, se han podido vincular ambas situaciones de forma conveniente para su nación, pues si bien en un primer momento se inició el desarrollo de los biocombustibles, persiguiendo la independencia energética dado

³⁴ “[...] la OPEP está integrada por once Estados miembros, situados en África, Asia y América del sur: Argelia, Libia, Nigeria, Indonesia, Irán, Irak, Kuwait, Qatar, Arabia Saudita, Emiratos Árabes Unidos y Venezuela”. Carlos Tablada, Gladys Hernández, *Petróleo, Poder y Civilización*, Madrid, España, Editorial Popular, 2004, p. 115.

³⁵ Leticia Campos Aragón *et al.*, *El resurgimiento de la energía nuclear ¿una opción para el cambio climático y para los países emergentes?*, México, Siglo XXI editores, 2009, p. 7.

el contexto de la crisis petrolera de 1973, ahora su industria ya consolidada tiene también una justificación ecológica. Esto ocurre más o menos de la misma manera en el caso de la Unión Europea. Sin embargo, al respecto pueden existir un sinnúmero de argumentos que señalen que esto es un asunto meramente discursivo, no obstante, esa es la bandera que ambos actores sostienen.

A simple vista puede parecer que tanto el cambio del clima como el agotamiento de los combustibles fósiles, no tienen muchos puntos de coincidencia o de vinculación, no obstante, son dos problemáticas que van de la mano, pues las emisiones de GEI que el uso de los combustibles fósiles ha generado, han sido señaladas como la principal causa del calentamiento global y el consecuente cambio climático. Dentro de la presente tesis se pretende señalar esta correlación y se expone que ésta misma la causa del desarrollo de los biocombustibles.

Pero antes de abordar concretamente el caso de los impactos ambientales que estos combustibles tienen, conviene hacer algunas especificaciones acerca de los dos problemas globales que aquí se mencionan gracias a que en muchas ocasiones se tienen apreciaciones erróneas sobre ellos o no quedan del todo claros, lo cual es necesario para el análisis que se propone.

2.1 Calentamiento global y cambio climático

Usualmente los temas medioambientales carecían de importancia dentro de la agenda internacional, sin embargo, en los últimos decenios estos han venido escalando peldaños, debido a su urgencia, a su inminente presencia y a los daños que han venido ocasionando. El caso más relevante quizá por sus dimensiones y alcances es el calentamiento global.

Este fenómeno ha puesto a todas las esferas de la sociedad en acción debido a que es un problema que las afecta por igual. La principal causa por la que ha adquirido el interés de mandatarios, intelectuales e incluso algunos miembros de

la sociedad civil, tal vez no sea otra que el impacto económico que ha tenido, y el hecho de poner de manifiesto lo insostenible del modelo actual de producción.

Es un problema que ha hecho tambalear los cimientos sobre los que se erige la sociedad internacional, principalmente los modos de consumo que se tienen que no se encuentran en congruencia con las capacidades del planeta.

La lucha contra el cambio climático advierte que si cada persona pobre de la Tierra llevara el mismo estilo de vida de abundancia en el consumo de energía que un habitante promedio de Alemania o el Reino Unido, se necesitarían cuatro planetas para que salgamos indemnes de la contaminación. Esa cifra se eleva a nueve si la comparación se hace con el habitante promedio de Estados Unidos o Canadá³⁶.

Pero este fenómeno al que el mundo se enfrenta en realidad es un proceso natural que ha estado presente en el planeta desde su formación misma, su existencia ha sido la mayor parte de las veces una cuestión benéfica que ha permitido la creación de condiciones climatológicas apropiadas para la formación y permanencia de la vida, primero en el mar y en forma microscópica y posteriormente en tierra firme ya en diferentes formas.

Los responsables de la formación del calentamiento global y posteriormente del cambio climático son los GEI que existen de forma natural en el mundo, y su interacción en la atmósfera terrestre en sus diferentes capas pero principalmente en troposfera³⁷ y en la estratosfera³⁸. Éstos actúan como una capa que impide la salida del calor elevando la temperatura media del planeta, provocando así el

³⁶ United Nations Development Programme, *El cambio climático ahonda la desigualdad en América Latina y el Caribe: El Informe sobre Desarrollo Humano 2007-2008 traza una ruta sobre el cambio climático para debatir en Bali*, [en línea], Brasilia, Brasil, 27 de noviembre de 2007, Dirección URL: <http://hdr.undp.org/en/media/PR4-HDR07-LA-S-final.pdf>, [consulta: 20 de marzo de 2012].

³⁷ “[...] es la que contiene el clima. El espesor o altura de la troposfera [...] es de unos 11.5 km en promedio, pues hay partes donde tiene 15-17 km (cerca del ecuador) y otras de 6-8 km (polos). En esta capa, la temperatura disminuye con la altura (6.5°C por cada kilómetro que se asciende), hasta llegar a la [...] tropopausa. [...] la mayor parte del clima tiene como escenario la troposfera, que contiene 80% de todos los gases de la atmósfera”. Víctor Manuel López López, *Cambio Climático y Calentamiento Global: Ciencia, evidencias, consecuencias y propuestas para enfrentarlos*, México, Edit. Trillas, 2009, p. 20.

³⁸ “[...] contiene la capa de ozono protectora de la vida, al impedir con su espesor que se filtren en demasía los rayos ultravioleta [...]. A diferencia de la troposfera, a medida que asciende en esta franja, mayor es la temperatura y algo que le es característico son los fuertes vientos que circulan en ella”. *Idem*.

llamado efecto invernadero³⁹. Aún cuando sean a simple vista como elementos negativos para el medio ambiente, si ellos no estuvieran presentes en pocas cantidades la temperatura tampoco sería positiva para la existencia de muchas especies pues “[...] la temperatura media del planeta sería de -18 °C; sin embargo, es de 15 °C”⁴⁰.

No obstante, el problema al que la humanidad se enfrenta en la actualidad es que el calentamiento global se ha visto alterado y acelerado gracias a las actividades humanas y las emisiones de GEI que éstas ocasionan y principalmente del CO₂, además de la longevidad que tienen. Se había previsto que dicho calentamiento se produjera, aunque dentro de unos miles de años, empero, la humanidad lo está presenciando en la actualidad debido a lo anteriormente mencionado.

Las emisiones de CO₂ han tenido lugar de forma más importante desde el inicio de la Revolución Industrial hasta nuestros días, una etapa conocida también como antropoceno⁴¹, aunque con mayor énfasis en las últimas décadas del siglo XX y lo que va del siglo XXI, “[...] la generación más culpable (del nivel de CO₂ existente en la atmósfera) es la del *baby-boom*: la mitad de la energía generada desde la Revolución Industrial ha sido consumida en los últimos veinte años”⁴².

Es a partir de este período que se da el inicio del presente problema, debido a que se comienza la explotación y quema de combustibles fósiles que emiten principalmente CO₂ a la atmósfera. Además gracias al progreso tecnológico y comercial de las sociedades se comenzó a cambiar el uso del suelo de las tierras

³⁹ El efecto invernadero se produce gracias a “[...] un pequeño grupo de gases (GEI) que se acumulan constantemente en la atmósfera y funcionan como un cobertor que arropa el globo terrestre, lo cual permite que penetre la radiación solar, pero impide que una parte del calor que refleja la Tierra escape al espacio. Dichos gases acumulados se quedan entre la parte alta de la atmósfera y la superficie terrestre para incrementar lentamente la temperatura del planeta, [...]”. *Ibidem*, p. 5.

⁴⁰ *Ibidem*, *loc. cit.*, p. 56.

⁴¹ “Fueron el Premio Nobel Paul Crutzen (se le concedió por su investigación del agujero de la capa de ozono) y sus colegas los primeros en identificar y bautizar ese crucial suceso geológico. Lo llamaron Antropoceno –que significa la «era de la humanidad»- y señalaron su comienzo en 1800 d.C., cuando el metano y el CO₂ engendrados por las descomunales máquinas de la Revolución Industrial comenzaron a influir en el clima de la Tierra”. Tim Flannery, *La amenaza del Cambio Climático historia y futuro*, México, Santillana Ediciones Generales, 2006, p. 92.

⁴² *Ibidem*, pp. 199-200.

donde la población se asentaba y como consecuencia de ello la deforestación de los bosques, mismos que fungen como sumideros de dióxido de carbono y que al ser eliminados emiten el total de CO₂ que acumularon durante años.

A menudo el calentamiento global es confundido con el cambio climático e incluso se les usa como sinónimos, sin embargo, estos dos términos no se refieren a los mismos procesos aunque sí se encuentran relacionados. El Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) en su primer informe en 1990 esclareció que el primero es una consecuencia del segundo.

Dada la necesidad de claridad resulta pertinente decir que el calentamiento global producido por el efecto invernadero:

[...] no implica que el globo terráqueo se esté calentando uniformemente o que en todo el planeta están aumentando las temperaturas, pues hay cambios diferenciados por regiones en las variables climáticas, como la propia temperatura, humedad relativa, precipitaciones, circulación de vientos o corrientes marinas. El cambio climático significa variabilidad de parámetros meteorológicos inducida por forzamientos externos o internos del planeta⁴³.

Este proceso se observa con claridad, pues, “A lo largo del siglo XX la temperatura promedio de la Tierra tuvo un aumento de .74°C y se pronostica que para fines del siglo actual pueda llegar hasta 5.8°C”⁴⁴, no obstante, todavía hay quienes no lo consideran significativo, a pesar de que ello ocasione daños en los ecosistemas y otros procesos que alteran el medio ambiente en general. Entre las evidencias que de ello existen, están la extinción de especies animales y vegetales, el cambio en las corrientes marinas (colaboran a la estabilidad de la temperatura, sobre todo en los polos), el derretimiento del *permafrost*⁴⁵, el incremento de las lluvias torrenciales y por consecuencia de las inundaciones, las sequías entre otras.

⁴³ Víctor Manuel López López, *op. cit.*, p. 19.

⁴⁴ *Cfr., ibidem*, p. 69.

⁴⁵ También conocidos como “Hielos eternos”. *Ibidem*, p.33.

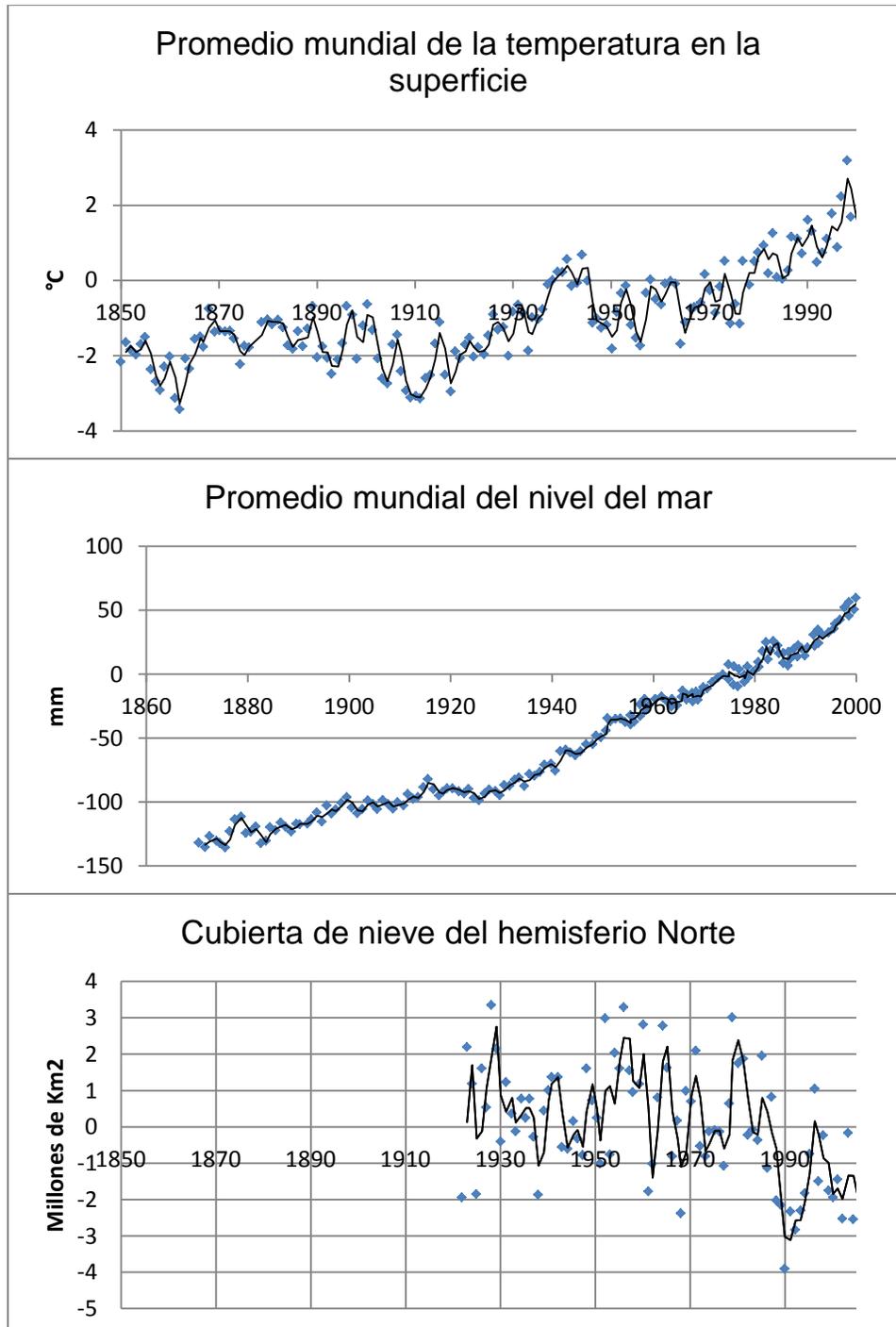
En la gráfica 1, se pueden observar tres efectos importantes del llamado cambio climático, el primero es el aumento de la temperatura promedio mundial, el segundo es el incremento promedio del nivel del mar y el tercero es la reducción de la cubierta de nieve en el hemisferio Norte. Así también, se puede observar que existe una estrecha relación entre los tres factores y se elimina la posibilidad de observar a cada elemento, como un caso aislado, tal como ocurre con frecuencia.

Dadas dichas condiciones, en este momento la opción más adecuada y deseada, para enfrentar el calentamiento global, es la reducción u omisión de la emanación de GEI para no llegar a incrementar la temperatura media global hasta 5°C en el presente siglo, que es el estimado si no se actúa de inmediato. No obstante, para que ello se logre, las acciones deben de emprenderse de inmediato por la totalidad de los Estados que forman la sociedad internacional. Aún consiguiendo el escenario ideal, el calentamiento global y por consecuencia el cambio climático, proseguirían debido a la longevidad de los gases que ya están presentes en la atmósfera.

Gracias a que en gran parte las emisiones de GEI generadas por el hombre desde hace un par de siglos se deben a la quema de combustibles fósiles, los sectores económicos que cuentan con una mayor responsabilidad son el industrial y el del transporte; por ello los biocombustibles se plantean como una alternativa frente a este problema, lo cual además de evitar el impacto ambiental constituiría una opción para seguir con el desarrollo de los países del sur bajo el esquema capitalista actual.

Sin embargo, algunos autores difieren de esta apreciación e incluso señalan a los biocombustibles como enemigos del medio ambiente, pues en muchas ocasiones llevan consigo la tala de bosques y el uso de combustibles fósiles en su producción.

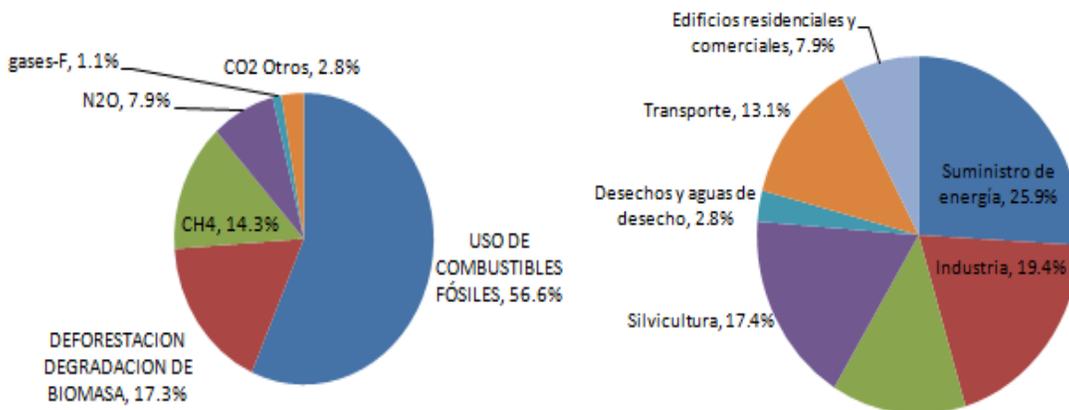
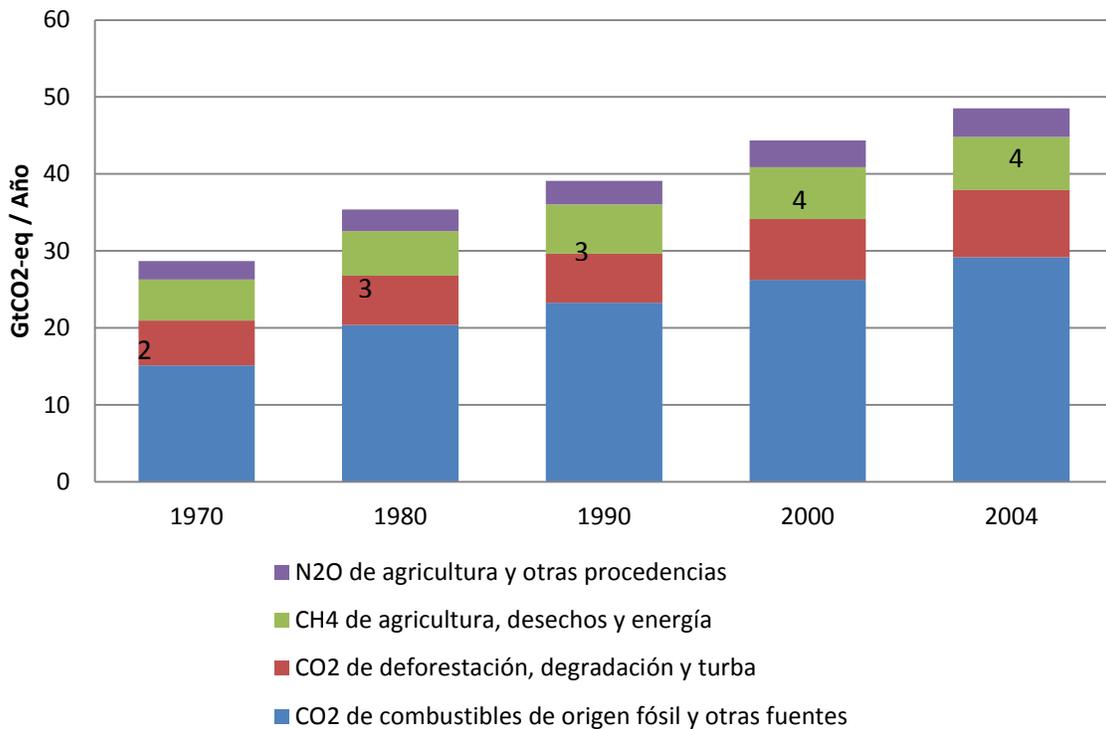
Gráfica 1. Cambios de la temperatura, del nivel del mar y de la cubierta de nieve en el Hemisferio Norte



Todas las diferencias han sido obtenidas respecto de los promedios correspondientes al período 1961-1990. Las curvas alisadas representan promedios decenales, mientras que los círculos denotan valores anuales. Las áreas sombreadas representan los intervalos de incertidumbre estimados en base a un análisis completo de las incertidumbres conocidas (a y b) y de las series temporales c). Fuente: Lenny Bernstein, *et al.*, *Cambio Climático 2007, Informe de síntesis*, [en línea], Ginebra, Suiza, IPCC, 2007, 103 pp., Dirección URL: http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf, [consulta: 20 de abril de 2012], p. 3.

Pese a ello, Brasil desde los años setenta ha encontrado en los argumentos positivos la justificación o los elementos necesarios para impulsar el desarrollo de los biocombustibles, particularmente de etanol, aunque en los últimos años se encuentra incursionando también en la producción de biodiesel.

Gráfica 2. Emisiones mundiales de GEI antropógenos (1970-2004)



- a) Emisiones anuales mundiales de GEI antropógenos entre 1970 y 2004.^[5] b) Parte proporcional que representan diferentes GEI antropógenos respecto de las emisiones totales en 2004, en términos de CO₂ equivalente. c) Parte proporcional que representan diferentes sectores en las emisiones totales de GEI antropógenos en 2004, en términos de CO₂ equivalente. (En el sector silvicultura se incluye la deforestación).

Fuente: Lenny Bernstein, *et al.*, *Cambio Climático 2007, Informe de síntesis*, [en línea], Ginebra, Suiza, IPCC, 2007, 103 pp., Dirección URL: http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf, [consulta: 20 de abril de 2012], p. 5.

En la gráfica 2, se puede corroborar lo anteriormente expuesto, pues se observa que el CO₂ es el GEI con mayores emisiones, producto de la quema de combustibles fósiles en cuatro sectores principales: el suministro de energía, la industria, la silvicultura y el transporte. Estos datos son relevantes debido a que son las actividades principales del sistema económico internacional y que con el aumento de la población y con el paso del tiempo constituyen cada vez, un porcentaje mayor, tal como se puede apreciar en la gráfica de barras. Otro dato importante al respecto es el proporcionado a cerca del CO₂ emitido debido a la deforestación y a la degradación de biomasa, éstos datos son también importantes, pues son el producto algunas veces de procesos naturales, aunque mayoritariamente responden a actividades humanas que se llevan a cabo para la satisfacción de las necesidades de sectores como los antes mencionados.

En general, se esquematiza un problema clave en la producción del calentamiento global y el consecuente cambio climático, pero también representa uno de los principales problemas que los biocombustibles y otras energías renovables pretenden solucionar.

Por su parte, la tabla 4, muestra a los principales 25 países emisores de CO₂, ello resulta relevante debido a que muestra el lugar que ocupan los principales productores de biocombustibles; Se puede observar que Estados Unidos y sobretodo la Unión Europea, ocupan los dos primeros puestos, esto parece alarmante, desde el punto de vista de que se ha planteado que los biocombustibles son una herramienta importante para la reducción de emisiones de GEI. Dentro de dicha tabla, también se puede apreciar la posición que ocupa Brasil, misma que si bien no ocupa los primeros lugares, se encuentra en una posición importante, pese a que es el país que cuenta con la matriz energética más renovable del mundo.

Igualmente, de la información planteada, se puede deducir la correlación existente entre modo de consumo capitalista y la emisión de GEI, al ver que los primeros lugares están ocupados por países como Estados Unidos (quien además se negó a ratificar acuerdos como el Protocolo de Kioto) y la Unión Europea. Otro dato

importante es la posición de China en el tercer puesto, aunque esto no responde a las mismas causas, sino a un problema poblacional.

Tabla 4. Emisiones acumuladas del período 1990-2005
CO₂ (Energía)

Lugar	País	MtCO ₂ e	% Total mundial	Toneladas métricas de CO ₂ por persona
1	Estados Unidos	86,597.5	23.28	287.4
2	Unión Europea	64,472.2	17.33	130.3
3	China	55,150.4	14.83	41.8
4	Rusia	26,816.3	7.21	188.7
5	Japón	19,032.3	5.12	149.0
6	India	14,632.7	3.93	13.0
7	Alemania	14,136.1	3.80	171.8
8	Reino Unido	8,685.9	2.33	142.4
9	Canadá	8,057.5	2.17	244.3
10	Italia	6,978.1	1.88	117.5
11	Corea del Sur	6,476.2	1.74	133.7
12	Ucrania	6,377.5	1.71	137.1
13	Francia	6101.4	1.64	98.5
14	México	5,737.4	1.54	54.5
15	Polonia	5,165.9	1.39	135.5
16	Australia	5,094.1	1.37	241.7
17	Irán	4,937.6	1.33	69.5
18	Sudáfrica	4,666.4	1.25	97.5
19	Brasil	4,572.2	1.23	24.0
20	España	4,406.9	1.18	98.2
21	Indonesia	4,062.9	1.09	18.1
22	Arabia Saudita	4,014.8	1.08	166.2
23	Taiwán	3,159.8	0.85	138.2
24	Turquía	2,990.6	0.80	41.0
25	Países Bajos	2,801.0	0.75	171.0

Fuente: *Climate Analysis Indicators Tool (CAIT)*, [en línea], Dirección URL: <http://www.wri.org/project/cait/>, [consulta: 21 de abril de 2012].

Debe mencionarse, que la tabla anterior, muestra simplemente las emisiones acumuladas, dejando de lado el tema de las emisiones de CO₂ por cambio de uso de suelo; si ello fuera contemplado Brasil e Indonesia llegarían a las primeras posiciones debido a sus prácticas de deforestación de selvas y bosques (este tema se aborda de manera más profunda en el capítulo 4, en el subtema 4.3).

2.1.1 Impactos y evidencias

Los impactos y evidencias del cambio climático producido por el calentamiento global son diversos, en su mayoría son negativos, aunque existen algunos positivos, sobre todo para los países del norte, debido a que con el aumento de las temperaturas se han venido produciendo condiciones de vida menos hostiles, pues tienen inviernos menos fríos y veranos más largos. Ello no sólo se observa en la comodidad para vivir sino también en algunas cuestiones económicas, al permitirse la explotación de la actividad agrícola en una mayor área de tierra o la experimentación de nuevos cultivos dadas las condiciones más favorables del clima, un ejemplo de ello es la producción de uvas propias para la elaboración de vinos. No obstante, los impactos negativos son los que han caracterizado al fenómeno y los que ocupan tanto a dirigentes como a intelectuales.

Dichos impactos se pueden dividir en cinco rubros principales: sociales, económicos, políticos, biológicos y en general naturales (entran aquí los cambios en las mareas, la acidez del mar, el derretimiento de los polos, el aumento del nivel del mar), sin embargo, todos son causa y consecuencia de los demás, están ligados de una u otra forma, gracias a que es el medio ambiente el que permite la existencia de todo y es éste precisamente el que se ha visto afectado.

Debido a esta interrelación y al aumento en los GEI, se irán multiplicando, pues se producirán condiciones cada vez más adversas.

Algunos problemas sociales que podrían tener lugar son: las migraciones, las hambrunas y las guerras, debido a la falta de recursos e incluso al exceso de

ellos, es decir, a la falta de alimentos y de agua por ejemplo o a las inundaciones. Éstos afectan directamente la estructura del Estado y por consecuencia a la estructura misma del escenario internacional.

En cuanto a los problemas biológicos está principalmente la extinción de especies animales y vegetales incluso de la humana, o el blanqueamiento de los arrecifes de coral.

Por otro lado, en cuanto a los problemas naturales, la desaparición de territorios es quizá el que goza de mayor interés para los gobiernos del mundo debido a que se encuentran en riesgo de desaparición países completos o ciudades de suma importancia como Ámsterdam, Hong Kong o Nueva York; no obstante, existen otros problemas que quizá deban atenderse con mayor premura, gracias a que podrían producir un problema de más graves consecuencias, tales como el cambio de las corrientes marinas (encargadas de llevar calor a los polos, y enfriar zonas tropicales), el derretimiento de los polos y como consecuencia de ello la eliminación del albedo⁴⁶ (lo que produciría mayor calentamiento) y aumento de la cantidad y número de sequías, lluvias torrenciales, ciclones y huracanes.

Hasta hace apenas unos años los efectos del cambio climático producido por el calentamiento global, no habían sido tan evidentes, sin embargo, hoy en día comienzan a vislumbrarse algunos, aunque tal vez no de la magnitud con la que se presentarán en un futuro no muy lejano si se sigue con el aumento de las partes por millón (ppm⁴⁷) de CO₂ y otros GEI en la atmósfera.

⁴⁶ El albedo es la reflectividad de la superficie terrestre y se refiere a la energía reflejada desde la Tierra al universo. [...]. Un aumento de los gases de invernadero (del CO₂, por ejemplo) disminuye el albedo, lo mismo que el enriquecimiento de la atmósfera en polvo atmosférico debido a erupciones volcánicas. En ambos casos se interpone materia adicional entre la superficie del planeta y el universo, disminuyendo así el retorno de energía al universo. Las variaciones del albedo global, son un hecho natural producido continuamente a lo largo de la historia geológica, debido a variaciones de origen exogénico y endogénico (deriva continental y los cambios en la distribución de mares y continentes). A estas variaciones se superponen los intensos cambios ambientales potenciados por la actividad del hombre [...]. Cricyt, *albedo*, [en línea], Argentina Dirección URL: <http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/Albedo.htm>, [consulta: 12 de julio de 2012].

⁴⁷ “Se utiliza como unidad para expresar concentraciones muy pequeñas (trazas) de una sustancia presente en una mezcla”. UNAM, *Conocimiento como diseño*, [en línea], México, Dirección URL: www.cneq.unam.mx/cursos.../porta/.../Conocimientocomodisenio.doc, [consulta: 17 de abril de 2012].

En la actualidad “[...] la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera roza las 400 partes por millón (ppm). (y) Añadimos una 2.5 ppm al año y de seguir así alcanzaríamos las 740 u 800 ppm con cuyos niveles existe más de 50% de probabilidades de que la temperatura del planeta suba cinco grados”.⁴⁸

Tal vez el aumento de cinco grados en la temperatura media del planeta no represente a simple vista un problema, sin embargo, se ocasionarían grandes cambios y catástrofes gracias a que el equilibrio fundamental del clima se rompería.

El calentamiento que se espera para fines de este siglo es de 3°C, lo que es preocupante, pues con aumentos apenas de 0.6°C se han cambiado varios ciclos naturales y se han extinguido varias especies como el sapo dorado, cuya especie desapareció en la década de 1980 de su hábitat en Costa Rica, siendo “[...] la primera víctima documentada del calentamiento global”⁴⁹.

Si bien existen algunos escenarios alentadores, lo cierto es que con todo y las medidas más estrictas el mundo no será el mismo al término de este siglo; la especie humana y el resto de las especies (animales y vegetales) se encuentran en un serio peligro y es probable que muchas no estén presentes para el siglo XXII.

2.1.2 Debate norte-sur, desarrollados-subdesarrollados

En torno al calentamiento global, existe un debate predominante que ha ocasionado la falta de acuerdos internacionales eficaces para solucionarlo, en él se discute acerca de quiénes son los responsables y por consecuencia quiénes son los que deben responder ante ello.

Por un lado, los países subdesarrollados atribuyen dicha responsabilidad a los países desarrollados por ser los que desde el inicio de la Revolución Industrial

⁴⁸ Nicolás Stern en Leticia Campos Aragón *et al.*, *op. cit.*, p. 12.

⁴⁹ Tim Flannery, *op. cit.*, p. 148.

emitieron los GEI que han provocado el cambio climático y que les permitieron llegar al punto en el que se encuentran, mientras que por otro lado los países desarrollados argumentan que pese a que ellos han emitido GEI desde hace algunos siglos, no son los únicos responsables debido a que los países subdesarrollados en la actualidad emiten mayores cantidades de gases gracias a la lucha que llevan a cabo por lograr el desarrollo. Sin embargo, todos, unos antes y otros después, han sido los causantes del problema, es decir, todos tienen responsabilidades comunes pero diferenciadas.

En el punto en el que se encuentra la situación ambiental, probablemente no importa quién es el responsable directo, sino que la humanidad en conjunto actúe para revertirlo, claro está todos en la medida de sus capacidades.

Los países más acaudalados del mundo tienen la responsabilidad histórica de asumir el liderazgo para equilibrar el presupuesto de carbono adoptando múltiples medidas, se lee en el Informe (Informe sobre Desarrollo Humano 2007-2008), entre ellas: reducir las emisiones en por lo menos 80% hasta el año 2050; invertir al menos otros US\$86.000 millones al año en esfuerzos de adaptación para proteger a los pobres del mundo; apoyar la producción de biocombustibles sin vulnerar los derechos de los pequeños agricultores o los pueblos indígenas; y respaldar las gestiones para reducir la deforestación en países como Brasil. El Informe argumenta que con el apoyo de esas medidas y a través de la cooperación internacional en financiamiento y tecnologías con bajas emisiones de carbono, los países en desarrollo también deben hacer lo suyo y reducir el total de sus emisiones en por lo menos 20% de aquí a 2050⁵⁰.

No obstante, el calentamiento global es un problema inminente que requiere de una pronta y prolongada respuesta por parte de todos los sectores de la sociedad en lo general y de acciones de cada individuo en lo particular.

Se debe tomar la responsabilidad en conjunto, pues es un problema que atañe a todo el globo.

⁵⁰ United Nations Development Programme, *op.cit.*, s/p.

2.1.3 Principales políticas y acciones a nivel mundial: El Protocolo de Kioto y la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC)

Gracias a que el calentamiento global y el cambio climático son dos problemas de consecuencias mundiales los esfuerzos para enfrentarlos deben realizarse también por parte de todos los gobiernos del mundo.

Si bien existen varios acuerdos e intentos por resolver el problema a nivel internacional, el principal aunque no por ello exitoso, ha sido el Protocolo de Kioto de 1997, así como también la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC por sus siglas en español) de 1992.

Lo que se puede decir respecto a la CMNUCC, es que el mayor logro que tuvo, ha sido sin duda el hecho de reconocer al cambio climático como un problema real, además de rescatar el principio precautorio, uno de los mayores avances en materia ambiental. Dicho principio consiste en “Cuando haya peligro de daño grave o irreversible, la falta de certeza científica absoluta no deberá utilizarse como razón (sic) para postergar la adopción de medidas eficaces en función de los costos para impedir la degradación del medio ambiente”⁵¹.

Con este instrumento se abrió la puerta al debate entre los países desarrollados y los países subdesarrollados, sobre la responsabilidad de cada grupo ante el problema ambiental y se establece otro principio importante que es el de responsabilidades comunes pero diferenciadas, el cual tiene que ver directamente con la responsabilidad histórica que los países desarrollados tienen respecto del Calentamiento Global.

Al respecto, dentro de esta convención, se elaboró el llamado Anexo I, con la finalidad de:

[...] hace caer la carga más pesada de la lucha contra el cambio climático sobre los países industrializados, ya que son ellos la

⁵¹ ONU, *Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo*, [en línea], Río de Janeiro, Brasil, 1992, Dirección URL: http://www.un.org/esa/dsd/agenda21_spanish/res_riodecl.shtml, [consulta: 8 de mayo de 2012].

fuerza principal de la mayor parte de las emisiones de gases de efecto invernadero, en el pasado y en la actualidad. Se pide a estos países que hagan todo lo posible por reducir las emisiones de las chimeneas y tubos de escape y que aporten la mayor parte de los recursos necesarios para los esfuerzos que se deban realizar en otros lugares⁵².

Aunque no con ello se exime a los países subdesarrollados de su responsabilidad.

El principal objetivo de esta convención era “[...] estabilizar las emisiones de gases de efecto invernadero a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático. [...] en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible”⁵³. No obstante, dentro de la convención no se establecieron metas concretas de reducción de GEI, pues se consideró sólo como un documento marco.

La primera de las modificaciones que se le hicieron fue el Protocolo de Kioto, el cual se elaboró con la finalidad de cubrir el hueco que se había dejado en 1992, de esta forma, se pretendía establecer compromisos concretos y obligatorios en cuanto a la reducción de emisiones de GEI. Este instrumento fue aprobado en 1997, en la ciudad de Kioto en Japón, pero entró en vigor hasta 2005, después de la ratificación de Rusia.

La meta que se estipuló fue la reducción de GEI por parte de los países desarrollados, en un 5% con base en el año 1990, para el período que comprendía de 2008 a 2012, ello se encuentra en el Anexo B.

Los medios planteados a través de los cuales se alcanzarían dichas metas son:

- Reforzar o establecer políticas nacionales de reducción de las emisiones (aumento de la eficacia energética, fomento de

⁵² ONU, *La Convención del Cambio Climático: misión y objetivos*, [en línea], Dirección URL: http://unfccc.int/portal_espanol/informacion_basica/la_convencion/objetivos/items/6199.php, [consulta: 8 de mayo de 2012].

⁵³ *Idem*.

formas de agricultura sostenibles, desarrollo de fuentes de energías renovables, etc.);

- Cooperar con las otras Partes contratantes (intercambio de experiencias o información, coordinación de las políticas nacionales por medio de permisos de emisión, aplicación conjunta y mecanismo de desarrollo limpio)⁵⁴.

El motivo por el cual el Protocolo de Kioto se considera como fracaso es que dentro de los países que lo ratificaron, no se encuentran países como Estados Unidos; y China, mismo que aunque ratificó, al no ser anexo uno carece de compromisos reales, ambos países encabezan las listas de los mayores emisores de GEI; lo que impide que se frene el calentamiento global en la medida necesaria, además de que también se escapan a este instrumento las emisiones de los países en desarrollo, pues no se establecen restricciones obligatorias para ellos. Sin embargo, es sólo un primer paso no el último en la lucha para frenar el cambio climático.

Ambos instrumentos, así como en la mayor parte de los intentos a nivel internacional para dar una solución a problemas ambientales, tales como el calentamiento global y el cambio climático (exceptuando al Protocolo de Montreal de 1987) tienen un obstáculo para lograr exitosamente sus objetivos, éste es que todos ellos ponen en evidencia el fracaso del sistema económico mundial, el cual requiere de grandes modificaciones en su estructura, mismas que se podrían resumir en un cambio total y radical en el estilo de vida humano, pues el actual es insostenible.

2.1.4 Medidas de mitigación y adaptación

Frente al tema del calentamiento global y el consiguiente cambio climático existe una vulnerabilidad generalizada en el mundo, que se refleja de diversas formas en los distintos países, no obstante, los países subdesarrollados y los isleños son los

⁵⁴ Unión Europea, *Protocolo de Kioto sobre el cambio climático*, [en línea], UE, Dirección URL: http://europa.eu/legislation_summaries/environment/tackling_climate_change/l28060_es.htm, [consulta: 8 de mayo de 2012].

más afectados, debido a la falta de recursos y su situación geográfica. Éstos son los primeros aquejados, entre otras cosas, debido al crecimiento del nivel del mar, a las sequías y a las inundaciones que han tenido lugar en sus territorios como consecuencia del aumento en las temperaturas.

Sin embargo, en un momento u otro el mundo entero tendrá consecuencias parecidas o iguales, es por esto que instrumentos como la CMNUCC y el Protocolo de Kioto, promueven la adopción de medidas de mitigación y adaptación en un período inmediato.

Los mecanismos de mitigación, son aquellos que tienen que ver directamente con frenar las emisiones de GEI, y cuya finalidad es poner un alto a la escalada de la temperatura media mundial, algunos ejemplos son: el uso de energías renovables como en y los biocombustibles, la apuesta por la eficiencia energética, los proyectos de reforestación, la protección de sumideros de GEI y el uso de técnicas agrícolas sustentables.

No obstante, el calentamiento global seguirá presente gracias a la longevidad de los GEI ya emitidos a la atmósfera y a la temporalidad de los proyectos de mitigación, pues éstos tendrán resultados a largo plazo, es por ello que también se promueven los mecanismos de adaptación, que son los que se encargan del “[...] ajuste de los sistemas naturales o humanos en respuesta a las consecuencias climáticas esperadas o reales, para moderar los riesgos o aprovechar las oportunidades que representan esos cambios. Se identifican varios tipos de adaptación: anticipada o proactiva, reactiva, pública, privada, planeada y autónoma”⁵⁵.

Un ejemplo de adaptación es la que el gobierno holandés ha puesto en marcha debido al incremento del nivel del mar, con las construcciones flotantes en Amsterdam⁵⁶. Anteriormente se había recurrido a la construcción de diques que impidieran el paso del agua hacia tierra firme, empero, dada la magnitud del

⁵⁵ Víctor Manuel López López, *op. cit.*, pp. 108-109.

⁵⁶ *Ibidem*, p. 109.

problema, en vez de intentar frenarlo se ha recurrido a esta medida. Gracias a ello se han visto solucionados problemas de urbanismo, pues, hoy en día, “casi 2,500 familias viven en casas flotantes a lo largo de los más de 4,400 kilómetros de ríos navegables, canales y lagos de ese país”⁵⁷. Esta ha sido una buena forma de adaptación, ya que, “[...] una cuarta parte del país europeo se encuentra hasta 6.7 metros -en su punto más profundo- bajo el nivel del mar”⁵⁸.

2.2 Crisis energética actual

La crisis energética actual, es otro de los problemas que pone en situación de emergencia a la humanidad y que al igual que el cambio climático cuestiona al actual modelo económico mundial.

Se caracteriza por la magnitud de sus alcances, pues a diferencia de sus antecesoras (1973, 1979 y la Guerra del Golfo Pérsico), goza de mayor fuerza, gracias a que esta vez no se trata de un embargo petrolero por parte de una nación o un grupo de naciones y, tampoco surge a partir de cuestiones que tengan que ver directamente con las leyes del comercio (oferta y demanda). Por el contrario se refiere a una crisis cuya principal causa es el agotamiento de los combustibles fósiles, principalmente del petróleo, que es la base sobre cual se erige el actual sistema económico mundial. Además se encuentra sumamente relacionada con dos problemas de similar magnitud, éstos son el calentamiento global y el cambio climático.

Debido a estas circunstancias, ha surgido la necesidad de transitar hacia un nuevo sistema energético, a partir del cual se enfrenten tanto problemas ambientales como energéticos, sin embargo, al ser éste la base de la civilización actual, lo que dicho cambio supone son modificaciones sustanciales en su estructura, en todos los aspectos, desde el económico hasta el político y el social.

⁵⁷ Nora Vasconcelos, “Holanda construye casas flotantes y resuelve sus problemas urbanísticos”, México, cnn.com, 25 de enero de 2011, Dirección URL: <http://mexico.cnn.com/salud/2011/02/04/holanda-construye-casas-flotantes-y-resuelve-sus-problemas-urbanisticos>, [consulta: 12 de julio de 2012].

⁵⁸ *Idem*.

En la actualidad, si bien se utilizan los tres combustibles fósiles (petróleo, gas natural y carbón) predominantemente, es el petróleo el que goza de mayor importancia desde los inicios del siglo XX, pues abastece alrededor del 40% de la demanda energética mundial. Gracias a ello, el agotamiento de éste y la transición hacia el uso de nuevas fuentes de energía no es un proceso sencillo, pues requiere de cambios radicales en el estilo de vida que la humanidad tiene hoy en día.

El cambio que se propone, al afectar la estructura del sistema internacional, se ha enfrentado a grandes opositores que sugieren que aún no resulta necesario y que más que beneficios puede traer consigo diversos perjuicios entre los que despuntan problemas económicos y financieros.

Este proceso comparte los mismos retos que el cambio climático, dado que en ambos casos la falta de acuerdos se deben a que no se logran conjugar los intereses de todos los actores internacionales involucrados, lo que ha derivado en que avancen y que el tiempo se vaya perdiendo, al grado de que en el momento en el que se tome una solución, será muy apresurada y quizá no se puedan evitar ya, consecuencias que pueden poner en peligro la existencia misma de la humanidad y en una menor escala pero igualmente importante, la destrucción estrepitosa del sistema económico tal como se conoce hoy.

Entre los principales opositores al cambio de sistema energético se encuentran países como Estados Unidos y los países miembros de la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP por sus siglas en español), al lado de algunas empresas petroleras.

La mención de la crisis energética actual, al igual que en el caso del calentamiento global, es importante en el presente tema de investigación, pues los biocombustibles, se han presentado como una alternativa para enfrentar ambas problemáticas y de esta forma transitar hacia un nuevo sistema energético que no comprometa las características básicas del actual modelo de desarrollo

económico; se les contempla como una herramienta que permitirá un tránsito suave.

Además son dos temas que se llevan de la mano uno al otro, debido a que con la quema de combustibles fósiles se emiten grandes cantidades de GEI, que dan origen al calentamiento global en estas fechas y al ritmo veloz que le caracteriza; la gravedad de ello ha puesto en la mesa de debate el replanteamiento del uso y producción de la energía.

2.2.1 Antecedentes

La historia de los combustibles fósiles, es relativamente reciente, ya que éstos comenzaron a explotarse a partir de la Revolución Industrial, sin embargo, es en la época actual en la que se utilizan tanto el carbón, como el petróleo y el gas natural para el desarrollo del sistema económico mundial.

Estos combustibles se han ido cediendo el primer lugar de la demanda energética con el paso del tiempo, pues en los inicios de la Revolución Industrial imperaba el uso del carbón, mientras que en la actualidad es el petróleo el que satisface la mayor parte de dicha demanda.

Hoy en día, se pretende hacer una nueva transición, debido al agotamiento de las reservas petroleras, aunque esta vez se sugieren dos alternativas: la primera es el uso del gas natural y la segunda es el uso de las energías renovables. En el caso del gas natural, más que ser la base del nuevo sistema energético mundial se ve como un combustible puente que conecte el viejo sistema con uno nuevo que pueda ser permanente, pues el declive en la producción de gas sólo se retrasará unas décadas más que el del petróleo.

En el caso de las energías renovables los que están a favor pretenden que sean la base del próximo sistema energético gracias a que con ellos se puede enfrentar no sólo la crisis energética sino al mismo tiempo, se plantea que se puede frenar el calentamiento global y por consecuencia el cambio climático.

Esta sustitución de un combustible por otro en el orden de prioridad, tuvo lugar gracias a los avances científico-tecnológicos que se llevaron a cabo, pues éstos requirieron cada vez más eficiencia con la finalidad de aumentar la productividad del sector económico y de esta forma abarcar cada vez mayores mercados.

No obstante, en el presente si bien la eficiencia sigue siendo un aspecto importante, en la discusión por cuál o cuáles serán los combustibles del próximo sistema energético, se establece una segunda condicionante y esa es que pueda estar libre de emisiones de GEI o por lo menos las reduzca considerablemente y así cubrir también con las demandas para contrarrestar el calentamiento global.

Sin embargo, dado que es el petróleo el combustible fósil por excelencia y el que mayor impacto y desarrollo ha originado en las sociedades actuales, conviene hacer un recuento breve de su historia y con ello plantear las causas por las que las energías renovables tienen gran dificultad para posicionarse como los rectores del nuevo sistema energético, que permita seguir con el desarrollo de todos los países y enfrente los problemas ambientales más apremiantes.

Si bien el petróleo había sido descubierto con anterioridad “La extracción industrial de petróleo comenzó en Pensilvania en el año 1857 [...]; Estados Unidos inició el uso de este combustible sin ver la necesidad de buscarlo en otros países, el interés mayor de las empresas era disponer de mercados a los que vender un combustible, primero de iluminación y luego de accionamiento de motores”⁵⁹. Posteriormente Estados Unidos observó lo limitado de sus reservas e inició el control y posicionamiento en áreas ricas en petróleo, llegando incluso a desencadenar guerras en dichos territorios.

En un principio el petróleo surgió como un producto simple, pero con el paso del tiempo se fue complejizando al mismo ritmo que la sociedad y todos sus procesos, económicos, políticos y sociales. Se convirtió en el principal sostén de la economía mundial.

⁵⁹ Emilio Menéndez Pérez, *Energía. Factor crítico en la sostenibilidad. Año 2025. Crisis social y ambiental. Una hipótesis factible*, Coruña, España, NETBIBLO, 2004, p. 86.

[...] vivimos en un mundo completamente dominado por la energía. Es el pilar de nuestra riqueza, nuestro confort y nuestra fe en gran parte incuestionada en la inexorabilidad del progreso, implícito en todos los actos y artefactos de la vida moderna”. Producimos y consumimos energía no sólo para calentarnos y alimentarnos, para desplazarnos o para defendernos, sino también para educarnos y entretenernos, para ampliar nuestros conocimientos, cambiar nuestro destino, construir y reconstruir nuestro mundo y llenarlo de cosas⁶⁰.

Como dice Paul Roberts⁶¹, el mundo de hoy se encuentra completamente dominado por la energía, es un mundo complejo cuyo eje rector es el petróleo. Gracias a ello los embargos petroleros realizados por la OPEP en 1973 y 1979 y la Guerra del Golfo Pérsico tuvieron un gran impacto en la economía internacional, produciendo periodos severos de crisis, los cuales a su vez derivaron en el interés por el desarrollo de nuevas fuentes de energía como los biocombustibles, dentro de la mayor parte de los países dependientes⁶² del petróleo de esta organización, entre los cuales se puede mencionar a Brasil, la Unión Europea o los Estados Unidos. No obstante, con el fin del problema se relegó de nuevo al olvido el desarrollo de este tipo de energías.

Sin duda, han sido varios los episodios de crisis energética, empero, el más significativo por sus dimensiones fue el producido en 1973, tras la guerra del Yom Kippur⁶³. Se trató de un embargo que los árabes hicieron, con el cual frenaron el

⁶⁰ Paul Roberts, *El fin del petróleo*, Barcelona, España, Ediciones B, S.A., 2004, p. 17.

⁶¹ “Paul Roberts es un periodista estadounidense que colabora en medios como The Washington Post, Los Angeles Times, Rolling Stone o Harpers Magazine. Su especialidad es la interrelación entre la economía y el medio ambiente”. Eva Cruz, “Paul Roberts, es imposible comer de la misma manera”, [en línea], Madrid, rtve.es, Asuntos propios, 26 de marzo de 2009, Dirección URL: <http://www.rtve.es/radio/20090326/paul-roberts-imposible-comer-misma-manera-asuntos-propios/254351.shtml>, [consulta: 1 de julio de 2013].

⁶² Un país es dependiente cuando “[...] no cuenta con los recursos necesarios dentro de sus propio territorio para mantener el funcionamiento de su economía [...]. Se sobreentiende en este caso que el país necesitará de los recursos de otro país o países, materias primas y mercados, para mantener operando su industria nacional. Carlos Tablada, Gladys Hernández, *op. cit.*, p. 57.

⁶³ “La guerra árabe-israelí de 1973, también conocida por el nombre de festividades religiosas judía (Guerra del Yom Kippur) y musulmana (Guerra del Ramadán), enfrentó a Israel contra Egipto y Siria. Fue la cuarta de las guerras que enfrentaron al estado hebreo con los países árabes. Dos factores principales explican su desencadenamiento. En primer lugar, el fracaso en la resolución de los problemas surgidos de la guerra de 1967. La negativa israelí a devolver los territorios arrebatados a Siria (los altos del Golán) y a Egipto (la península del Sinaí) y el fracaso de las propuestas de paz de Anuar el Sadat, el nuevo líder egipcio llevaron la situación a un punto muerto. La resolución 242 del Consejo de Seguridad de la ONU pedía en términos vagos la retirada de Israel de los territorios ocupados en 1967. Fue votada por 13 miembros, China se abstuvo y

suministro de petróleo que iba hacia Estados Unidos. Las consecuencias de ello fueron el incremento de los precios del petróleo, el desempleo y la quiebra para varias empresas cayendo en un periodo de estanflación⁶⁴.

Al respecto, los países afectados pusieron en marcha diversas medidas para mitigar o solucionar el problema, no obstante, las más generalizadas fueron la disminución en el consumo de energía, el desarrollo de las energías renovables en las que tenían una ventaja comparativa y posteriormente la creación de reservas estratégicas de crudo.

En general, los periodos de inestabilidad se debieron en mucho a los desacuerdos surgidos entre los miembros de la OPEP, pues, no todos tienen los mismos intereses en torno a los precios del barril, a los límites de la producción o la dirección de las exportaciones, gracias a que no cuentan con el mismo volumen de reservas petroleras, ni con la misma cantidad de población dentro de su territorio.

En concreto, tal como pasa en todo el escenario internacional, han respondido a un juego de poderes entre quienes poseen el control de las mayores reservas y los que no.

Hoy por hoy, “Uno de los puntos básicos de la OPEP es mantener un nivel de precios que haga viable la explotación de yacimientos fuera de su entorno, de agotamiento más rápido, esto hará que en

EE.UU. la vetó. Egipto cada vez se hallaba más decidido a lanzar una guerra limitada. En segundo lugar, Israel era consciente de su superioridad militar. Esa confianza le llevó a negarse a cualquier cesión de territorios, pero también hizo que el ataque árabe de 1973 cogiera por sorpresa a sus fuerzas armadas. [Esta guerra terminó el 25 de octubre de 1973, después de la elaboración de una resolución de la ONU]. Además de los casi 15.000 muertos del conflicto (8.500 árabes y en torno a 6.000 israelíes), la guerra de 1973 tuvo importantes repercusiones: el alineamiento de los países árabes de la URSS se hizo más estrecho, la imagen de invencibilidad del ejército israelí fue destruida, Israel se hizo más dependiente de EE.UU y, sobre todo, la guerra propició que la OPEP, donde los estados árabes tenían un peso decisivo, decidiera una brusca subida del precio del petróleo que desencadenó una espiral inflacionista que llevaría a una gran crisis económica”. S/a, “La guerra árabe-israelí de 1973 (Guerra del Yom Kippur o del Ramadán)”, [en línea], Historiasiglo20.org, Historias de las Relaciones Internacionales durante el siglo XX, Dirección URL: <http://www.historiasiglo20.org/GLOS/yomkippur.htm>, [consulta: 10 de marzo de 2014].

⁶⁴ “Estancamiento de la economía de un país producido por la inflación que padece”. S/a, *Estanflación*, [en línea], WordReference.com, Dirección URL: <http://www.wordreference.com/definicion/estanflaci%C3%B3n>, [consulta: 15 de julio de 2014].

el futuro la concentración de reservas sea mayor en los países de la organización. [...] Ese precio del petróleo no debe sobrepasar un límite que suponga un freno al crecimiento de la economía mundial y provoque reacciones violentas del mundo occidental⁶⁵.

Así pues, el petróleo ha estructurado desde los inicios de su explotación, el escenario internacional, ha establecido las formas en las que se llevan a cabo las relaciones internacionales, pero no sólo él, sino la energía en general, pues, es un elemento que “[...] se ha erigido en el símbolo del poder político y económico, el factor determinante de la jerarquía de naciones, incluso en un nuevo indicador del éxito y el progreso material. Así el acceso a la energía se ha convertido en el imperativo principal del siglo XXI”⁶⁶.

Gracias a ello, han tenido lugar guerras, ocupaciones y un reacomodo en la jerarquía entre los países. Hoy Estados Unidos gracias a su importante papel como productor de crudo en los inicios de la explotación del mismo y a las ocupaciones de territorios ricos en dicho recurso en las últimas décadas; ha obtenido el primer lugar de esa jerarquía.

Debido a la importancia que fue cobrando este combustible, su explotación pasó de estar en manos privadas (las empresas petroleras controlaban el mercado al principio) a estar controlada por los Estados y sus gobiernos.

[...] el sector del petróleo era algo más que un negocio. Si bien la producción de todo el mundo era controlada por un reducido número de corporaciones petroleras privadas, el sentir entre los gobiernos era que el petróleo era demasiado importante como para dejarlo en manos privadas... o incluso confiarlo a las leyes de la oferta y la demanda. Más que en el caso del carbón, el petróleo había asumido un papel tan fundamental en el bienestar económico de naciones enteras que su valor iba más allá del económico: era un artículo político, sujeto no sólo a las leyes de la oferta y la demanda sino también a los programas nacionales⁶⁷.

⁶⁵ Emilio Menéndez Pérez, *Energía. Factor crítico en la sostenibilidad...*, op. cit., p. 93

⁶⁶ Paul Roberts, op. cit., p. 17.

⁶⁷ *Ibidem*, p. 56.

2.2.2 Pico del petróleo

Tal como se mencionó anteriormente la actual crisis energética, tiene como característica principal el agotamiento del petróleo en primer lugar y del gas natural y el carbón en segundo y tercero, no obstante, dado que es el crudo sobre el cual se sustenta todo el sistema internacional, se presenta un problema que requiere una pronta respuesta; además de requerir mayor información sobre el tema.

Ahondar en el tema del pico del petróleo es fundamental para la presente investigación, debido a que es el principal problema que los biocombustibles líquidos pretenden solucionar al mismo tiempo que atienden a cuestiones ecológicas.

Tal vez el pico del petróleo es en realidad un fenómeno natural de cualquier recurso que es explotado, gracias a lo finito de éstos, aún cuando parezcan muy grandes sus reservas.

La teoría del cenit o pico del petróleo se planteó por primera vez por un geofísico llamado Marion King Hubbert, éste “[...] descubrió que en condiciones de demanda creciente, la producción de petróleo –de un yacimiento o de un país– experimenta una evolución similar a una campana de Gauss, alcanzando su pico cuando la mitad del petróleo ha sido extraído”⁶⁸.

En el momento en el que planteó la idea del pico o cenit del petróleo, Hubbert lo hizo de manera particular para el caso de Estados Unidos ubicando el pico de la producción estadounidense de petróleo en el año 1970⁶⁹; posteriormente realizó una proyección generalizada, “ubicó el pico de la producción petrolera mundial en el año 2000, con base en la estimación sobre reservas petroleras probadas, probables y por descubrirse, realizada en 1967 por W. P. Ryman, de Standard Oil Co”⁷⁰. No obstante, aún existen ciertas reservas y discrepancias al momento de

⁶⁸ José Luis Calva coord., *Crisis energética mundial y futuro de la energía en México*, México, Consejo Nacional de Universitarios Juan Pablos Editor, 2012, p. 9.

⁶⁹ *Cfr., idem.*

⁷⁰ *Ibidem*, p. 10.

determinar una fecha en la que el pico del petróleo tendrá lugar, pues los intereses que giran en torno a la problemática que representa la escasez de recursos son muchos y muy variados.

En ocasiones las estimaciones sobre el año preciso en el que se alcanzará el nivel máximo de producción petrolera no han sido una tarea fácil de realizar, pues “Predecir el pico del petróleo a nivel global implica conocer las reservas mundiales, el consumo a futuro y la tasa de reposición de las reservas por nuevos descubrimientos.[y] Ninguno de estos tres factores es conocido con precisión”⁷¹, esto se debe a la manipulación de datos que cada país hace y sobre todo los países pertenecientes a la OPEP⁷² y las empresas petroleras.

Pese a todo ello, se han llevado a cabo algunas predicciones por parte de un sinnúmero de personas que han planteado que dicho pico o agotamiento particularmente del petróleo ya se alcanzó en el año 2010, sin embargo, existen otras posturas más optimistas que sugieren que el punto máximo en la producción no se alcanza aún y que no será sino hasta el 2035 cuando tenga lugar.

La diferencia en las posturas al respecto se deriva principalmente de los intereses que cada actor (países, empresas petroleras, geólogos, etc.) tiene y la manipulación que le dé a los datos sobre las reservas, el descubrimiento de nuevos yacimientos y los niveles de producción de determinado país o región.

Las reservas a las que los optimistas hacen referencia cuando hablan de que aún no se explota todo el petróleo existente tienen dos características; uno es que aún es incierto que existan y otro es que de existir se encuentran en zonas problemáticas para la extracción, es decir, estarían en lugares muy profundos en territorios cubiertos por el hielo o en el océano.

Se ha pensado que al momento de hablar de crisis energética y del cenit del petróleo se hace referencia al agotamiento total de dicho hidrocarburo, empero

⁷¹ *Ibidem, loc. cit.*, p. 21.

⁷² “Las reservas declaradas por la OPEP no son creíbles, ya que a mediados de la década de 1980 casi todos los países miembros inflaron repentinamente sus reservas para poder vender más petróleo en el sistema de cuotas que rige a esta organización”. *Ibidem*, p. 22.

“[...] el cenit de la producción (*peak oil*) no significa el agotamiento, [sino] el haber consumido el petróleo de la mejor calidad, el más fácil de extraer, el más cercano y por ende el más barato. Por su carácter dominante entre los combustibles fósiles, haber alcanzado el pico del petróleo significa que la era de la energía barata ha terminado”⁷³. Otra realidad del cenit es que si bien aún queda petróleo en los yacimientos por explotar (petróleo no convencional) y se han ido encontrando nuevos yacimientos aunque más pequeños de lo acostumbrado, las características con las que cuenta dicho crudo no son las mejores e incluso podrían no ser benéficas ni ecológica y ni económicamente.

Dicho petróleo requiere de mayores inversiones para su extracción por encontrarse normalmente en zonas de grandes profundidades o con alguna otra característica adversa, lo que se ve reflejado en el costo más elevado, debido a que además no tienen el mismo contenido energético, por el contrario es mucho menor.

Los yacimientos que se han ido encontrando son yacimientos de menor tamaño y cuya producción no supera los 200 mil barriles diarios⁷⁴.

Existen algunos datos que pueden otorgar información sobre la situación energética, mismos que aunque no cuentan con el apoyo generalizado de todos los involucrados en el sistema energético, pueden ser utilizados para esbozar la magnitud del problema al que se enfrenta hoy la humanidad. Entre ellos se encuentra el año 1960 como culminante en el descubrimiento de nuevos yacimientos de petróleo.

[...] la cantidad de petróleo nuevo que se descubre todos los años está disminuyendo; el año culminante fue 1960, y desde entonces ha ido en declive. Puesto que el petróleo no puede producirse sin ser antes descubierto, es inevitable que, en algún momento, la producción mundial de crudo alcance su cuota máxima y empiece a disminuir; unas circunstancias poco idóneas para una economía global que depende del petróleo barato en un 40% aproximadamente de sus necesidades energéticas (por no hablar

⁷³ *Ibidem*, p. 21.

⁷⁴ Robelius en *ibidem*, *loc. cit.*, p. 23.

del 90% de su combustible para transportes) y dista mucho de disponer de reservas de energía alternativas⁷⁵.

Las cifras pueden ser cambiantes debido a que en ellas se contemplan tanto reservas probadas como no probadas, además de que los datos a partir de los cuales se elaboran, son otorgados por el estado que la contiene o por empresas petroleras que en muchas ocasiones las manipulan con fines económicos.

Las reservas demostradas son fundamentalmente los inventarios que manejan las compañías como ExxonMobil y estados petroleros como Arabia Saudí o Noruega. Según el Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS), [...], las reservas demostradas del planeta suman 1,7 billones de barriles, más de la mitad de las cuales se hallan en Oriente Próximo. [...] (mientras que) el volumen de petróleo no descubierto asciende a unos 900.000 millones de barriles. Sumando los depósitos de petróleo demostrado y no descubierto obtenemos un total de 2,6 billones de barriles de petróleo convencional, que, al ritmo al que está creciendo el consumo actual, un 2% al año, nos permite calcular el techo aproximadamente para 2025 a 2030 o incluso más tarde.

En opinión de algunos pesimistas, probablemente quedan por descubrir unos 800.000 millones de barriles [...], lo que, sumado a las reservas demostradas, indicaría que se alcanzará el techo en torno a 2010⁷⁶.

Las fechas anteriormente descritas pueden adelantarse o retrasarse dependiendo de las variaciones que el aumento de la demanda energética tenga, es decir, puede que el techo del cual se habla haya sido incluso antes de 2010 o podría ser después; eso tal vez no se sepa con certeza, sin embargo, es toda una realidad.

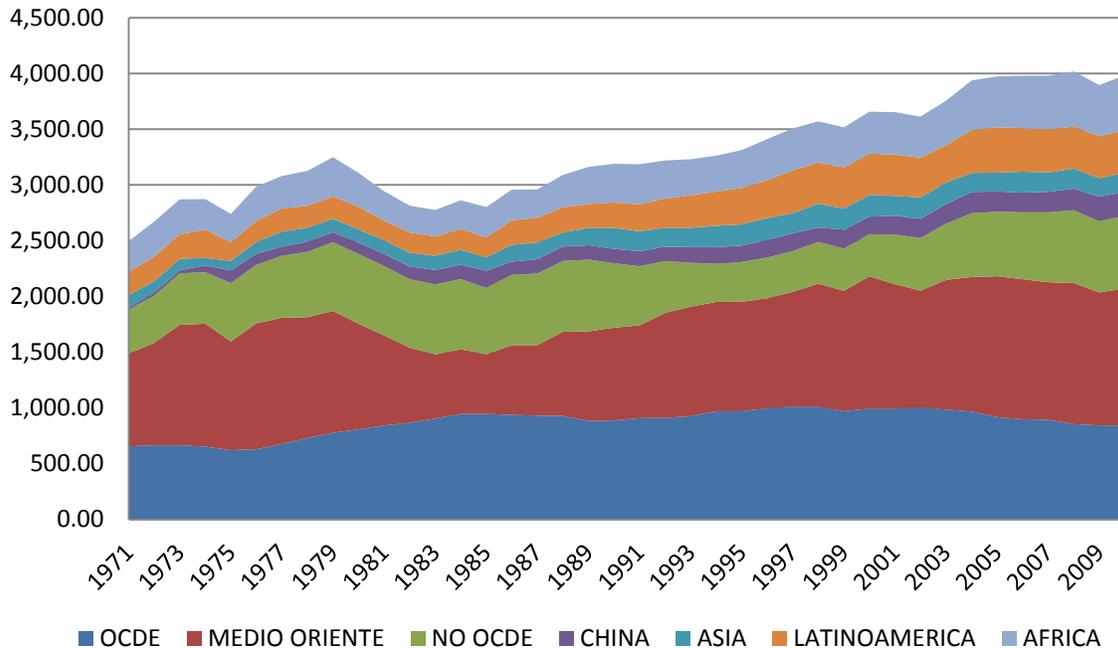
Cuando ocurrirá ese pico de producción es [...] la pregunta del millón. Los optimistas, como el gobierno estadounidense, creen que el nivel máximo de la producción petrolera no puede acontecer antes de aproximadamente 2035, [...]. En cambio los pesimistas, un grupo entre cuyos miembros figuran geólogos, analistas de la industria y un número sorprendente de funcionarios del sector petrolero y del gobierno, creen que ese pico puede suceder mucho antes, tal vez ya en 2005⁷⁷.

⁷⁵ Paul Roberts, *op. cit.*, pp. 25 y 26.

⁷⁶ *Ibidem*, pp.70 y 75. El pico de la producción de petróleo se determina cuando la mitad del suministro original ya ha sido extraído.

⁷⁷ *Ibidem*, p. 26.

Gráfica 3. Producción de petróleo de 1971 a 2010



Fuente: IEA, *Key world energy statistics*, [en línea], 80 pp., Paris, Francia, Dirección URL: http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2011/key_world_energy_stats.pdf, [consulta: 3 de julio de 2012].

Ante este panorama, es que se elaboran todas las tesis acerca de una crisis apremiante, pues hoy en día, el mercado energético mundial se encuentra abastecido por el petróleo en un 40%, por el carbón en un 26% y por el gas natural en un 24%, a éste último se le apuesta en el presente escenario como el combustible puente hacia otro sistema energético. Existen algunas variantes en los dos últimos porcentajes si se agregan las energías renovables al estudio. Esto refleja qué tan dependiente es el sistema internacional de los combustibles fósiles.

Por tanto, un cambio en el uso del petróleo como fuente primaria de energía, debido a su agotamiento, estaría acompañado no sólo de modificaciones en la infraestructura utilizada para la generación de bienes y servicios en el mundo, sino también por un reacomodo en la localización de los puntos de poder, pues en este caso sería Rusia el país que encabezaría las reservas probadas de gas natural (combustible de transición) y por tanto la explotación del combustible.

Otro problema, principalmente para los países dependientes del petróleo, es el hecho de que "Las reservas (de petróleo) se concentran en cuatro grandes cuencas, aunque más de la mitad de las totales se localizan en Asia, siguen en

importancia las de Venezuela y países limítrofes, las del Golfo de Guinea son ya de menor cuantía. Hay pequeñas cuencas distribuidas por el mundo, la mayoría de las cuales se agotarán antes de la mitad de este siglo”⁷⁸, lo cual los hace aún más vulnerables debido a que, a la falta del combustible externo a la OPEP, esta organización puede manipular los precios de manera voluntaria con grandes repercusiones económicas para el resto de los países.

Esto es uno de los motivos por los cuales en países de los diferentes continentes y en especial en la Unión Europea, Brasil y Estados Unidos, se han motivado las investigaciones y el desarrollo de ciencia y tecnología para la producción de energías alternativas como los biocombustibles.

El problema energético además de la falta de descubrimientos de nuevos yacimientos, o de la dificultad que se presente al momento de explotarlos, tiene otro aspecto importante, que consiste en la demanda energética. Se ha previsto que los combustibles fósiles perduren produciéndose a niveles actuales algunos años más, sin embargo, esto podría cambiar si se toma en cuenta que la demanda crece constantemente al mismo ritmo en que la población lo hace y al mismo tiempo en que los países van alcanzando un grado mayor de desarrollo, un ejemplo de ello es China.

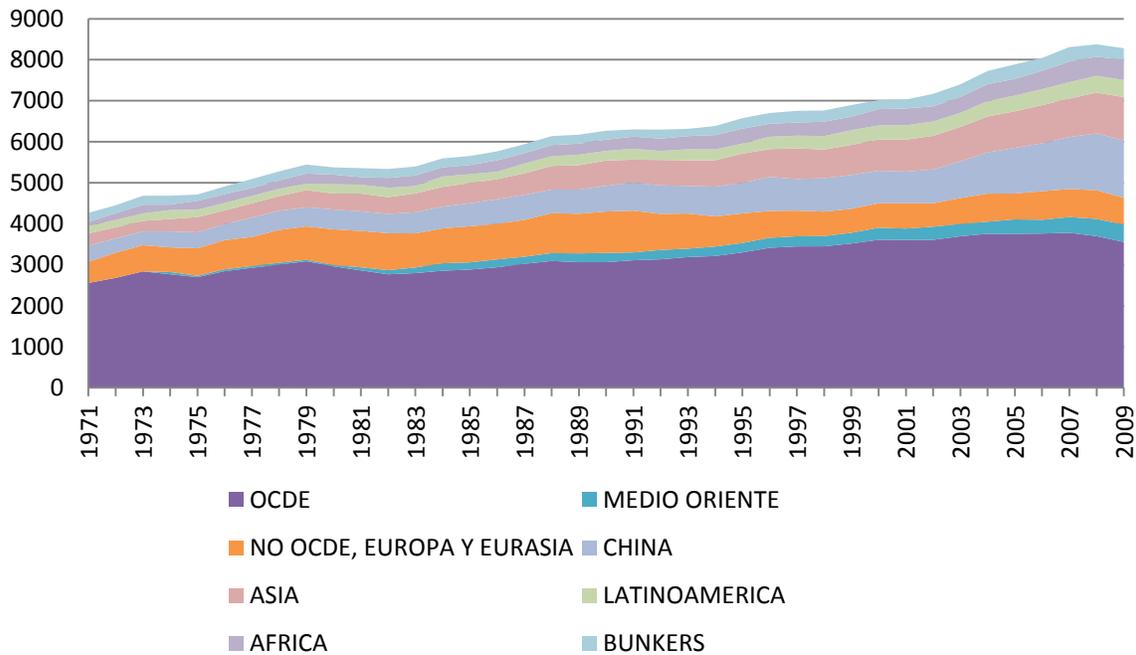
Hoy no se concibe el crecimiento económico, y tampoco el desarrollo social generalizado, sin consumir energía, aunque es verdad que ésta se derrocha en proporciones significativas, bien por mal uso del transporte, bien por la no aplicación de las tecnologías más eficientes, o por un consumo excesivo de productos de usar y tirar. Consumimos anualmente unos 10.000 millones de toneladas equivalentes de petróleo, tep (toneladas equivalentes de petróleo)⁷⁹.

En la gráfica 4 se puede observar con mayor detalle, la evolución que el consumo mundial de combustible fósil ha tenido desde 1971 y hasta 2009.

⁷⁸ Emilio Menéndez Pérez, *Energía. Factor crítico en la sostenibilidad...*, op. cit., p. 63.

⁷⁹ *Ibidem*, p. 29.

Gráfica 4. Consumo mundial total de 1971 a 2009 por región (Mtoe)



Fuente: IEA, *Key world energy statistics*, [en línea], 80 pp., Paris, Francia, Dirección URL: http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2011/key_world_energy_stats.pdf, [consulta: 3 de julio de 2012].

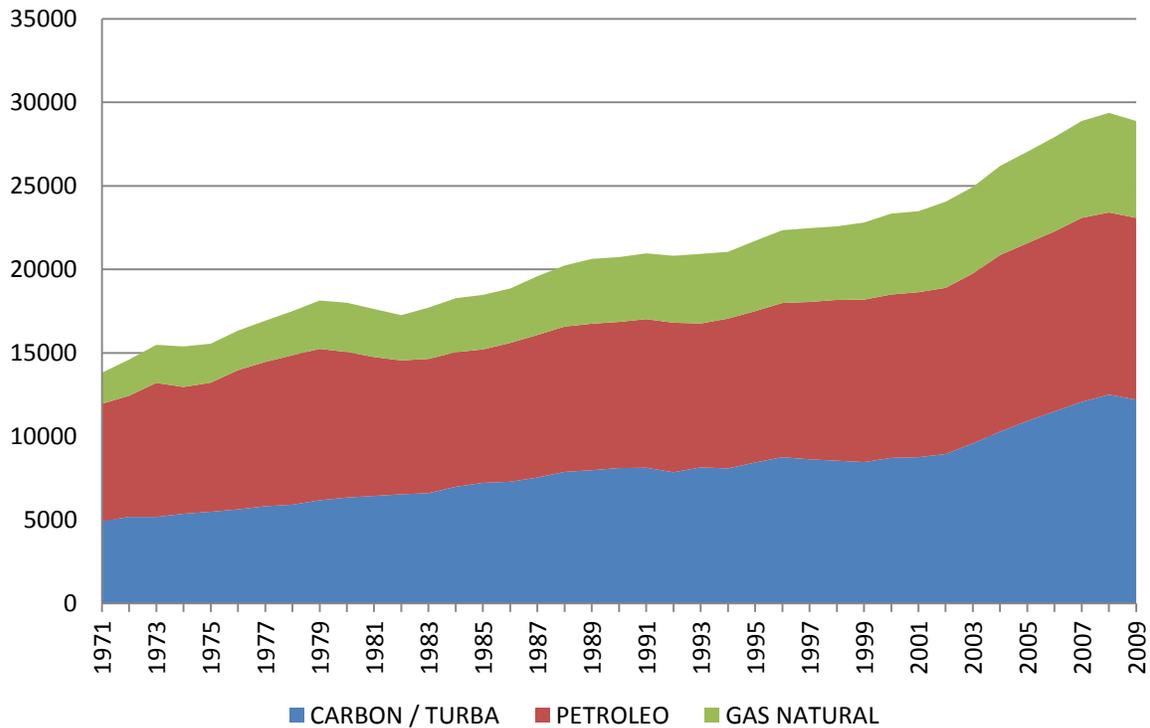
Así pues, no se trata de un problema coyuntural, “Se trata del replanteo estratégico, económico, social y político de la naturaleza del modelo de consumo de hidrocarburos que coloca a las potencias hegemónicas en una situación ventajosa en relación con los verdaderos dueños de los recursos”.⁸⁰

Por otro lado, la crisis energética se encuentra muy vinculada con el calentamiento global debido principalmente a las emisiones que la quema de combustibles fósiles genera. De esta forma se pone de manifiesto que el sistema energético diseñado desde los albores de la Revolución Industrial no corresponde a uno que el mundo en el cual se desarrolla pueda soportar, lo mismo que el sistema capitalista en general, por sustentarse en el uso derrochador de la energía.

Dentro de la gráfica 5 se contienen datos importantes, que demuestran que lo anteriormente dicho es real, y existe una innegable relación entre la quema de combustibles fósiles y la producción del cambio climático.

⁸⁰ Carlos Tablada, Gladys Hernández, *op. cit.*, p. 233.

Gráfica 5. Emisiones de CO₂ por tipo de combustible de 1971 a 2009 (Mt de CO₂)



Fuente: IEA, *Key world energy statistics*, [en línea], 80 pp., Paris, Francia, Dirección URL: http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2011/key_world_energy_stats.pdf, [consulta: 3 de julio de 2012].

Por lo tanto, el aumento de los precios del petróleo al igual que las consecuencias del calentamiento global ya no sólo afectan económicamente a los países subdesarrollados, sino también a los países desarrollados, que de una u otra forma se encuentran igualmente vulnerables, lo cual da muestra de la magnitud de ambos problemas y la urgencia de sus soluciones.

En las anteriores crisis petroleras, el sistema internacional sufrió caídas financieras importantes y el conjunto de las actividades económicas, sociales y políticas se vieron afectadas sin duda, no obstante, con la satisfacción de los intereses de los países petroleros se pudo revertir el problema mediante la inundación de los mercados con el crudo necesario. Hoy en día, lo que otorga mayor importancia al problema es una dualidad que existe, pues no se trata de un juego de intereses, sino de la inexistencia de más petróleo que pueda permitir la continuidad del desarrollo de las naciones, por lo tanto es de suponer que las consecuencias serán mayores y de alcance generalizado de la misma, sin

embargo, si existieran las reservas apropiadas, las consecuencias ambientales serían peores y pondrían en riesgo a la humanidad y al resto de las especies en el mundo pues se aceleraría aún más el calentamiento global.

Esto respondería también a que el petróleo y no sólo éste sino también el carbón y el gas natural que se quemarían, son de menor calidad, pues producen menos energía con la misma cantidad, sus procesos de extracción y producción son más contaminantes y que contienen mayores cantidades de CO₂.

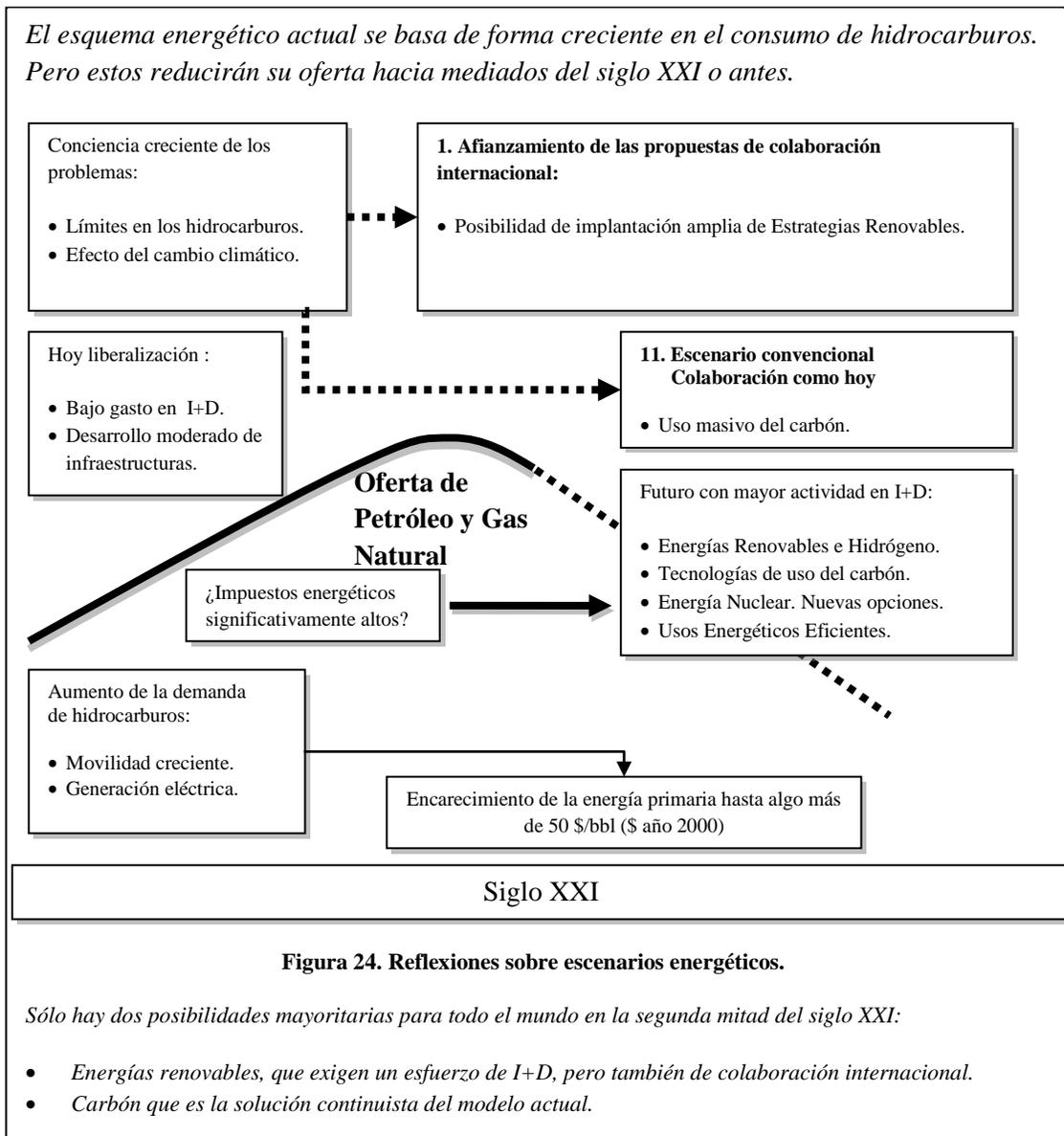
Tabla 5. Combustibles fósiles: Razones que complican su explotación

Tipo de combustible	Razones que complican su explotación
Petróleo no convencional	Su recuperación requiere energía adicional.
Arenas bituminosas	Su producción requiere grandes cantidades de agua, misma que es contaminada, además da lugar a la devastación del paisaje.
Gas atrapado en arcillas	Se producción requiere utilizar compuestos para fracturar la roca y liberar el gas, los cuales tienen el riesgo de contaminar aguas subterráneas.
Petróleo de aguas profundas	Existe un riesgo mayor de derrames en el momento de su extracción y de consecuente contaminación del mar que en el caso del petróleo en aguas someras.

Fuente: elaboración propia con información de: José Luis Calva coord., *Crisis energética mundial y futuro de la energía en México*, México, Consejo Nacional de Universitarios Juan Pablos Editor, 2012, pp. 24-25.

No obstante, cuándo tenga lugar el pico del petróleo es aún un asunto por resolver, pese a ello, se alcanzará y habrá que tener una alternativa para implantarla como el nuevo sistema energético mundial, con la cual, además de atender a cuestiones meramente energéticas, también se contribuya a construir una sociedad internacional baja en carbono, para de esa forma enfrentar tanto la crisis energética y como el calentamiento global.

Esquema 1. La ruptura del modelo energético



Fuente: Emilio Menéndez Pérez, *Energía. Factor crítico en la sostenibilidad. Año 2025. Crisis social y ambiental. Una hipótesis factible*, Coruña, España, NETBIBLO, 2004, p. 121.

2.2.3 Posibles soluciones

Debido a lo inminente de la situación energética mundial, que sin duda es el motor de la nueva búsqueda de alternativas, pese a que el discurso tiene también tintes ambientales, gran parte de los Estados que conforman el sistema internacional y

gran parte de las compañías petroleras a nivel mundial se han preocupado por la inversión en ciencia y tecnología que permita el desarrollo de nuevas y mejoradas fuentes de energía que en un futuro no muy lejano puedan sustituir con eficacia a los hidrocarburos, abastecer la demanda creciente de energía y con ello, permitan la prolongación del modelo de desarrollo actual.

Existen varias posibles soluciones al problema energético, tales como el retorno al uso del carbón de forma masiva, el uso del gas natural o de la energía nuclear, no obstante, la solución que al presente trabajo de investigación compete, es el uso y explotación de los biocombustibles, sobre todo para seguir impulsando el sector del transporte que es el que tiene un mayor crecimiento de la demanda de energía y que impulsa en general a todo el sistema económico al lado del sector eléctrico.

Sin embargo, el uso del gas natural y el uso intensivo de carbón siguen encabezando la lista de sustitutos del petróleo, pues hasta ahora no se pretende un cambio radical, sino más bien paulatino en el sistema energético. No obstante, dada la existencia del conocimiento sobre el fin de dichos combustibles no mucho tiempo después del petróleo, se ha recurrido a la investigación de nuevas tecnologías para aprovechar al máximo el potencial de las energías renovables y de la energía nuclear.

En el caso del uso del gas natural como sustituto del petróleo y como alternativa para no utilizar potencialmente el carbón por su alto contenido de CO₂, se dice que si bien es una opción viable, es simplemente momentánea y sólo puede servir para mantener el suministro de energía mientras se sientan las bases necesarias para dar el paso definitivo hacia otro sistema energético liderado por las energías renovables. Se ve a éste como un amortiguador de los posibles conflictos que se puedan desatar ante la falta de combustibles, específicamente del petróleo.

Empero, el establecimiento del gas natural como combustible líder en el presente sistema energético (basado en combustibles fósiles) tiene obstáculos, tales como que la infraestructura utilizada hasta el momento para la satisfacción energética

mundial debe modificarse, lo que se refleja como un problema económico, pese a que ya se hace uso de él.

Otro obstáculo lo presenta el tiempo que se augura queda para su explotación que aunque mayor al del petróleo, “[...] se sabe que su horizonte de vida se extenderá no más allá de diez años, después de que inicie el declive del petróleo. Se prevé que su auge sea efímero, [...]”⁸¹.

Así pues, lo único claro en cuanto al uso del gas natural es que constituye un combustible puente, pues tanto sus reservas como su potencial de contaminación por ser un combustible fósil lo hace insostenible, la única incógnita al respecto es la duración que tenga como líder energético pues, “El tiempo de la transición es incierto”⁸².

Como se puede observar, esta vez la transición no ha sido motivada por la menor o mayor eficiencia de los combustibles para aumentar la producción en el menor tiempo o alguna cuestión semejante como ocurrió en el pasado; en el escenario que se presencia, la causa principal es la eliminación de la dependencia energética a consecuencia del agotamiento del petróleo y el resto de los combustibles fósiles, además de la eliminación o reducción de las emisiones de GEI con el objetivo de frenar el calentamiento global.

Es por ello que desde hace algunas décadas se ha visto potencializado el apoyo hacia las energías renovables como los biocombustibles líquidos, debido a que dentro del abanico de posibles alternativas que se han planteado, éstos cuentan con mayores ventajas gracias a su parecido con el petróleo, en cuanto a su estructura, por lo que los cambios que se requerirían, en la infraestructura energética serían mínimos.

No obstante, los biocombustibles, junto con el resto de las energías renovables aún se encuentran en etapas iniciales de su desarrollo, además de que no

⁸¹ Rosío Vargas, José Luis Valdés Ugalde (editores), *Alternativas energéticas para el siglo XXI*, Centro de Investigaciones sobre América del Norte, UNAM, México, 2006, p. 16.

⁸² *Idem*.

cuentan con el apoyo generalizado de todos los actores involucrados en la toma de decisiones en este rubro.

Existen aún posiciones encontradas que evitan la aceptación generalizada y su producción a gran escala; dichas posiciones responden no sólo a su potencial energético, sino a lo amigables o no que verdaderamente puedan ser con el medio ambiente, pues hoy en día, como se mencionó anteriormente, lo que se busca no es sólo resolver la crisis energética sino con la misma medida hacer frente al calentamiento global, esto pese a que llevan desarrollándose y utilizándose ya algunas décadas, sobre todo en países como Brasil y Estados Unidos quienes se ubican como los líderes de la industria.

Los biocombustibles han sido presentados como una respuesta para ambas problemáticas, pues además de sustituir a los combustibles fósiles, permiten continuar con el desarrollo tanto de países desarrollados como de países subdesarrollados dentro del mismo modelo económico que rige al sistema internacional hoy en día, aunque con algunas variantes en el consumo, pues el patrón que hasta ahora se sigue es prácticamente insostenible y ningún modelo futuro lo puede continuar.

Una de las cuestiones por las que no se les ha aceptado son los costos de producción, los cuales comparados con los de los combustibles fósiles son más elevados. Esto responde entre otras cosas a la diferencia en el avance científico, pues mientras los combustibles tradicionales tienen ya un nivel elevado de perfeccionamiento los biocombustibles aún están en una etapa inicial; y por otro lado dentro de los precios que se les otorgan a los fósiles no se encuentran contempladas las externalidades negativas que su proceso de producción ocasiona, tales como la contaminación del medio ambiente, mediante la emisión de GEI. Si las externalidades fueran contempladas la situación de los precios sería a la inversa y lo que ahora es barato en realidad sería caro.

Sin embargo, los puntos a favor que los biocombustibles tienen en este caso es que las alternativas fósiles constituyen los mismos costes ambientales, económicos y políticos.

En general aunque la crisis plantea la falta de nuevos yacimientos petroleros y por tanto el nulo aumento en la producción e incluso el declive de ésta, los países petroleros y los países como China e India fomentan la idea de que mientras el hombre tenga a la mano energías fósiles (más baratas y con mayor potencia) no se dejarán de lado. En el caso de China, esto se puede observar, en la utilización de carbón para la generación de energía eléctrica, por encima de otras fuentes menos contaminantes.

El carbón ha alimentado el *boom* económico del país, triplicándose su consumo en poco más de una década. Actualmente, China quema casi el mismo carbón que consume el resto del mundo junto. [...]. El carbón es usado para producir dos tercios de la energía que consume China y es la principal fuente de contaminación junto con los millones de automóviles que recorren las vías del país. [...]. A largo plazo, China está invirtiendo de manera considerable en energía hidroeléctrica y otras fuentes renovables. [...]. Pero con la demanda de energía en aumento año a año, el consumo de carbón también se ha incrementado⁸³.

Ambos países son actualmente grandes consumidores de recursos fósiles, sin embargo, tal como la mayoría, se han puesto en marcha hacia el desarrollo de nuevas fuentes de energía, sobre todo renovables, específicamente solar. Sin embargo, hasta el momento su caso es alarmante, no sólo, porque recurren al uso del combustible fósil más contaminante, sino porque, gracias al tamaño de su población y de su consecuente demanda de energía, se requiere de grandes cantidades del mismo.

En realidad el agotamiento del petróleo es una muestra más de que las cosas deben cambiar, no obstante, el calentamiento global es el problema que detona la

⁸³ Martin Patience, “El enigma del carbón que contamina a China”, [en línea], Datong, China, BBC, Economía, 31 de enero de 2013, Dirección URL: http://www.bbc.co.uk/mundo/noticias/2013/01/130131_china_contaminacion_datong_ao.shtml, [consulta: 18 de julio de 2014].

premura y el interés concreto de transitar hacia un sistema energético más amigable ecológicamente hablando, para poder mantener la existencia de la humanidad y su complejo sistema internacional.

[...] pese a su escasa presencia en la discusión pública, el cambio climático sigue siendo no sólo uno de los problemas más acuciantes a largo plazo sino también una de las influencias más críticas para el desarrollo de la próxima economía energética. Cómo decidamos ocuparnos (o no) del cambio climático determinará, entre otras cosas, qué clase de sistemas energéticos construimos, con qué rapidez y si la vida en el futuro será fundamentalmente mejor o peor por causa de ello.⁸⁴

Las dificultades que el nuevo sistema energético basado en energías renovables tiene que resolver además de los costos competitivos y los intereses que los Estados y empresas petroleras tienen al respecto, son diversas, entre ellas se encuentra el hecho de poder satisfacer la demanda mundial en constante crecimiento pues:

En 2020 el planeta necesitará más del doble de la energía que utiliza ahora. La demanda de petróleo se disparará de los 77 millones de barriles diarios actuales hasta 140 millones. El uso de gas natural se incrementará un 75%; y el carbón, casi un 40%. La demanda será especialmente grande en economías «emergentes» como las de China y la India, cuyos líderes ven en un consumo voraz de la energía la clave del éxito industrial.

En 2020, la demanda de electricidad podría ser un 70% mayor que la actual⁸⁵.

Además, la rapidez de la transición es, como en el caso del calentamiento global y la desaparición de especies, el problema, pues un proceso veloz conducirá seguramente a situaciones de conflicto por el reacomodo de los puntos de poder y por la búsqueda de nuevas fuentes de energía. Por ello parece pertinente que el cambio se lleve a cabo de forma constante, es decir, sin premura y sin lentitud.

Dado que todo el entorno se encuentra sustentado en el petróleo y el resto de los combustibles fósiles y dado que los problemas ambientales requieren de una

⁸⁴ Paul Roberts, *op. cit.*, p. 167.

⁸⁵ *Ibidem*, pp. 18 y 19.

pronta respuesta ¿qué de todo lo que la humanidad tiene podría suprimirse o modificarse en pro de la propia supervivencia?

La civilización o la sociedad actual nació con los hidrocarburos ¿cómo se puede modificar una sin modificar la otra?

“El carácter estratégico de las tecnologías de punta, los energéticos, materias primas, etcétera, se centra en que éstos representan la base material de la reproducción de la economía capitalista”⁸⁶.

2.2.4 Los biocombustibles y el diseño de un nuevo sistema energético y económico mundial

Dada la crisis energética actual y la presencia del calentamiento global y el consecuente cambio climático, el mundo y sobre todo los dirigentes del sistema internacional, deben cuestionarse acerca del reacomodo y renovación del sistema energético mundial. Hoy en día existen muchas y muy variadas opciones energéticas que podrían constituir la base sobre la cual se sustente el nuevo sistema, entre éstas, tal como se mencionó, se encuentran los biocombustibles.

Si bien es cierto que dichos combustibles tienen hoy por hoy un gran potencial, se deben tomar en cuenta diversos aspectos al momento de plantearlos como un posible pilar del nuevo esquema energético. Algunos de esos aspectos son el potencial energético que tienen.

Para el diseño de un nuevo sistema energético los Estados y todos los tomadores de decisiones en el rubro deben considerar diversos aspectos tanto en el aspecto interno como en el aspecto internacional; para que se tengan resultados positivos y se pueda transitar de forma tranquila, además de que se debe actuar de manera

⁸⁶ Arcelia González Merino, Yolanda Castañeda Zavala, “Biocombustibles, biotecnología y alimentos: Impactos sociales para México”, [en línea], México, Argumentos México, v.21, n°57, agosto de 2008, Dirección URL: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57952008000200004&lng=es&nrm=iso, [consulta: 26 de junio de 2013].

oportuna, se debe hacer también en conjunto pues las acciones de unos pocos no son suficientes.

Para adentrarse en la aventura que se presenta se puede tomar como referencia el caso de éxito de los países que ya han reformado sus sistemas energéticos, priorizando el uso y producción de los biocombustibles y de otras energías alternativas, tal es el caso de Brasil, Estados Unidos o la Unión Europea, aunque sin duda el modelo más acabado es el del primero.

Al tomarse como referencia no se pretende copiar el modelo, sino tomar lo que mejor se adecúe a cada caso, ya que sin duda las exigencias y necesidades de cada uno son distintas, aunado a que cualquiera de los casos mencionados tienen fallas estructurales por resolver.

Pese a lo anterior, se puede decir que las características necesarias para ser la base de un nuevo y efectivo sistema energético son: elaborar políticas de largo plazo con una visión integral que contemple necesidades energéticas y ambientales fundamentalmente, diversificar la matriz energética, elevar la inversión en el rubro de ciencia y tecnología. Es en dicha situación que la presencia del Estado en vez de diluirse se vea fortalecida y modifique los patrones de producción y consumo masivo.

En cuanto a las políticas de largo plazo, se puede decir que son esenciales para la consecución del objetivo de hacer una transición paulatina pero certera; permitirían no quedar limitados a las políticas de gobierno y perderse en el camino. “[...] es necesario formular un plan nacional energético con visión de largo plazo orientado precisamente a la racionalidad energética y, por tanto, que incluya una reducción paulatina del consumo interno de petróleo y un uso masivo creciente de fuentes renovables, [...]”⁸⁷.

Es necesario también que al momento de formular las nuevas políticas energéticas, se tenga presente una visión integral del tema y se concentren dentro de ellas temas como el calentamiento global y el cambio climático, la justicia social

⁸⁷ José Luis Calva, *op. cit.*, p. 13.

y el aspecto económico, pues éstos se encuentran estrechamente ligados e incluso uno depende de los demás y viceversa, es decir, forman parte de un todo.

Claro está que aunque se tomen en cuenta estos rubros cada país dependiendo de su historia y de sus circunstancias actuales priorizará uno u otro.

Es evidente que las opciones energéticas que se adopten tendrán que relacionarse con los objetivos de los Estados-nación o los propósitos específicos bajo los que se elaboren. En algunos casos, las opciones propuestas privilegian el objetivo de amortiguar el calentamiento global; en otros, es la necesidad de aumentar la capacidad de generación para ampliar la oferta energética ante el crecimiento de la demanda poblacional, meta de la política energética de cualquier nación en vías de desarrollo; en otros casos más se traza el derrotero del sostén de un determinado nivel económico, mantener la competitividad internacional, además de fortalecer la seguridad energética. Seguramente las prioridades nacionales y la dotación de recursos de cada país definirán el desarrollo de las opciones energéticas futuras⁸⁸.

Ciertamente aunque existan variantes ante la ineludible existencia del calentamiento global y el consecuente cambio climático, la mayor parte de las políticas elaboradas hasta ahora tienen la tendencia a no perder de vista el componente ambiental.

Sin duda, el diseño de las nuevas políticas energéticas debe y cada vez más va teniendo el objetivo de “[...] dirigirse hacia sistemas energéticos en los cuales las energías fósiles disminuyan cuantitativamente y se utilicen mejor, dando entrada a las energías renovables”⁸⁹.

Por otro lado, es igualmente importante, el hecho de que hoy por hoy no se puede pensar en que habrá un único sustituto para el petróleo; por diversas razones entre las que se puede mencionar el potencial energético de cada una de las energías renovables y porque no todos los países tienen las condiciones necesarias para explotar los biocombustibles o cualquier otro tipo de nueva fuente

⁸⁸ Rosío Vargas, José Luis Valdés Ugalde, *op.cit.*, pp. 19-20.

⁸⁹ José Luis Calva, *op. cit.*, p. 42.

energética. Así pues, el nuevo sistema energético debe involucrar diversos tipos de energía.

El diversificar la matriz energética, elimina la dependencia energética que ha tenido lugar desde que se inició la explotación de los combustibles fósiles y permite que todos los países tengan acceso a la energía sin la posibilidad de tener un embargo como los que en algunas ocasiones ha llevado a cabo la OPEP.

Sin embargo, aunque “[...] los gobiernos deberían diversificar sus fuentes de energía tan rápido como sea posible y con el mínimo daño a la ecología, [...] hay una serie de obstáculos para caminar por la vía de los recursos renovables. Las tecnologías renovables necesitan mejores fondos, más investigación, un rápido desarrollo y un mayor despliegue”⁹⁰.

Por ello, otro pilar importante en el nuevo sistema energético debe ser como se mencionó, la inversión en ciencia y tecnología, pues se sabe que hasta el momento los biocombustibles tienen algunos problemas relacionados con las materias primas que utilizan en su producción y el rendimiento que ya como producto terminado tienen, lo mismo sucede con el resto de las energías alternativas, se puede decir que aún se encuentran en etapas iniciales de su desarrollo y por tanto sostener el sistema energético y satisfacer la demanda mundial de energía es algo que aún se vislumbra lejano y por eso se plantea la idea de usar combustibles fósiles de transición.

Aunado a la necesidad de elevar la inversión en ciencia y tecnología, se requiere “[...] impulsar la cooperación entre universidades y empresas energéticas para la investigación y el desarrollo de tecnologías, así como para la formación de recursos humanos, además de promover resueltamente los encadenamientos productivos hacia delante especialmente con las industrias química y automotriz, como parte de una *nueva estrategia de industrialización*”⁹¹. Es también la cooperación internacional un elemento que no debe dejarse de lado.

⁹⁰ Rosío Vargas, José Luis Valdés Ugalde, *op.cit.*, p. 16.

⁹¹ José Luis Calva, *op. cit.*, p. 14.

Tanto en Brasil como en Estados Unidos y la Unión Europea se ha llevado de esta manera y hoy por hoy en el caso del primero más del 50%⁹² de su flota de automóviles es abastecida con etanol.

El agotamiento de los hidrocarburos ciertamente dejará un enorme vacío que aún no es posible compensar con el uso de energías renovables es por eso que también se sugiere el cambio en el modelo económico, aunque gracias a ello lo que más se hace es estar en contra del cambio.

Por último, no se debe dejar de lado que el Estado es el garante tanto de los intereses de empresario como de la sociedad en su conjunto, es por eso que la presencia de éste es fundamental, aunque esto no significa que todo caiga en sus manos, se trata realmente de que funja como un rector que vele por las necesidades, del planeta, de la población y del sector económico al mismo tiempo.

Algo que se puede rescatar de la experiencia de actores como Brasil, la Unión Europea y los Estados Unidos, quienes son los principales productores de biocombustibles en el mundo y cuyas industrias tienen ya un largo camino recorrido, sobretodo en el caso de Brasil, es el intento que se hace por encontrar el equilibrio entre el control estatal del sector energético y la flexibilidad que requiere el accionar de la maquinaria económica.

En este caso el Estado brasileño funge como rector de la industria y formulador de políticas de largo plazo convenientes para la producción de biocombustibles sin que esto signifique que sea una industria monopolizada por él, pues existe también una amplia participación de empresas y otros entes privados que no necesariamente son nacionales, aunque se le de prioridad a lo nacional.

En el caso de los países en desarrollo, existe una mayor necesidad de fortalecer al Estado pues para el pleno desarrollo de la industria de los biocombustibles así

⁹² S/a, *Más de 50% de los coches en Brasil usan biocombustibles*, [en línea], 1 de julio de 2009, [en línea], biodieselpain.com, Dirección URL:<http://www.biodieselpain.com/2009/07/01/mas-del-50-de-los-coches-en-brasil-usan-biocombustibles/>, [consulta: 16 de septiembre de 2009].

como de otras renovables se “[...] requieren de importantes subsidios para su pleno aprovechamiento”⁹³.

Sin duda, todo lo anterior aunque puede reformar el sistema y cambiarlo por uno más conveniente sobre todo ambientalmente hablando, no cabe duda que tanto los patrones de producción como de consumo y en general todo el modelo económico, deben modificarse pues queda claro que no es sostenible de ninguna manera debido a que rebasa las capacidades de abastecimiento y regeneración del planeta.

[...] la crisis energética que irrumpió en la primera década de siglo XXI con el alza de los precios internacionales del petróleo [...] es simplemente la punta del iceberg de una crisis energética estructural de grandes consecuencias”⁹⁴.

Los cuatro puntos anteriormente desglosados son sin duda una propuesta para guiar el reordenamiento energético mundial, no obstante, pueden existir muchas más, pero hay que tener en cuenta que lo único que es cierto es que la inactividad no es una opción, pues un proceso paulatino, evitaría posibles conflictos derivados de la escasez de combustibles como el petróleo.

En este reacomodo del sistema energético es notable que los países que más se interesan son los subdesarrollados y los que actualmente son dependientes del petróleo o del gas de otros, tal vez por la historia y los conflictos por el acceso a los combustibles que en ella se guardan.

Incluso si se quiere continuar con el actual modelo capitalista, se requiere hacer una pronta y pacífica transición hacia un nuevo modelo energético debido a que se requiere energía que permita seguir moviendo la economía.

Lo que es cierto es que al igual que lo que ocurre en el caso del calentamiento global “[...] los verdaderos obstáculos no son de costos, tecnológicos o institucionales: tienen su razón en la falta de voluntad política para introducir los cambios necesarios y romper las inercias; obedecen también al egoísmo o corta

⁹³ Rosío Vargas, José Luis Valdés Ugalde, *op.cit.*, p. 16

⁹⁴ José Luis Calva, *op. cit.*, p. 10.

visión de los grupos de interés que de alguna manera, obstaculizan el desarrollo de opciones energéticas diferentes a las convencionales”⁹⁵.

El diseño de un nuevo modelo energético nos pone del mismo modo ante el reacomodo de los polos de poder y tal vez ésta sea una de las razones por las cuales no sea tan fácil iniciarlo.

Sin embargo, el despretrolizar la economía ya no es un tema que esté a discusión a diferencia del modo en el que se hará, ese es un tema que tiene diferentes opiniones, pero que dentro de la presente investigación cuenta con una posible solución que es el uso de los biocombustibles, lo cual, además de no ser nuevo ha tenido grandes resultados en países como Brasil al ser implementados, pues han fortalecido al sector económico de dicho país, además de permitir posicionarlo como líder no sólo regional sino mundial.

Así pues, queda claro, que aunque la magnitud de la crisis energética y del calentamiento global es enorme, lo que los vuelve un problema mayor es la incertidumbre que aún se tiene en cuanto a sus alcances, sus posibles soluciones y sobre todo la falta de coordinación para llevar a cabo soluciones verdaderas.

El objetivo no es imaginar un mundo utópico y transitar hacia él, sino encaminarse hacia un modelo aplicable en el corto y mediano plazo, mismo que se caracterice por su sustentabilidad y mejor uso de la energía. Para ello se debe dotar de mayor fuerza a las inversiones en el sector, pues la urgencia que presenta el cambio climático y la crisis energética actual, plantean menores tiempos que cuando se comenzó con el uso de los combustibles fósiles.

⁹⁵Rosío Vargas, José Luis Valdés Ugalde, *op.cit.*, p. 20.

"Hay suficiente en el mundo para cubrir las necesidades de todos los hombres, pero no para satisfacer su codicia"

Mahatma Gandhi

3. Situación actual de los biocombustibles

En el capítulo anterior se ha podido obtener una idea general de lo que son el cambio climático y la crisis energética actual, sin embargo, aun no queda del todo claro si los biocombustibles líquidos en verdad constituyen una respuesta verdadera para ambas problemáticas.

Tal como se mencionó, el mundo se encuentra ante dos inminentes problemas y gracias a ello se ha detonado el interés de diversos gobiernos por el desarrollo de los biocombustibles, con excepción de casos como el brasileño o el estadounidense en los cuales, dichos acontecimientos sólo han venido a reforzar el apoyo que la industria de los biocombustibles ya recibía.

No obstante, existen otros factores que han permitido colocar a la bioenergía en el centro de las agendas políticas de varios países, éstos son: el interés por reducir la cantidad de emisiones de GEI producidas por el uso de los combustibles fósiles, el alza de los precios de los mismos, debido a su escasez, así como también el interés propio que cada país tiene respecto a la reactivación de su sector agrícola, la creación de fuentes de empleo, el ahorro de divisas gracias a la menor importación de combustibles provenientes de otras partes del mundo, la seguridad energética, la mayor participación de pequeños productores agrícolas y el mejor reparto de las tierras, sin embargo, los tres prioritarios han sido los que se muestran en el siguiente esquema número 2.

Actualmente, el objetivo al que más prioridad se otorga es la eliminación de la dependencia energética y el crecimiento económico de la industria, quedando de lado tanto cuestiones ambientales como sociales que forman parte sólo del discurso.

Esquema 2. Principales motivaciones para el desarrollo de la industria de los biocombustibles



Fuente: Elaboración propia.

Las diferencias entre los objetivos que persigue cada país responden como es lógico a las necesidades más urgentes que tiene cada uno, no obstante, las similitudes son mayores, quizá lo que cambia es el orden de las prioridades y el impulso que se da para lograr dichos objetivos.

También son diferentes las formas que se utilizan para la consecución de dichos objetivos, dado que las capacidades y los problemas inmediatos que se tienen y que se deben resolver con la implementación de la industria son distintos;

En los países industrializados, las razones primarias tras promover su desarrollo han sido la promoción de sus sectores agrícolas, razones a las cuales en los últimos años se les han ido sumando objetivos de mitigación de gases invernadero. Los países en desarrollo, [...], ven a los biocombustibles como una forma de abordar una serie más amplia de objetivos de política, que abarca desde seguridad energética a mejoras en el resultado de la balanza de pagos, pasando por el desarrollo rural, la promoción de exportaciones y el cumplimiento de objetivos ambientales⁹⁶.

⁹⁶ Coelho en Annie Duffey, *Estudio regional sobre economía de los biocombustibles 2010: temas clave para los países de América Latina y el Caribe*, [en línea], 100 pp., Diálogo de políticas sobre desarrollo institucional e innovación en biocombustibles en América Latina y el Caribe, Santiago de Chile, CEPAL, 28 y 29 de marzo de 2011, Dirección URL: <http://www.cepal.cl/ddpe/agenda/2/42932/EstEconomiaBiocombustiblesDialPol.pdf>, [consulta: 1° de julio de 2013], p. 7.

Con los objetivos establecidos y priorizados dependiendo de los intereses de cada país, la industria de los biocombustibles líquidos es ya una realidad, sobre todo para el caso del etanol, cuyo desarrollo goza de mayor madurez que el del biodiesel, incluso se han implementado políticas y metas ambiciosas en cuanto a la producción del mismo.

A pesar de ello, dicha industria cuenta con algunos problemas más para lograr solidez, pues depende de diversos factores y relaciona estrechamente al sector agrícola, energético y económico. Entre los más destacados se encuentran la variación en su competitividad resultado de los constantes cambios en los precios del petróleo, lo que hace necesaria la participación incondicional del Estado en la dirección de la industria, así como también están presentes las críticas por la cantidad de emisiones de GEI y por el uso de productos alimenticios para la producción.

Además, aun cuando la industria de los biocombustibles se encuentra en una etapa de cierta madurez, todavía es incipiente y no se tiene un avance tecnológico deseado, esto resulta importante pues impide la competitividad comercialmente hablando de este tipo de combustibles volviéndolos totalmente dependientes de subsidios y otras ayudas del Estado.

El único caso que rompe con lo anterior es el de la industria brasileña del etanol, la cual hoy por hoy no requiere de medidas de apoyo estatales y se encuentra en condiciones de competencia frente a la gasolina, que es el principal producto derivado del petróleo al que se sustituye.

En el caso de la segunda generación de biocombustibles, que son a los que más se apuesta para lograr enfrentar todos los obstáculos que la industria de la bioenergía representa, tienen todavía más marcados todos los obstáculos anteriores, pues se encuentra en una etapa más temprana de su desarrollo.

Por otro lado, el tránsito hacia un nuevo sistema energético, que supone el empleo de biocombustibles como proveedor de la energía necesaria para sustentar el sector del transporte principalmente, implica también un reacomodo en los polos

de poder, debido a que en este rubro los países con mayor capacidad de producción son los conocidos como en vías de desarrollo, especialmente pertenecientes a América Latina, que actualmente son también importadores de petróleo y otros combustibles fósiles. Esto se debe a que cuentan con mejores características climáticas y geográficas (tienen mayores cantidades de tierras disponibles, menor necesidad de riego, gracias a la presencia constante de lluvias, entre otros factores) para el cultivo y el rendimiento energético de los insumos requeridos para la elaboración de combustibles como el etanol o el biodiesel.

3.1 Producción de biocombustibles

Al hablar de la producción de biocombustibles se tiene que tener en cuenta que no se trata de una actividad reciente, pues como se ha mencionado en el capítulo uno, ésta se ha llevado a cabo desde hace ya algunos siglos, sin embargo, la producción a gran escala que hoy en día se puede observar es reciente (desde inicios del presente siglo hasta la fecha), sobre todo para el caso del biodiesel.

Un factor importante para que así sucediera fueron los precios bajos y la abundancia de los combustibles fósiles y sus derivados, específicamente de la gasolina que se había tenido, no obstante, hoy las circunstancias son diferentes, el contexto está marcado por una situación de crisis energética y aumento en la temperatura media global y gracias a ello se ha vuelto a impulsar a la industria de la bioenergía.

En esta ocasión, además de retomar a los biocombustibles como una opción se le ha fortalecido e incluso se prepara a su industria para formar parte del nuevo sistema energético mundial; el ejemplo más acabado de ello es el que Brasil aporta.

Gracias a los intereses globales acerca de la eliminación de la dependencia energética y la reducción de emisiones de GEI, en lo que va del presente siglo XXI, la industria de los biocombustibles líquidos, se ha visto fortalecida e incluso

se ha pintado un panorama alentador y ambicioso sobre su crecimiento, tanto en producción como en consumo y comercio, incluso el número de países productores ha ido en aumento, entre otras cosas, ello se debe al alza de los precios del petróleo que se ha experimentado en los últimos decenios, así como también a la madurez de la industria y al avanzado nivel tecnológico tanto en la infraestructura requerida para la producción como en la utilizada en los automóviles que funcionan con este tipo de combustibles, esto claro aunado al apoyo constante que el Estado otorga en forma de subsidios y otras medidas de protección y fomento de la industria.

La tecnología de los vehículos de combustible flexible (FFV, por sus siglas en inglés) está lo suficientemente desarrollada como para permitir una introducción gradual de biocombustibles en cualquier país del mundo⁹⁷, en este rubro Brasil es igualmente líder pues su flota de este tipo de automóviles ha ido en constante crecimiento, en “[...] 2008 un 89% de los autos vendidos en Brasil eran FFV explicando en gran medida el fuerte crecimiento de la demanda interna⁹⁸.

Por otro lado, existen críticas hacia el apoyo otorgado a esta industria y hacia los ambiciosos objetivos planteados para la producción futura, debido a que los biocombustibles de primera generación son los que se comercian en la actualidad y no los de segunda generación.

La primera generación es la más utilizada gracias a la madurez de su desarrollo, la cual además de significar disponibilidad de tecnología, representa también viabilidad económica, no obstante, la investigación va más allá de limitarse a ella, pues existen fuertes impulsos enfocados en desarrollar de manera competitiva la segunda generación, sobre todo gracias a que existen fuertes críticas en torno al uso de productos alimenticios para la elaboración biodiesel y etanol.

Existen tres principales productores de biocombustibles líquidos que son: Estados Unidos, Brasil y la Unión Europea, aunque, dadas las actuales condiciones de emergencia energética y ambiental, la producción de este tipo de combustibles se

⁹⁷ *Ibidem*, p. 12.

⁹⁸ *Idem*.

ha visto impulsada en diversos países sobre todo latinoamericanos y asiáticos, algunos ejemplos son: Colombia, Argentina, Indonesia y Malasia.

Resulta importante saber esto por dos razones fundamentales, la primera es darse cuenta de que la industria de los biocombustibles se está perfilando de forma importante para ser el sustituto de la petrolera, por lo menos en cuanto a la satisfacción de la demanda de energía dentro del sector del transporte y la segunda es que son dichos países y regiones las que cuentan con las condiciones geográficas y climáticas requeridas para hacer de los biocombustibles una opción realmente competitiva, misma que en un futuro pueda funcionar sin la ayuda constante del Estado. Esto sucede sobre todo en el caso de los países tropicales y semi-tropicales, pues es en ellos en los que se obtienen mejores rendimientos energéticos.

[...] el feedstock (materia prima) cultivado en países tropicales otorga rendimientos energéticos casi cinco veces mayores que aquel cultivado en zonas templadas, a la vez que es altamente probable que los sistemas de producción en países en zonas tropicales utilicen una mayor proporción de aguas lluvias [sic] y sean menos intensivos en el uso de combustibles fósiles⁹⁹.

En la tabla número 6, se enlistan una serie de ejemplos, mismos que denotan el mayor rendimiento de los insumos o materias primas endémicas de zonas tropicales. Con dicha información también se puede aclarar un poco más el por qué es que Brasil, a pesar de no ser hoy por hoy el primer productor de etanol, es el más fuerte y con mayor capacidad de exportación, mientras que por otro lado también se observan las razones que hacen de Estados Unidos un país importador, no importando que sea el mayor productor de etanol a base de maíz hoy por hoy.

⁹⁹ Annie Dufey, et. al., *Biocombustibles como energía alternativa: una mirada hacia la región*, [en línea], 72 pp., Quito, Centro Ecuatoriano de Derecho Ambiental, mayo de 2009, Dirección URL: http://www.ceda.org.ec/descargas/publicaciones/Biocombustibles_como_energia_alternativa.pdf, [consulta: 20 de julio de 2013], p. 10.

Tabla 6. Rendimientos de los biocombustibles para diferentes materias primas y países

Cultivo	Estimaciones Mundiales/Nacionales	Biocombustible	Rendimiento del cultivo (Toneladas/ha)	Eficiencia de la conversión (Litros/toneladas)	Rendimiento del biocombustible (Litros/ha)
Remolacha azucarera	Mundial	Etanol	46,0	110	5060
Caña de azúcar	Mundial	Etanol	65,0	70	4550
Yuca	Mundial	Etanol	12,0	180	2070
Maíz	Mundial	Etanol	4,9	400	1960
Arroz	Mundial	Etanol	4,2	430	1806
Trigo	Mundial	Etanol	2,8	340	952
Sorgo	Mundial	Etanol	1,3	380	494
Caña de azúcar	Brasil	Etanol	73,5	74,5	5476
Caña de azúcar	India	Etanol	60,7	74,5	4522
Palma de aceite	Malasia	Biodiesel	20,6	230	4736
Palma de aceite	Indonesia	Biodiesel	17,8	230	4092
Maíz	Estados Unidos de América	Etanol	9,4	399	3751
Maíz	China	Etanol	5,0	399	1995
Yuca	Brasil	Etanol	13,6	137	1863
Yuca	Nigeria	Etanol	10,8	137	1480
Soya	Estados Unidos de América	Biodiesel	2,7	205	552
Soya	Brasil	Biodiesel	2,4	205	491

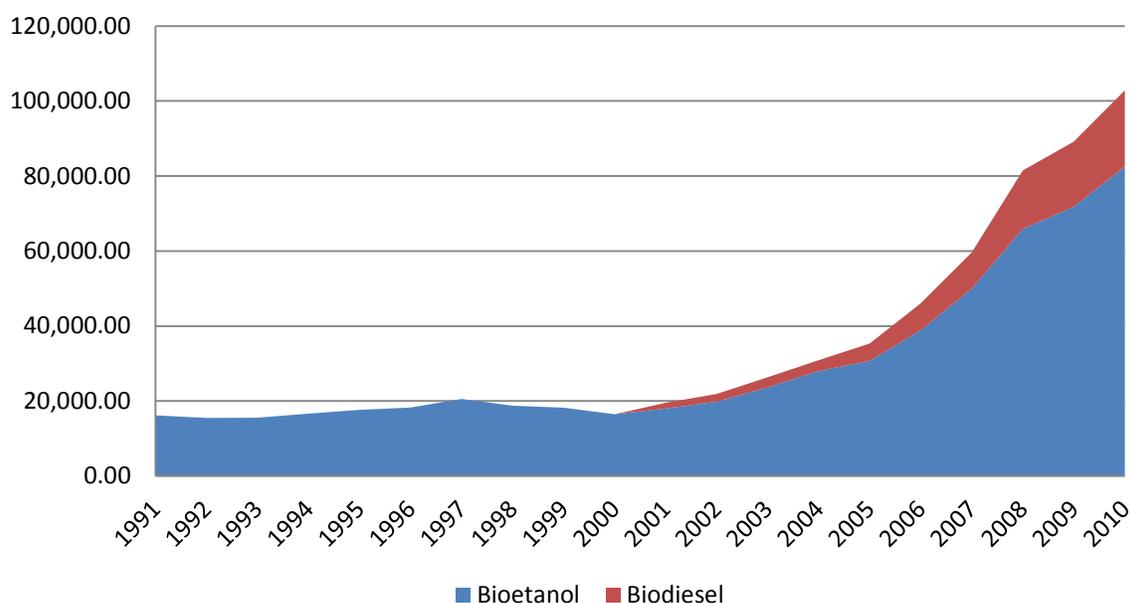
Fuente: elaboración propia con datos de: FAO, *El estado mundial de la agricultura y la alimentación, Biocombustibles: perspectivas, riesgos y oportunidades*, [en línea], 146 pp., Roma, Italia, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), 2008, Dirección URL: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/i0100s/i0100s.pdf>, [consulta: 10 de julio de 2013], p. 18.

Pese a que la producción de biocombustibles tiene pronósticos muy positivos en cuanto a las tasas de crecimiento, existen diversos factores que pueden cambiar el rumbo, ellos son, un posible desplome o baja significativa en los precios del petróleo y sus derivados, el aumento de los precios de los alimentos (los insumos utilizados para la producción de biocombustibles de primera generación) y las crisis económicas y financieras como las que se vivieron en 2008.

Por otro lado, los factores que permiten el crecimiento de dos dígitos¹⁰⁰ de la producción de biocombustibles es además de los ya mencionados (crisis energética, reducción de emisiones de GEI y reactivación del sector agrícola) la implementación de políticas energéticas cuyos objetivos en cuanto a la penetración de los biocombustibles en el sector energético, particularmente en el sector del transporte, son muy ambiciosos.

En la gráfica siguiente se puede observar la evolución que ha tenido la industria de los biocombustibles en cuanto a la producción de etanol y biodiesel. En ella se nota el despunte que dicha industria ha tenido desde principios del presente siglo XXI, además de que muestra que el auge del biodiesel es realmente reciente.

Gráfica 6. Producción anual de biocombustibles durante el período 1975-2010

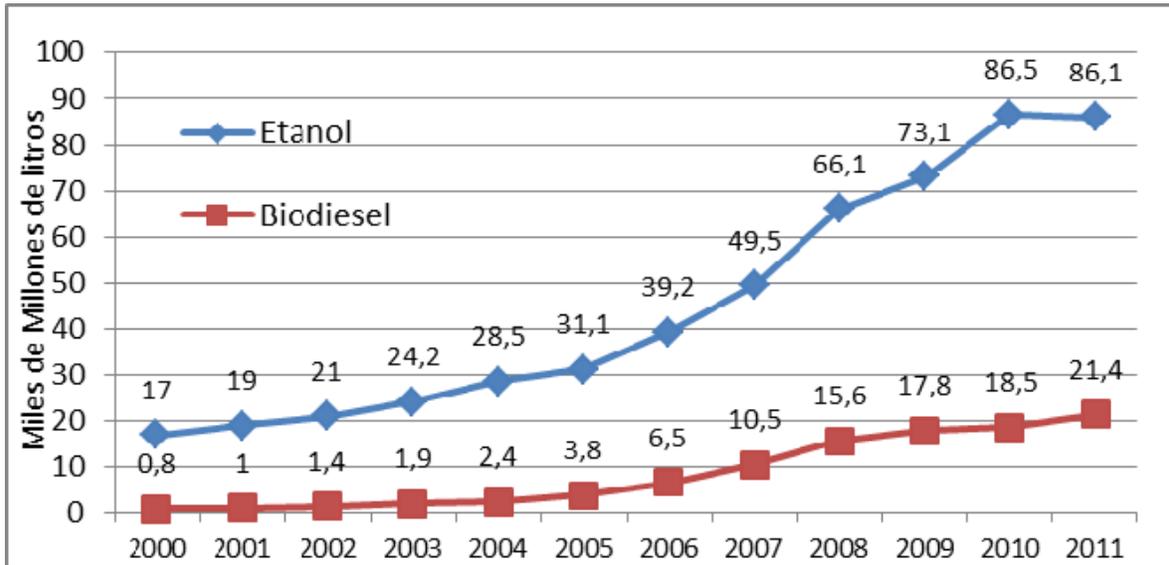


Fuente: Annie Duffey, *Estudio regional sobre economía de los biocombustibles 2010: temas clave para los países de América Latina y el Caribe*, [en línea], 100 pp., Diálogo de políticas sobre desarrollo institucional e innovación en biocombustibles en América Latina y el Caribe, Santiago de Chile, CEPAL, 28 y 29 de marzo de 2011, Dirección URL: <http://www.cepal.cl/ddpe/agenda/2/42932/EstEconomiaBiocombustiblesDialPol.pdf>, [consulta: 1° de julio de 2013].

¹⁰⁰ “[...] desde el año 2000 su producción ha crecido a un ritmo anual de 10% y durante el año 2009 se estimó que la producción de biocombustibles alcanzó un total de 90.187 millones de litros, de donde el 82% y 18% corresponden a bioetanol y biodiesel, respectivamente. Se estima que durante el año 2008 los biocombustibles dieron cuenta del 1,5% de los combustibles en el sector transporte mundial”. Annie Duffey, *Estudio regional...*, op.cit., p. 13.

Por otra parte, el gráfico número 7 muestra de manera más concreta los cambios que la producción de biodiesel y etanol tuvo durante la primera década del siglo en curso.

Gráfica 7. Producción Mundial de Biodiesel y Etanol durante el período 2000-2011



Fuente: REN21, *Renewables 2012 Global Status Report: Renewable Energy Policy Network for the 21st Century*, [en línea], 171 pp., Dirección URL: http://www.map.ren21.net/GSR/GSR2012_low.pdf, [consulta: 29 de abril de 2014], p. 37.

Pese a que en términos generales, la industria de los biocombustibles líquidos se encuentra en ascenso, en los últimos años también ha presentado variaciones negativas un ejemplo de ello es el descenso de la producción que en 2012 tuvo lugar.

En 2012, la producción combinada de etanol y biodiésel en todo el mundo cayó por primera vez desde el año 2000, concretamente un 0,4% respecto a 2011. La producción mundial de etanol se redujo ligeramente por segundo año consecutivo a 83.100 millones de litros, mientras que la de biodiésel aumentó marginalmente, de 22.400 millones de litros en 2011 a 22.500 millones de litros en 2012¹⁰¹.

¹⁰¹ S/a, *La producción mundial de biocombustibles cae por primera vez desde el año*, [en línea], residuosprofesional.com, 2000, 14 de abril de 2014, Dirección URL: <http://www.residuosprofesional.com/la-produccion-mundial-de-biocombustibles-cae-por-primera-vez-desde-el-ano-2000/>, [consulta: 15 de abril de 2014].

Variaciones como la anterior no habían tenido lugar, sin embargo, la industria se mantiene, sobre todo gracias al apoyo estatal que recibe.

3.1.1 Producción de etanol

Gracias a la madurez de la tecnología utilizada, las inversiones recibidas, y al apoyo estatal que cada productor ha llevado a cabo, el etanol es el biocombustible no tradicional más importante, utilizado sobre todo en el sector del transporte, un ejemplo de ello es que de la producción total de 2009 aproximadamente de un total de 90.187 millones de litros, el etanol representó el 82% mientras que el biodiesel llegó apenas al 18%¹⁰².

Los principales productores de etanol son sin lugar a dudas Estados Unidos y Brasil, quienes pelean el primer lugar sin encontrar aún otro rival importante. El primero superó los niveles de producción del segundo en 2005 y ha liderado la lista hasta el momento. En 2010 produjo “45.400 millones de litros, equivalentes al 54,7% de la producción global. (Mientras que) [...] Brasil produjo 27.520 millones de litros de bioetanol, equivalente al 33,2% de la producción mundial”¹⁰³.

No obstante, el primer lugar en la producción no necesariamente refleja eficiencia, así pues, se requiere de otros esfuerzos como la elaboración de planes, programas y políticas de mediano y largo plazo que permitan ir fortaleciendo a la industria. Un ejemplo de esto ha sido Brasil, pues gracias a las decisiones que se han tomado desde los años setenta hasta el momento, en combinación con las buenas condiciones geográficas con las que cuenta, se ha colocado en una posición privilegiada. En este país, durante “[...] el año 2007 los costos de producir bioetanol [...] eran aproximadamente 20 centavos de euro por litro, [mientras que]

¹⁰² Cfr., Annie Duffey, *Estudio regional...*, op.cit., p. 13.

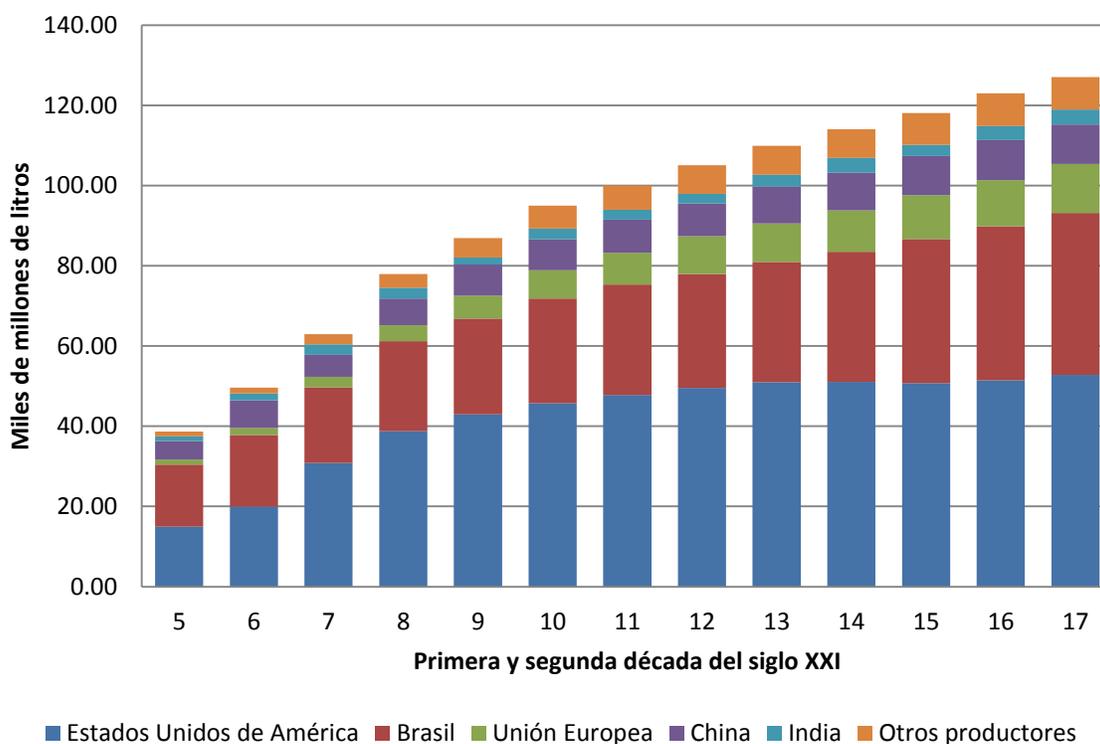
¹⁰³ *Ibidem*, p. 14.

en Estados Unidos los costos eran de 30 centavos de euro por litro y en la Unión Europea los costos alcanzan los 50 centavos de euro por litro”¹⁰⁴.

Los principales insumos utilizados para la elaboración de etanol son en orden de prioridad, el maíz, la caña de azúcar y otros como remolacha, trigo, cebada, sorgo, etc.

En la grafica 8 se muestran, además de los datos ya mencionados sobre los principales países y grupos de ellos, productores de etanol; proyecciones hasta 2017, con las que se puede decir que tanto Estados Unidos como Brasil, seguirán disputándose el primer lugar de la lista. Así mismo, se puede observar una entrada fuerte de nuevos productores.

Gráfica 8. Principales productores de etanol, con proyecciones hasta 2017



Fuente: FAO, *El estado mundial de la agricultura y la alimentación, Biocombustibles: perspectivas, riesgos y oportunidades*, [en línea], 146 pp., Roma, Italia, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), 2008, Dirección URL: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/i0100s/i0100s.pdf>, [consulta: 10 de julio de 2013], p. 54.

¹⁰⁴ *Idem.*

3.1.2 Producción de biodiesel

La producción a gran escala de biodiesel es aún incipiente y comparada con la del etanol es relativamente reciente, pues surge en la década de los años noventa liderada por la Unión Europea, sin embargo, hoy en día, sin duda existen otros países productores entre los que destacan Argentina, Brasil y Estados Unidos.

Aún cuando la Unión Europea es el principal productor, es también el principal consumidor y países como Argentina se promueven como los posibles abastecedores de dicha demanda en un futuro no muy lejano.

Las materias primas más utilizadas en la elaboración de biodiesel son: aceite de soya, aceite de palma, aceite de coco y jatropha¹⁰⁵. En la actualidad se lleva a cabo el uso de aceites derivados de las actividades humanas, no obstante, aún se hace de manera limitada.

“En su totalidad, el biodiesel corresponde aproximadamente a un 2% de la producción mundial de aceite vegetal”¹⁰⁶.

En la grafica 9 se muestran, además de los datos ya mencionados sobre los principales países y grupos de ellos, productores de biodiesel; proyecciones que ponen de manifiesto una continuidad en el liderazgo de la Unión Europea y un crecimiento de la producción de países tropicales principalmente, tales como, Indonesia, Malasia y Brasil.

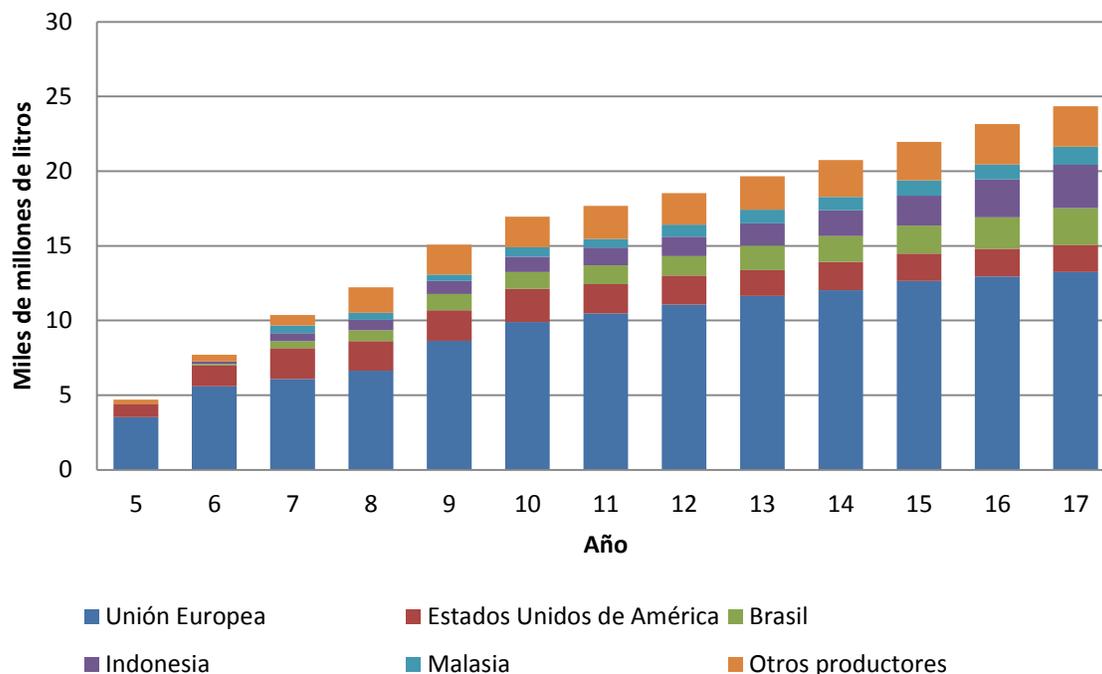
Resulta también relevante, el que la gráfica exponga un descenso en la producción estadounidense; una vez más queda claro que las ventajas

¹⁰⁵ Es una planta que “Se le localiza en climas tropicales y semi-tropicales, es un arbusto-árbol que llega a medir de 1 a 8 metros y se desarrolla en altitudes que van de 5 a 1,500 metros sobre el nivel del mar. Crece en suelos pobres y arenosos, es resistente a la sequía y la semilla posee un importante contenido de proteína y de grasa, [...]. Es una planta perenne que vive entre 40 y 50 años. Puede comenzar a producir desde el primer año, pero su máximo de producción lo alcanza hasta los 5 años de vida. Se cultiva en India, África y Centroamérica para obtener biodiesel”. SAGARPA, *Producción de biodiesel a partir de jatropha*, [en línea], México, bioenergéticos.gob.mx, Dirección URL: <http://www.bioenergéticos.gob.mx/index.php/biodiesel/produccion-a-partir-de-jatropha.html>, [consulta: 1° de marzo de 2014].

¹⁰⁶ Johnston y Holloway en Annie Duffey, *Estudio regional...*, op. cit., p. 19.

comparativas que otros países tienen, compensan el menos avance tecnológico de los mismos.

Gráfica 9. Principales productores de biodiesel, con proyecciones hasta 2017



Fuente: FAO, *El estado mundial de la agricultura y la alimentación, Biocombustibles: perspectivas, riesgos y oportunidades*, [en línea], 146 pp., Roma, Italia, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), 2008, Dirección URL: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/i0100s/i0100s.pdf>, [consulta: 10 de julio de 2013], p. 56.

3.2 Consumo de biocombustibles

Si bien la producción de biocombustibles se encuentra en crecimiento y con objetivos ambiciosos, el consumo de los mismos aún es mayoritariamente interno, pocos países entre ellos Brasil, pueden dedicar algún porcentaje de su producción a la exportación gracias a su eficiencia, en el caso de dicho país se destina alrededor de 15%¹⁰⁷. No obstante, debido a que se prevé un crecimiento en el consumo igualmente se prevé que se sumen otros países a la categoría de exportadores, sobre todo países latinoamericanos y del sudeste asiático los

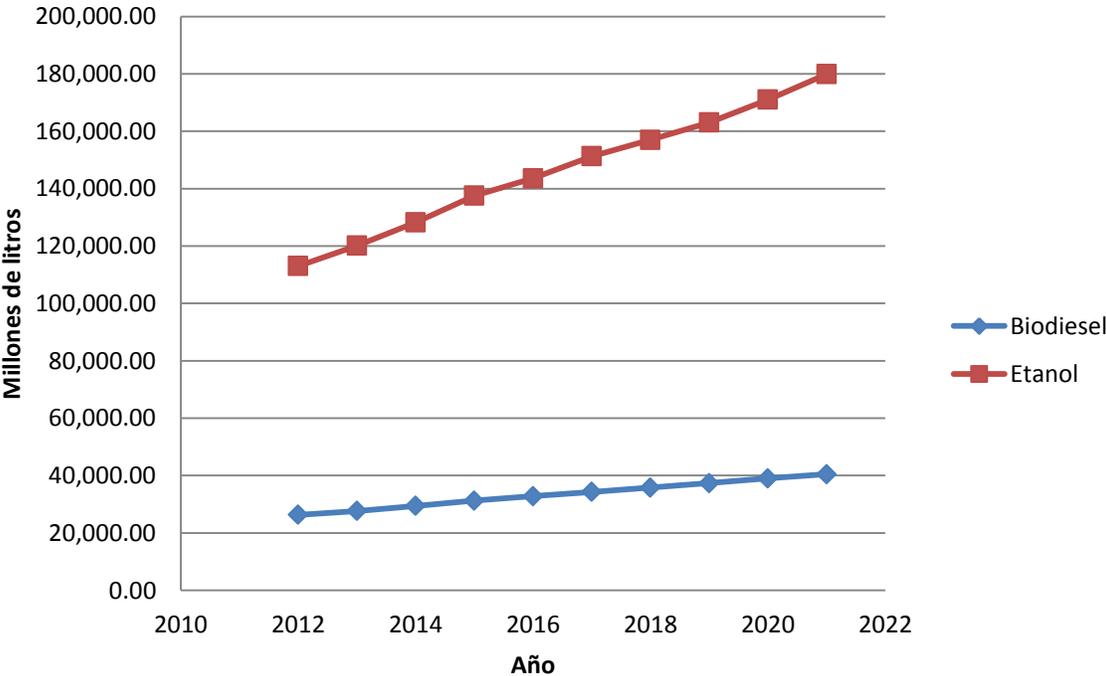
¹⁰⁷ Cfr., Annie Duffey, *Estudio regional...*, op. cit., p. 15

cuales, como se mencionó anteriormente, cuentan con las características geográficas y ambientales propias para hacer de la industria una que distinga por ser intensiva.

En diversos países tales como Estados Unidos, pese a que la producción no ha dejado de crecer se debe recurrir a las importaciones de etanol, debido a que el consumo también va en aumento, empero, en otros países ser importadores se debe a la falta de tierras cultivables que permitan la extensión de su industria, como en el caso de la Unión Europea, en donde la mayoría de los países que la conforman no tienen las condiciones necesarias ni de clima ni de cantidad de tierra disponibles para una amplia explotación de los biocombustibles especialmente del etanol.

En Brasil alrededor del 50%¹⁰⁸ del consumo de combustibles para el transporte se satisface con etanol.

Gráfica10. Consumo mundial de biocombustibles, con proyecciones hasta 2021



Fuente: OECD, *Biofuel-OECD-FAO Agricultural Outlook 2012-2021*, [en línea], Dirección URL: https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=HIGH_AGLINK_2012, [consulta: 1 de mayo de 2014].

¹⁰⁸ S/a, “Más de 50% ...”, *op. cit.*, s/p.

En la gráfica anterior, se puede observar que no se prevén cambios radicales en cuanto al consumo de biocombustibles; se expone también el avance acelerado del consumo de etanol, mientras que el del biodiesel, irá de poco a poco.

3.3 Políticas sobre biocombustibles a nivel internacional

La industria de los biocombustibles ha ido en constante ascenso y se pronostica que esto continúe, sin embargo, es necesario recalcar que no funciona de la misma manera en la que lo hacen otras, es decir, no responde a las leyes básicas del mercado, debido a la poca competitividad que sus productos tienen frente a los combustibles como la gasolina, así pues el apoyo estatal se ha convertido en la base principal para impulsar además de la producción, también el consumo y el comercio.

Otro elemento que vuelve necesaria la presencia del Estado en el andamiaje de la industria es la necesidad de utilizar biocombustibles de forma masiva para lograr objetivos ambientales y energéticos.

En general, todos los países que se han aventurado en el desarrollo de esta industria han tenido que recurrir a un mismo patrón de apoyo estatal, no obstante, en la actualidad Brasil se encuentra en una etapa superior del proceso y ya no requiere de la misma presencia.

El apoyo que el Estado brinda se encuentra enmarcado en una serie de políticas elaboradas por cada país según sus necesidades, pero que en general se caracterizan por ser ambiciosas tanto en los niveles de producción por alcanzar como en el tiempo en el que se hará, además de ser políticas de largo plazo. Algunos de los instrumentos de los que se sirven los Estados para impulsar a la industria, son subsidios directos o indirectos, excenciones tributarias, certificaciones y especificaciones técnicas.

En los casos como el de Brasil, Estados Unidos y la Unión Europea, las políticas implementadas abarcan de una u otra forma todo el proceso productivo, no

obstante, en el resto de los países productores, éstas pueden concentrarse sólo en algunas etapas del mismo.

Las políticas de la misma forma en que la industria lo hace, van transitando hacia otras etapas que requieren menor presencia estatal y que al mismo tiempo abren más las puertas al sector privado.

[...] en la medida que los niveles de producción han ido creciendo, los principales países productores han ido pasando de un enfoque más basado en los subsidios a uno con un mayor enfoque en metas de penetración. Entre las principales razones se encuentran los costos de los subsidios, los que se incrementan en la medida que aumenta la producción. El costo de los mandatos, por su parte, es absorbido por el consumidor final¹⁰⁹.

De igual manera también se van corrigiendo y flexibilizando las metas planteadas dentro de dichas políticas; recientemente surgieron dos casos uno en Estados Unidos y otro en la UE.

En el primer caso, el gobierno de Estados Unidos tomó la decisión de “disminuir la meta de producción de biocombustible celulósico de 100 millones de galones a 6,5 millones de galones equivalentes de bioetanol, mediante el Estándar de Combustibles Renovables 2 publicado en febrero de 2010”¹¹⁰, mientras que en el segundo la Comisión del Medio Ambiente del Parlamento Europeo realizó una propuesta respecto a:

[...] limitar a un máximo de 5,5 % el porcentaje de biocombustibles de primera generación en el consumo total de energía para fines de transporte. [...] (lo cual) supone una corrección a la política de incentivo de los biocombustibles que obligaba a que los carburantes renovables ascendieran a por lo menos un 10% del total del combustible empleado en el transporte europeo de aquí al 2020¹¹¹.

¹⁰⁹ Tyner en Annie Duffey, *Estudio regional...*, op. cit., p. 33.

¹¹⁰ Gibson en *idem*.

¹¹¹ Eva Usi, “Expertos cuestionan la política de biocombustibles de la UE”, [en línea], Alemania, DW, Actualidad, Ciencia y Ecología, 12 de agosto de 2013, Dirección URL: <http://www.dw.de/expertos-cuestionan-la-pol%C3%ADtica-de-biocombustibles-de-la-ue/a-17012598>, [consulta: 13 de agosto de 2013].

Ambos casos responden a diferentes causas, el primero se debió a una cuestión de incapacidad tecnológica para producir biocombustibles tanto de primera como de segunda generación, mientras que, el segundo se debe a preocupaciones sobre la seguridad alimentaria y ambiental.

En general, las políticas implementadas han sido importantes pues: “[...] han posicionado a los biocombustibles como productos estratégicos desde la perspectiva de la seguridad energética [...], desde el punto de vista de la reactivación del agro y surgimiento de fuertes sectores agroindustriales y el crecimiento de la inversión privada en la generación de combustible, y desde las perspectivas de la reducción del cambio climático”¹¹².

Existen muchas similitudes en las políticas que los países productores implementan, no obstante, existen también diferencias que han vuelto difícil sobre todo al comercio de biocombustibles.

Debido a ello, se han creado diferentes organismos encargados de la dirección general de las políticas en materia de biocombustibles, éstos tienen la ardua tarea de tratar de homologar todo el sistema de la bioenergía para su mejor funcionamiento y crecimiento, entre ellos se pueden mencionar a la Asociación Mundial de la Bioenergía, la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático, la Plataforma de Bioenergía Internacional de la FAO, el Foro Internacional de Biocombustibles, el Programa Mediterráneo de Energías Renovables, la Red de Políticas de Energía Renovable para el siglo XXI, la Alianza para la Energía Renovable y la Eficiencia Energética, La Iniciativa sobre Biocombustibles de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo.

En cuanto al comercio de biocombustibles, si bien la Organización Mundial del Comercio (OMC) aún no lo regula, se puede llevar a cabo gracias al Acuerdo General sobre Aranceles Aduaneros y Comercio (GATT por sus siglas en inglés). Además otros acuerdos de la OMC que se emplean, entre ellos están el Acuerdo

¹¹² Annie Dufey, et. al., *Biocombustibles como energía alternativa...*, op. cit., p. 5.

sobre la Agricultura, el Acuerdo sobre Obstáculos Técnicos al Comercio, el Acuerdo sobre la Aplicación de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias y el Acuerdo sobre Subvenciones y Medidas Compensatorias¹¹³.

3.4 Políticas sobre biocombustibles y principales objetivos de producción de los principales países productores

Si bien es cierto que la mayor parte de los países productores de biocombustibles a nivel internacional, implementan un sistema de políticas e instrumentos más o menos similar, también lo es el hecho de que tanto Estados Unidos como Brasil y la Unión Europea, se encuentran en una etapa superior de los mismos que los hace destacar e incluso posicionarse a la cabeza en la industria de los biocombustibles.

Existe también, otro factor que vuelve necesario ahondar en la información de cada uno de estos actores y es el hecho de que aún cuando son los que cuentan con modelos más acabados, éstos no son iguales, aunque comparten algunos elementos característicos.

En los tres casos se abarcan todas o casi todas las áreas de influencia de la industria, además de que han sabido explotar sus ventajas comparativas al máximo para posicionarse como los principales productores, a pesar de que no todos utilizan insumos con alto contenido energético, salvo en el caso de Brasil.

Para el éxito de sus industrias se ha tenido que construir una estructura fuerte en la que la presencia del Estado ha sido primordial, no obstante, no se ha dejado de lado a la participación privada; se ha logrado así un equilibrio que, si bien no es perfecto, es muy funcional.

¹¹³ FAO, *El estado mundial de la agricultura y la alimentación, Biocombustibles: perspectivas, riesgos y oportunidades*, [en línea], 146 pp., Roma, Italia, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), 2008, Dirección URL: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/i0100s/i0100s.pdf>, [consulta: 10 de julio de 2013], p.60.

3.4.1 Estados Unidos

Estados Unidos además de ser el principal productor de etanol en el mundo, es uno de los países con mayor historia en la producción de biocombustibles, su experiencia data desde finales del siglo XIX y principios del siglo XX, gracias a los inventos de Henry Ford, primero con el automóvil llamado Quadricycle¹¹⁴ y posteriormente en el año 1908¹¹⁵, con el primer diseño del automóvil modelo T; ambos funcionaban con etanol como combustible.

Este país, de la misma manera en la que lo hizo Brasil apostó por la industria de la bioenergía colocando al etanol en varias ocasiones dentro de su matriz energética, un ejemplo de ello sucedió “durante los años veinte cuando la *Standard Oil* empleó una mezcla de etanol con gasolina de un 25%, sin embargo, los altos precios del maíz, el almacenamiento y las dificultades en el transporte, hicieron abandonar el proyecto”¹¹⁶. Así pues, de la misma manera en la que lo hicieron los demás países y productores de biocombustibles en el mundo, Estados Unidos dejó en el olvido su industria, debido a la abundancia y bajos precios de recursos fósiles como el petróleo.

No obstante, se retomó con mayor fuerza la producción de dichos combustibles y en general el desarrollo de toda la industria durante la década de los años sesenta, aunque volvieron a ser relegados por un nuevo boom petrolero, sin embargo, la crisis petrolera de 1973 planteó nuevas inquietudes como aquella que surgió sobre la seguridad energética volviendo así a poner en la escena a los biocombustibles con el objetivo de eliminar la dependencia que se tenía de los principales países petroleros.

Con este objetivo, en 1978 se promulgó la Ley del impuesto sobre la energía, la cual “[...] representó el punto de partida para los incentivos financieros en la producción de biocombustibles. Este decreto otorgaba una exención de impuestos

¹¹⁴ Carlos Álvarez Maciel, *op. cit.*, p. 68.

¹¹⁵ Edmar Salinas Callejas, Víctor Gasca Quezada, *Los biocombustibles*, [en línea], México, El Cotidiano 157, La crisis energética, Universidad Autónoma Metropolitana, Azcapotzalco, Dirección URL: <http://www.redalyc.org/pdf/325/32512739009.pdf>, [consulta: 10 de febrero de 2010].

¹¹⁶ Cfr., *idem*.

sobre la venta de mezclas de combustibles alcohólicos de un 100 por ciento del impuesto sobre la gasolina [...]”¹¹⁷. Así pues en 1979, sobre esta base comenzó la comercialización de una “[...] mezcla de gasolina y etanol. Los combustibles alternativos se convirtieron en la solución al posible problema que representaba el agotamiento de los recursos no renovables”¹¹⁸.

Sin embargo, aún con la mencionada ley y con la experiencia que se tenía en el tema no fue sino hasta la década de los ochenta cuando comenzó realmente el desarrollo de la industria de los biocombustibles con un objetivo adicional que era hacer frente a la crisis del maíz que se estaba experimentando.

Posteriormente, surgieron otros decretos que mantuvieron la producción hasta que en 1990, como en otros casos se añaden objetivos medioambientales a las políticas energéticas y “[...] con la prohibición del MTBE¹¹⁹ [...] el etanol comenzó a ser ampliamente utilizado”¹²⁰.

Así, poco a poco la producción, el consumo del etanol y la apuesta por otros biocombustibles como el biodiesel fue creciendo, empero, desde el inicio del presente siglo comenzó una gran actividad en los órganos de gobierno que permitieron acelerar dicho crecimiento y posicionar al país como el principal productor de etanol a nivel internacional.

Esta actividad está marcada por el número de leyes y decretos realizados, de los cuales los más importantes han sido: el Acta de Investigación y Desarrollo de la Biomasa del 2000 (*Biomass Research and Development Act of 2000*), la Ley Agrícola del 2002 (*Farm Bill of 2002*), la Ley de creación de empleos de 2004, la

¹¹⁷ FAO, *El estado mundial de la agricultura...*, op. cit., p. 40.

¹¹⁸ S/a, *Historia de los biocombustibles*, [en línea], Dirección URL: <http://193.146.36.56/aulaempresa/trabajos/TRABAJOS%202006/Iria%20Regueiro,%20Teresa%20Otero,%20Den%C3%ADs%20L%C3%B3pez/Biodiesel.pdf>, [consultado: 19 de septiembre de 2010].

¹¹⁹ “El éter metil tert-butílico (MTBE) es un líquido inflamable de olor característico desagradable. Se fabrica combinando sustancias químicas como isobutileno y metanol, y se ha usado desde los 1980s como aditivo para lograr mejor combustión de la gasolina sin plomo”. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, “ToxFAQs - Éter metil tert-butílico (MTBE) (Methyl Tert-Butyl Ether)”, [en línea], ATSDR, Buford Hwy NE, Atlanta, Dirección URL: http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts91.html, [consulta: 17 de julio de 2014].

¹²⁰ Dufey en Annie Duffey, *Estudio regional...*, op. cit., p. 36.

Ley de Política Energética de 2005 (*Energy Policy Act of 2005*), la Ley de Independencia y Seguridad Energética de 2007 (*Energy Independence and Security Act of 2007*), las cuales además de otorgar instrumentos de ayuda para la producción, tales como exenciones fiscales y obligaciones de mezcla, también establecen objetivos y metas de producción en plazos específicos, entre ellos hay algunos de largo plazo, sin embargo, no todos tienen esta característica; otros gracias a lo ambicioso de sus números, en algunas ocasiones han tenido que ser modificados.

Con el Acta de Investigación y Desarrollo de la Biomasa, “tanto el Departamento de Energía (*Department of Energy*) como el Departamento de Agricultura (*Department of Agriculture*) quedaron encargados de la coordinación a nivel federal de la investigación y desarrollo relacionados con los biocombustibles y subproductos asociados a la transformación de la biomasa”¹²¹.

Con ello, se ha impulsado el desarrollo de nuevas tecnologías para la producción de etanol principalmente y otros biocombustibles como el biodiesel y el biogás. La meta principal es implementar tecnologías avanzadas y eliminar el uso de insumos como el maíz y otros de corte alimenticio.

En cuanto a la Ley Agrícola se debe decir que fue un instrumento de la divulgación de las ventajas que el desarrollo de la industria de los biocombustibles traería consigo. Por otro lado la Ley de creación de empleos de 2004 “[...] introdujo el impuesto selectivo al consumo volumétrico de bioetanol (VEETC por sus siglas en inglés) y un crédito fiscal de US\$ 0,1347 por litro de bioetanol para mezcladores o minoristas. Este fue posteriormente modificado en el año 2008 a US\$ 0,1189 por litro y además se introdujo un crédito fiscal de US\$ 0,2668 por litro para el bioetanol en base a celulosa”¹²².

Por su parte la Ley de Política Energética del 2005 se concentró en establecer metas y objetivos de producción más concretos y estableció el Estándar de

¹²¹ Carlos Álvarez Maciel, *op. cit.*, p. 69.

¹²² FAO, en Annie Duffey, *Estudio regional...*, *op. cit.*, p. 36.

Combustibles Renovables (RFS por sus siglas en inglés) el cual plantea volúmenes de participación de los biocombustibles en la matriz energética estadounidense requeridos para años determinados.

El RFS [...] requiere que la producción de combustible de EE.UU. incluya un mínimo monto de combustibles en base a fuentes renovables, el cual fue modificado posteriormente en 2007. En su versión de 2007, el RFS establecía un total de 4 billones de galones (15.000 millones de litros) en 2006, incrementándose gradualmente hasta alcanzar un volumen de 9 billones de galones (34.000 millones de litros) de combustibles renovables para el 2008 hasta llegar paulatinamente a 36 billones de galones (136.000 millones de galones) en el año 2022. De éstos últimos, un 60% debe provenir de biocombustibles avanzados (donde un 75% a partir de celulosa y un 25% de biocombustibles avanzados indiferenciados como el biodiesel y bioetanol en base [sic] a caña de azúcar)¹²³.

Para la consecución de dichas metas esta ley estableció también una serie de incentivos fiscales a la producción y uso de biocombustibles, entre los cuales destacan “[...] el Incentivo al Pequeño Productor de Etanol (Small Ethanol Producer Tax Credit), el Incentivo al Pequeño Productor de Agrobiodiesel (Small Agri-Biodiesel Producer Tax Credit) y un crédito a la compra de equipo surtidor de combustibles alternativos”¹²⁴.

Posteriormente, además de dichos incentivos también se otorgaron créditos para la obtención de vehículos que pudieran funcionar con biocombustibles o cualquier tipo de energía renovable.

Por último, la Ley de Independencia y Seguridad Energética de 2007, se caracteriza por promover el uso de los biocombustibles más allá del sector de los transportes realzando su uso incluso en la producción de otros combustibles líquidos además de que “a través del Programa de Biomasa ha otorgado más de US\$ 500 millones durante el período fiscal 2008-2015 para promocionar el desarrollo y uso de biotecnologías y otros procesos para la producción de

¹²³ U.S. Congress, en Annie Duffey, *Estudio regional...*, op. cit., p. 37.

¹²⁴ Carlos Álvarez Maciel, op. cit., p. 69.

biocombustibles avanzados a partir de cultivos celulósicos de forma que sean competitivos”¹²⁵.

En el caso estadounidense de la misma manera que en el brasileño, se ha apostado también por la cooperación con otros productores, un ejemplo de ello ha sido la “[...] asociación energética [entre el gobierno de Estados Unidos y el gobierno de Brasil] con la finalidad de impulsar el uso del etanol y el biodiesel en Norteamérica y Sudamérica. [con ello se] inició un esfuerzo entre sociedades químicas, universidades, empresas e instituciones gubernamentales de ambos países para fomentar la investigación y desarrollo de los biocombustibles. De esta forma, ambos gobiernos buscan convertir al etanol en un commodity mundial”¹²⁶.

Tal como se puede apreciar, sobre todo en las dos últimas leyes, Estados Unidos promueve intensamente el tránsito hacia la segunda generación de biocombustibles, no obstante, debido a lo ambicioso de sus metas y al poco avance científico para la consecución de las mismas, en diversas ocasiones se han tenido que modificar para hacerlas más flexibles, ya sea estableciendo otro plazo o estipulando un volumen menor de producción.

Una de esas modificaciones sucedió en febrero de 2010, cuando “considerando atrasos en la disponibilidad comercial de los biocombustibles de segunda generación, EE.UU. tomó la resolución de disminuir la producción de biocombustible celulósico de 100 millones de galones a 6,5 millones de galones equivalentes de bioetanol”¹²⁷.

Gracias a los resultados obtenidos con el establecimiento de estas políticas y reglamentaciones en 2008¹²⁸ Estados Unidos se posicionó como el primer productor mundial de etanol, superando con ello a Brasil, pese a ello no había podido dejar de importar ese mismo combustible, debido a su creciente demanda interna.

¹²⁵ FAO en Annie Duffey, *Estudio regional...*, op. cit., p. 37.

¹²⁶ Carlos Álvarez Maciel, op. cit., p. 70.

¹²⁷ Gibson en Annie Duffey, *Estudio regional...*, op. cit., p. 38.

¹²⁸ Carlos Álvarez Maciel, op. cit., p. 72.

Actualmente, la industria bioenergética de Estados Unidos es un caso exitoso, considerando que durante 2012 produjo 55,288.74 millones de litros¹²⁹ y se prevé que para el presente año produzca alrededor de 58,949.25 millones de litros¹³⁰, según datos de la OCDE, aunque de cualquier manera queda mucho que hacer, pues con todo y las cifras tan altas de producción no es autosuficiente y debido a ello recurre a las importaciones de etanol brasileño principalmente para lograr la satisfacción de la demanda interna. Además los precios de sus biocombustibles todavía se encuentran vulnerables y en desventaja frente a los precios de los derivados del petróleo, lo que hace necesaria una presencia importante del Estado en forma de subsidios, exenciones fiscales y aranceles a etanol y biodiesel procedentes del extranjero.

Pese a que hoy por hoy Estados Unidos como productor de biocombustibles, se encuentra en un lugar privilegiado, la consecución de sus metas, se encuentra ante la necesidad de expandir sus tierras agrícolas destinadas a los cultivos energéticos, algunos textos mencionan que “sería necesario hacer uso del 80% de las tierras agrícolas o el 60% de los pastizales, esto debido a que aún no se logra hacer de los biocombustibles a partir de celulosa una opción viable. Al respecto la Academia Nacional de Ciencias (National Academy of Sciences, NAS por sus siglas en inglés) en su reporte titulado Renewable Fuel Standard: Potential Economic and Environmental Effects of U.S. Biofuel Policy, expone que un barril de petróleo alcance aproximadamente los \$200 dólares, el mercado de celulosa no será económicamente viable sin subvenciones u otros apoyos del gobierno”¹³¹.

¹²⁹ OECD-FAO, *Agricultural Outlook 2011-2020: BIOFUEL*, [en línea], OECD.StatExtracts, Dirección URL: <http://stats.oecd.org/Index.aspx?QueryId=30107>, [consulta: 8 de septiembre de 2013].

¹³⁰ *Idem*.

¹³¹ *Cfr.*, Wallace E. Tyner, “Biofuels Miss the Mark—So Far: Meeting U.S. goals for biofuels will require new land-use and incentive policies”, [en línea], WFS, The Futurist, julio-agosto de 2012, Vol. 46, No. 4, Dirección URL: <http://www.wfs.org/futurist/july-august-2012-vol-46-no-4/biofuels-miss-mark%E2%80%94so-far>, [Consulta: 22 de marzo de 2014].

3.4.2 Brasil

Brasil es un caso *sui generis* dentro de la industria de los biocombustibles a nivel internacional, pues actualmente es el país que cuenta con el modelo más acabado; el etanol que produce es el único biocombustible con capacidad para competir con los derivados del petróleo tales como: la gasolina, además de que realmente el Estado ha dejado de tener un papel de protector de la industria, para convertirse en regulador de la misma con una participación parcial.

Claro está que dicha situación es el resultado de un proceso que ha llevado su tiempo, pues Brasil es pionero en el uso y desarrollo de los biocombustibles e incluso en implementar reglamentos y políticas encaminadas en dicha dirección, a diferencia de muchos países productores que hoy se empiezan a aventurar en el camino del uso y producción, no sólo de los biocombustibles sino de las energías renovables en general, éste ha desarrollado su industria desde la década de 1920¹³², año en el que el resto del mundo apostaba cien por ciento a los combustibles fósiles.

En particular la industria brasileña se ha concentrado en la producción de etanol, gracias a que cuenta con ventajas comparativas para ello. Este biocombustible en un primer momento “se utilizaba como un aditivo y desde 1931 fue añadido a la gasolina gracias a un decreto”¹³³, no obstante, el inicio real del desarrollo de los biocombustibles en este país tiene lugar en los años setenta, específicamente en 1975, cuando el gobierno de Ernesto Geisel¹³⁴ lanzó el Programa Nacional de Alcohol (PROALCOOL por sus siglas en portugués)¹³⁵, con el que se pretendía eliminar la dependencia petrolera después de la crisis de 1973.

¹³² Cfr., *Gobierno de Brasil, Energía. Biocombustibles, op. cit., s/p.*

¹³³ *Idem.*

¹³⁴ Militar y político brasileño, nacido en 1908 en el seno de una familia luterana en Bento Gonçalves, fue presidente de Brasil en el período de 1974 a 1978 y falleció en 1996 en Río de Janeiro. Cfr., *S/a, Ernesto Geisel*, [en línea], Biografíasyvidas.com, Dirección URL: <http://www.biografiasyvidas.com/biografia/g/geisel.htm>, [consulta: 6 de octubre de 2013].

¹³⁵ Dominique Delaunay, *Los Biocarburantes en Brasil*, [en línea], Bruselas, Parlamento Europeo, octubre de 2007, Dirección URL:

Con este programa, el gobierno brasileño estableció un volumen de compras de etanol por parte de Petrobras¹³⁶, mediante un precio determinado para éste; se otorgaron incentivos para lograr la captación de inversión en el sector y se subvencionó la compra de vehículos funcionales con etanol puro denominados *flex fuel*¹³⁷.

Sin embargo, con el nuevo boom del petróleo en los años ochenta y el descubrimiento de yacimientos petroleros en Brasil, la producción de los biocombustibles quedó de lado, además de que se otorgó mayor importancia a la producción de azúcar.

Posteriormente en la década de los noventa se comenzó una nueva oleada para el desarrollo de los biocombustibles y se hizo una revisión al programa PROALCOOL, con la cual se eliminaron las subvenciones para la compra de vehículos *flex fuel*, se otorgó una desgravación fiscal total para la venta de etanol y se planteó la obligación de añadir etanol a la gasolina en una proporción del “[...] 22 al 24%, determinada por el gobierno”¹³⁸.

En esta ocasión además de eliminar la dependencia energética de Brasil, se pretendía también combatir el Cambio Climático, mediante la reducción de emisiones de GEI, lo que se sustentó gracias a los argumentos que existen a favor de que los biocombustibles generan una menor cantidad de las mismas.

Cabe destacar, que la participación que el Estado tiene dentro de esta industria, no sólo tiene que ver con la elaboración de políticas, sino también con acciones más concretas como la alianza que el gobierno hizo en 2003 con empresas del sector automovilístico, gracias a la cual se comenzaron a fabricar autos *flex fuel*.

http://www.europarl.europa.eu/meetdocs/2004_2009/documents/nt/692/692070/692070es.pdf,

[consulta: 25 de mayo de 2010].

¹³⁶ Es la mayor empresa energética brasileña, de carácter mixto, es decir, que cuenta con participación tanto pública como privada.

¹³⁷ S/a, *Brasil defiende la producción de biocombustibles por su ecología*, [en línea], noticias.terra.es, economía, lunes 1 de junio de 2009, <http://noticias.terra.es/economia/2009/0601/actualidad/brasil-defiende-la-produccion-de-biocombustibles-por-su-ecologia.aspx>, [consultado: 9 de septiembre de 2009].

¹³⁸ *Idem*.

Si bien el biocombustible líquido que representa a la industria brasileña es el etanol, se ha pretendido diversificar la matriz energética, de manera tal que se produzcan y consuman todos los tipos de energía incluido ahí el biodiesel. Así pues, en 2004 se lanzó el Programa Nacional de Producción y Uso de Biodiesel, con el cual se comenzó la etapa experimental utilizando para ello aceites vegetales y tecnología de las refinerías de PETROBRAS.

En 2005 se emitió la Ley 11.097/2005, con la cual se establecieron los porcentajes mínimos que se deberán manejar en las mezclas de biodiesel con diesel derivado del petróleo.

De acuerdo a esta ley, en el período 2005-2007 se autoriza 2% de biodiesel mezclado con el diesel convencional; en el período 2008-2012 es obligatoria la mezcla a 2%; y a partir de 2013, el diesel tradicional debe contener mínimo 5% de biodiesel. También fue emitida la Ley 11.116/2005 que establece exenciones de impuestos a las compañías productoras de biodiesel cuya materia prima provenga de granjas familiares en situación de pobreza.¹³⁹

Desde sus inicios la producción de biodiesel ha ido en constante crecimiento, cifras oficiales mencionan que “[...] saltó de 69 millones de litros en 2006 a 2,4 mil millones de litros en 2010, convirtiendo Brasil en el segundo mayor mercado mundial, sólo detrás de Alemania, [...]. Desde [...] 2004, hasta el fin de 2011, Brasil dejó de importar 7,9 mil millones de litros de diesel, lo que equivale a una ganancia alrededor de 5,2 mil millones de dólares en la balanza comercial brasileña”¹⁴⁰.

Si bien la industria brasileña de los biocombustibles tiene ya un largo camino recorrido, durante los dos períodos de gobierno de Luiz Inácio Lula Da Silva se le prestó especial atención; la política energética se encaminó a lograr una posición de liderazgo para el país, tanto regional como internacionalmente, constituyendo de esta manera un tema central, se priorizó la producción de biocombustibles como el etanol, el biodiesel y el H-BIO y se establecieron metas tanto de

¹³⁹ Carlos Álvarez Maciel, *op. cit.*, p. 67.

¹⁴⁰ Gobierno de Brasil, *Energía. Biocombustibles, op. cit.*, s/p.

producción como de consumo, las cuales a pesar de ser ambiciosas lograron alcanzarse logrando posicionar a Brasil como el segundo productor mundial y “[...] el 2° mayor mercado, detrás de Alemania”¹⁴¹, debido a que “la producción saltó de 69 millones de litros en 2004 a 2.4 mil millones en 2010”; además de haber superado el 50% de consumo interno de etanol gracias a que durante 2009 “[...] más del 50% de los coches que circulan por ese país utilizan biocombustible”¹⁴².

Es importante resaltar, que la característica fundamental de las políticas tanto en este rubro como en los demás es ser de largo plazo, lo que evita que sean meramente políticas de gobierno; en el caso de los biocombustibles entre 2003 y 2010 se establecieron metas más ambiciosas, mismas que además de llevarse a cabo durante la administración de Lula se mantuvieran a un nivel de crecimiento constante hasta 2030.

Con el impulso de la bioenergía en el país, se planteó una prioridad, ésta es la mayor participación de los pequeños productores representados en la figura de las agriculturas familiares, a través de lo cual se pretendió cubrir además de lo económico, la parte social de la industria. En este caso existen detractores que piensan que es una cuestión meramente discursiva.

En la industria de los biocombustibles el estado y el gobierno brasileños han funcionado evolutivamente, pues si bien en el principio se tenía una presencia más fuerte de los mismos, poco a poco su actividad se concentró en funcionar como coordinador y rector de la industria solamente, pues, en la actualidad no se ejerce un control directo sobre la industria, aunque sí se controlan cuestiones como las metas de producción, las zonas destinadas para ello, los estímulos para las inversiones y las negociaciones para ampliar los mercados en el exterior y en el interior del país.

En cuanto a la parte internacional de la industria, en los últimos períodos de gobierno y específicamente en los dirigidos por Lula, además de mantener las

¹⁴¹ *Idem.*

¹⁴² S/a, “Más de 50% ...”, *op. cit.*, s/p.

relaciones con el norte, se priorizaron las relaciones sur-sur. Éstas, entre otras cosas le han servido a la industria bioenergética brasileña para evitar las trabas arancelarias que mercados importantes como Estados Unidos o la Unión Europea le imponen.

Gracias a todo lo anterior hoy en día:

Brasil posó la matriz energética más renovable del mundo industrializado con un 45,3% de su producción proveniente de fuentes como recursos hídricos, biomasa y etanol, además de las energías eólica y solar. Las usinas hidroeléctricas son responsables por la generación de más de un 75% de la electricidad del País. Vale recordar que la matriz energética mundial está compuesta por un 13% de fuentes renovables en el caso de Países industrializados, cayendo a un 6% entre las naciones en desarrollo¹⁴³.

La elaboración y la ejecución de la política energética, se encuentran a cargo de un conjunto de instituciones conformado por el Ministerio de Minas y Energía (MME por sus siglas en portugués), el Consejo Nacional para la Política Energética (CNPE por sus siglas en portugués), la Agencia Nacional de Petróleo, Gas natural y Biocombustibles (ANP por sus siglas en portugués) y la Agencia Nacional de Energía Eléctrica (ANEEL por sus siglas en portugués), aunque para el caso específico de la política agroenergética también entra en acción el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Abastecimiento (MAPA por sus siglas en portugués).

De las actividades de estos entes, han surgido tres documentos principales que dan la pauta a seguir y las expectativas que el gobierno brasileño tiene respecto a la energía en general y a la industria de los biocombustibles en particular, dichos documentos son, el Plan Nacional de Energía 2030, la Matriz Energética Nacional 2030 y el Plan Nacional de Agroenergía 2006-2011, éste último ha caducado, no obstante constituyó un elemento clave que ha marcado la ruta a seguir para la consecución de las metas y objetivos establecidos en los otros dos documentos.

¹⁴³ Gobierno de Brasil, *Matriz energética*, [en línea], Brasil, Dirección URL: http://www.brasil.gov.br/cop-espanol/panorama/lo-que-brasil-esta-haciendo/matriz-energetica/br_model1?set_language=es, [consulta: 1 de julio de 2012].

Su objetivo fue “garantizar la competitividad de la agroindustria brasileña y apoyar políticas públicas concretas, como la inclusión social, el desarrollo regional y la sostenibilidad ambiental”¹⁴⁴.

El Estado además de las instituciones antes mencionadas, se sirve de las actividades del Banco Nacional del Desarrollo (BNDES por sus siglas en portugués) para el financiamiento de sus proyectos y el otorgamiento de incentivos a la industria agroenergética, así como también del Programa de Aceleración del Crecimiento (PAC por sus siglas en portugués), “[...] iniciativa federal lanzada en 2007 para promover la aceleración de la expansión económica en el País. [...] R\$ 23 mil millones deben ser aplicados en la expansión de la producción y oferta de biocombustibles como etanol y biodiesel”¹⁴⁵. En total “la estimativa del Ministerio de Minería y Energía para el período 2008-2017 indica aportes públicos y privados del orden de R\$ 352 mil millones para la ampliación del parque energético nacional”¹⁴⁶.

Además, se sirve de las empresas Petrobras y Eletobras, las dos empresas energéticas más importantes del país, que se encargan de la investigación, el transporte y la producción de los biocombustibles por parte del Estado.

Así pues, “Brasil es el único país en el hemisferio que ha reducido considerablemente no sólo su dependencia excesiva de las fuentes externas de energías fósiles, sino también su dependencia en energías fósiles en sí mismas. ...el desafío energético más grande de Brasil será evitar la tentación de seguir a tantos otros productores del petróleo y de gas en el camino hacia el nacionalismo energético, especialmente una vez que los precios de petróleo comiencen a elevarse otra vez en el futuro [como seguramente, finalmente, lo harán], en una aventurada y desesperada tentativa del estado por monopolizar las rentas nacionales de los hidrocarburos”¹⁴⁷.

¹⁴⁴ FAO, *El estado mundial de la agricultura...*, op. cit., p. 29.

¹⁴⁵ Gobierno de Brasil, *Matriz...*, op. cit., s/p.

¹⁴⁶ *Idem*.

¹⁴⁷ Paul Isbell, *La política energética ejemplar de Brasil*, [en línea], Madrid, Infolatam.com, 10 de febrero de 2009, Dirección URL: <http://www.infolatam.com/2009/02/10/la-politica-energetica-ejemplar-de-brasil/>, [consulta: 30 de septiembre de 2013].

Queda claro, que si bien los biocombustibles que se producen en Brasil hasta el momento siguen siendo de primera generación, actualmente también se le apuesta a los de segunda generación e incluso ya se encuentran en producción aunque en una etapa aún experimental. Esto se ha hecho como respuesta, tanto a protestas sociales y ambientales como a cuestiones económicas.

El camino que ha emprendido Brasil para disociar definitivamente la producción de biocombustibles del hambre y de los trabajos precarios, y para evitar que los cultivos agrícolas desforesten los bosques, es el de la innovación tecnológica.

Con el fin de incrementar la productividad –y reducir la superficie plantada-, la empresa Petrobras Biocombustibles (PBio) invierte en investigación para desarrollar etanol de segunda generación y utilizar otras innovaciones, como las microalgas y la biología sintética molecular.

PBio invierte actualmente 200 millones de reales en investigaciones cuya meta es que dicho etanol de segunda generación sea producible a escala mundial a partir de 2015, lo que le permitiría aumentar un 50% la productividad¹⁴⁸.

3.4.3 Unión Europea

El caso europeo en el tema de los biocombustibles es curioso e importante, pues, debido a que si bien se tiene registro del uso de éstos desde fines del siglo XIX, la producción de la que hoy se habla, comenzó tardíamente, sobre todo si se le compara con la estadounidense o la brasileña, pues “se ubica en la década de los ochenta aunque se consolidó alrededor de la segunda mitad de los noventa”¹⁴⁹.

Las razones por las cuales la Unión Europea se introduce en este tema y en general en el desarrollo de las energías renovables, están estrechamente relacionadas con el hecho de que es una región que se caracteriza por su dependencia de los recursos fósiles de otros países (como Rusia y los miembros

¹⁴⁸ Maurício Thuswohl, *Brasil apuesta por la tecnología*, [en línea], Río de Janeiro, swissinfo.ch, 19 de octubre de 2012, Dirección URL: http://www.swissinfo.ch/spa/economia/Brasil_apuesta_por_la_tecnologia.html?cid=33713468, [consulta: 3 de octubre de 2013].

¹⁴⁹ Cfr., Annie Duffey, *Estudio regional...*, op. cit., p. 38.

de la OPEP), así como también con el interés de impulsar el desarrollo de sus zonas rurales.

Dichas motivaciones como se ha visto son las más recurrentes en todos los países productores, sin embargo, en este caso particular se fortalecieron gracias a los intereses medioambientales de la unión y en específico a los que giran en torno a la reducción de emisiones de GEI, punto al que se otorgó más peso con la creación del Protocolo de Kioto y la consecuente iniciativa 20-20-20 dentro de la cual se encuentra otra denominada “Eficiencia energética: alcanzar el objetivo del 20%”¹⁵⁰.

Al hablar de industria europea de biocombustibles, se tiene siempre en cuenta la producción de biodiesel, pues el etanol no representa aún un porcentaje importante aunque si se le desarrolla. “De todos los países que conforman a la UE el más destacado en el desarrollo de este (sic) combustibles es Alemania, quien además de ser el primer lugar al interior de la región, es el segundo a nivel mundial, detrás de Estados Unidos”¹⁵¹.

La profundización en el caso de la Unión Europea, de la misma forma que en los dos anteriores es de interés, debido a la importancia que la región tiene como productor de biodiesel, pues hoy en día “es el primer lugar en la lista”¹⁵², lo que se deriva de la dimensión de su industria así como también de las políticas que ha implementado.

Dichas políticas, tal como en el caso de las elaboradas por Estados Unidos y Brasil se caracterizan por abarcar todo el ciclo de vida de los biocombustibles y

¹⁵⁰ “La necesidad de aumentar la eficiencia energética forma parte de los objetivos de la iniciativa ‘20-20-20’ para 2020, consistente en reducir un 20% el consumo de energía primaria de la Unión Europea; reducir otro 20% las emisiones de gases de efecto invernadero; y elevar la contribución de las energías renovables al 20% del consumo. Se espera que para 2030, o incluso para 2050, las medidas adoptadas sean más exigentes”. Unión Europea, *La eficiencia energética en el horizonte 2020*, [en línea], Unión Europea, Dirección URL: http://europa.eu/legislation_summaries/energy/energy_efficiency/en0002_es.htm, [consulta: 22 de octubre de 2013].

¹⁵¹ Cfr., Torres y Carrera consultores de comunicación, *Biocombustibles: Informe 2010*, [en línea], 20 pp., Dirección URL: <http://www.torresycarrera.com/newcorp/wp-content/uploads/2011/04/Informe-Biocombustibles-2010.pdf>, [consulta: 20 de octubre de 2013], p. 5.

¹⁵² Cfr., *ibidem*, p. 4.

los procesos que de él se derivan, aunque claro está, con sus matices particulares.

“Entre las políticas clave que afectan el mercado europeo de biocombustibles se incluyen las políticas de energía, agricultura y de cambio climático. Al igual que en los EE.UU, éstas incluyen mandatos de penetración, subsidios y barreras al comercio”¹⁵³.

No obstante, el sector de energético y específicamente el de los biocombustibles tiene una serie de directivas elaboradas por el Parlamento y el Consejo europeos que establecen las condiciones y objetivos específicos sobre los cuales todos los países miembro deben trabajar. Éstas son la Directiva 2003/30/CE, seguida por la Directiva 2003/96/CE, la Directiva 98/70/CE y la Directiva 2009/28/CE. Todas éstas buscan establecer los lineamientos requeridos para la consecución del objetivo global 20-20-20 de la Comunidad.

La Directiva 2003/30/CE entró en vigor el 17 de mayo de 2003¹⁵⁴, y con ella tanto el Consejo como el Parlamento europeo, abren la puerta para el uso de los biocombustibles dentro de la UE, pues establecen porcentajes mínimos de utilización;

[...] la Directiva establece un «objetivo de referencia» voluntario del 2 por ciento del consumo de biocombustibles para 2005 (basándose en el contenido energético) y del 5,75 por ciento para el 31 de diciembre de 2010. Ésta obliga a los Estados miembros a establecer objetivos nacionales indicativos de la proporción de biocombustibles, siguiendo la línea de los porcentajes de referencia de la Directiva, si bien los Estados miembros son libres de escoger su propia estrategia para cumplir dichos objetivos¹⁵⁵.

El objetivo que la UE persigue con la implementación de esta directiva es “[...] reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y el impacto

¹⁵³ Annie Duffey, *Estudio regional...*, op. cit., p. 38

¹⁵⁴ Unión Europea, *Vehículos de motor: utilización de Biocarburantes, Directiva 2003/30/CE*, [en línea], Unión Europea, Dirección URL: http://europa.eu/legislation_summaries/energy/renewable_energy/l21061_es.htm, [consulta: 23 de octubre de 2013].

¹⁵⁵ FAO, *El estado mundial de la agricultura...*, op. cit. p. 42.

medioambiental de los transportes y aumentar la seguridad del abastecimiento”¹⁵⁶.

Dentro de este documento se establecen también el tipo de biocombustibles de los que se tendrá que hacer uso para la parcial sustitución de los derivados de los combustibles fósiles, dentro de los cuales destacan el etanol y el biodiesel, aunque se menciona también el resto de los biocombustibles líquidos y el biogás.

Una ventaja que se plantea como posible gracias a la implementación de estas medidas es que “La propuesta estimula la economía rural mediante la creación de nuevas fuentes de ingresos y de empleo. En la industria agroalimentaria y forestal, la producción de biocarburantes permitirá en muchos casos transformar residuos problemáticos en productos sostenibles”¹⁵⁷.

Por otra parte, la Directiva 2003/96/CE, la cual entró en vigor el 31 de octubre de 2013¹⁵⁸, establece las bases legales sobre las cuales se permitirá la aplicación de incentivos fiscales para los biocombustibles y su producción:

Debido a que la tributación no está dentro de la esfera de acción de la Comunidad Europea, cada Estado miembro es libre de decidir el nivel de tributación en biocombustibles y combustibles fósiles. Sin embargo, dichas exenciones de impuestos se consideran una ayuda del Estado al medio ambiente y, por lo tanto, para que los Estados miembros puedan aplicarlas necesitan la autorización de la Comisión con el fin de evitar distorsiones indebidas de la competencia.

De esta forma, si bien cada país es libre de imponer la tributación que implementará, sí existen mínimos obligatorios que no pueden modificarse ni reducirse.

Por otro lado, dentro de esta directiva, también se hace mención a los productos a los que se podrá exentar de impuestos;

¹⁵⁶ Unión Europea, *Vehículos de motor...*, *op. cit.*, *s/p.*

¹⁵⁷ *Idem.*

¹⁵⁸ Unión Europea, *Marco comunitario de imposición de los productos energéticos y de la electricidad, Directiva 2003/96/CE*, [en línea], Unión Europea, Dirección URL: http://europa.eu/legislation_summaries/internal_market/single_market_for_goods/motor_vehicles/interactions_industry_policies/l27019_es.htm, [consulta: 23 de octubre de 2013].

Así pues, el objetivo general que se plantea es “[...] mejorar el funcionamiento del mercado interior, reduciendo las distorsiones en competencia entre los aceites minerales y los demás productos energéticos. Para alcanzar los objetivos ecológicos de la UE y del Protocolo de Kioto, promueve una utilización más eficaz de la energía con el fin de reducir la dependencia de las energías importadas y limitar las emisiones de gases de efecto invernadero”¹⁵⁹.

En cuanto a la Directiva 98/70/CE, la cual entró en vigor el 28 de diciembre de 1998¹⁶⁰, se puede decir que tiene como objetivos generales eliminar la existencia de plomo y establecer la existencia de combustibles que no cuenten con azufre en su composición, aunque no lo prohíbe del todo. Con estas medidas, lo que se pretende de nueva cuenta es la reducción en la cantidad de emisiones de GEI en general realizadas por los vehículos terrestres.

En cuanto a la gasolina, se establecen como metas, “la prohibición de la comercialización de la gasolina con plomo desde el año 2000 y que los proveedores deberán comercializar la gasolina con un contenido máximo de oxígeno del 2,7% y un contenido máximo de etanol del 5% hasta 2013”¹⁶¹.

Por otro lado, en lo que al diesel se refiere, se establece que “Los gasóleos destinados a las máquinas móviles no de carretera deben tener un contenido de azufre que no supere los 1000 mg/kg. (Y que) A partir del 1 de enero de 2011, este contenido no deberá superar los 10 mg/kg”¹⁶².

Además, también se mencionan algunas restricciones sobre los insumos que pueden ser utilizados en la producción de biocombustibles y las obligaciones que los productores tendrán respecto a las emisiones de GEI.

En cuanto al primer punto se prohíbe el uso de materias primas provenientes de “bosques primarios y otras superficies boscosas primarias; zonas afectadas;

¹⁵⁹ *Idem.*

¹⁶⁰ Unión Europea, *Calidad de la gasolina y de los combustibles diésel: azufre y plomo, Directiva 98/70/CE*, [en línea], Unión Europea, Dirección URL: http://europa.eu/legislation_summaries/internal_market/single_market_for_goods/motor_vehicles/interactions_industry_policies/l28077_es.htm, [consulta: 24 de octubre de 2013].

¹⁶¹ *Cfr., idem.*

¹⁶² *Idem.*

prados dotados de una rica biodiversidad; materias primas que presenten una importante reserva de carbono”¹⁶³, sin embargo, no se menciona nada acerca de los productos que sirven como alimento.

Esta directiva fue modificada por la Directiva 2003/17/CE y con ella “se introdujo el apoyo a la bioenergía como parte de la Política Agrícola Común”¹⁶⁴, gracias a esto, los agricultores disponen de una “[...] ayuda especial de 45 EUR por hectárea para los cultivos energéticos sobre tierra en barbecho (zonas destinadas al cultivo de productos alimenticios tradicionales). Además, mientras los agricultores no puedan cultivar alimentos sobre la tierra en barbecho, tienen la posibilidad de utilizar este suelo para cultivos de productos no alimenticios, como los biocombustibles, y tienen derecho a recibir pagos compensatorios por hectárea”¹⁶⁵.

Por último, la Directiva 2009/28/CE que entró en vigor el 25 de junio de 2009¹⁶⁶ se caracteriza por derogar a las Directivas 2001/77/CE y 2003/30/CE; en ella se plantea “[...] un marco común de uso de energía procedente de fuentes renovables con el fin de limitar las emisiones de gases de efecto invernadero y fomentar un transporte más limpio”¹⁶⁷.

Se concentra en varias áreas importantes, tales como planes de acción nacionales en materia de energía renovable, cooperación entre los Estados miembros, garantías de origen, acceso y funcionamiento de las redes y biocarburantes y biolíquidos;

Con esta directiva se modificó también la Directiva sobre energías renovables aprobada en 2008 estableciendo que “los objetivos acordados (20% de participación de energías renovables en la matriz eléctrica total y 10% mínimo de energías renovables

¹⁶³ *Idem, loc. cit., s/p.*

¹⁶⁴ *Cfr., FAO, El estado mundial de la agricultura..., op. cit., p. 43.*

¹⁶⁵ *Idem.*

¹⁶⁶ Unión Europea, *Fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables, Directiva 2009/28/CE*, [en línea], Unión Europea, Dirección URL: http://europa.eu/legislation_summaries/energy/renewable_energy/en0009_es.htm, [consulta: 25 de octubre de 2013].

¹⁶⁷ *Idem.*

en el transporte) serán adecuados siempre y cuando la producción sea sostenible y los biocombustibles de segunda generación estén disponibles comercialmente, incluyendo además dentro de esa meta a los autos y trenes eléctricos. De manera de asegurar la sustentabilidad de los biocombustibles, la UE decidió que para calificar dentro de la cuota del RED, los biocombustibles, ya sean producidos en forma doméstica o importados, deberán cumplir con ciertos criterios mínimos. En particular, que al menos posean un 35% menores emisiones de gases de efecto invernadero que los combustibles fósiles y que no provengan de bosques deforestados o humedales¹⁶⁸.

Se promueve también la descentralización de la producción de las energías renovables, con la finalidad de aprovechar las capacidades de cada lugar, así como también, asegurar el abastecimiento local, menores trayectos y como consecuencia menores costos de transporte. Con ello también se fortalece la creación de empleos.

En todas las directivas se puede observar el claro interés ambiental de reducir las emisiones de GEI, lo que demuestra la coherencia entre los discursos y compromisos de la UE y el diseño de sus políticas.

Aunque los miembros de la Unión Europea tienen sus propias políticas y lineamientos para llevar a cabo la producción de biocombustibles, todos ellos se circunscriben a los objetivos y directrices que como Unión se plantean. Es decir, todos deben acatar la cuestión general pero pueden elegir cómo lo harán.

3.5 Comercio de biocombustibles

El comercio de biocombustibles es un caso *sui generis* dentro del concepto de comercio, pues se lleva a cabo pero no se rige por la ley de la oferta y la demanda, muy por el contrario se ve fuertemente influenciado y controlado por los gobiernos de los países productores.

¹⁶⁸CE en Annie Duffey, *Estudio regional...*, op. cit., pp. 38 y 39.

Dicha participación del Estado se debe a que la industria de la bioenergía per sé no es competitiva aún, sus productos se encuentran en franca desventaja frente a los derivados de los combustibles fósiles.

Sin embargo, y pese a que esa es la regla hasta el momento, existe una excepción en el caso brasileño, pues su industria ha logrado transitar hacia un estadio superior en donde el Estado tiene una participación reducida y gracias a ello se ha podido colocar al etanol a base de caña de azúcar, como el único biocombustible con capacidad para competir frente a productos como la gasolina.

Si bien se ha mencionado a lo largo del presente capítulo que los volúmenes de producción de la industria de los biocombustibles son considerables y que los principales productores han establecido metas ambiciosas de crecimiento para el corto, mediano y largo plazo, también es cierto que el comercio internacional de dichos productos aún es incipiente.

Hoy en día, la mayor parte de la producción de biocombustibles y especialmente de etanol, se dedica al consumo interno, solamente “[...] cerca del 10% de la producción mundial entra al mercado internacional [...]”¹⁶⁹. Empero, aún cuando el porcentaje parece mínimo, se encuentra en constante crecimiento, en el mismo sentido en que lo hacen tanto la producción como el consumo e incluso diversos analistas prevén que crecerá más debido a que los sitios de mayor demanda no coinciden precisamente con los de mayor producción.

Hasta el momento y sin pronosticarse cambios sustanciales en la línea, Brasil gracias a lo fortalecido de su industria y después de tener satisfecha su demanda interna, “[...] destina cerca del 15% de su producción a los mercados externos [...]”¹⁷⁰, gracias a ello, dicho país “es el principal exportador mundial de etanol, teniendo así en sus manos el 90% de la participación en el mercado internacional”¹⁷¹.

¹⁶⁹ Dufey en *ibidem*, p. 20.

¹⁷⁰ *Ibidem*, p. 21.

¹⁷¹ *Cfr.*, *ibidem*, *loc. cit.*, pp. 20 y 21.

Existen otros países cuya capacidad de producción les ha permitido destinar algún porcentaje a la exportación, sin embargo, aún no lo han hecho de manera sostenida.

Tal como se había mencionado anteriormente, existen pronósticos sobre el incremento del comercio internacional de biocombustibles, que además de plantear volúmenes y porcentajes probables, explican que ello se deberá a la existencia de ambiciosas metas de uso y producción dentro de países como Estados Unidos y la Unión Europea (como región) y las economías emergentes como China e India, no obstante, la mayoría de ellos no cuenta con la capacidad para llevarlas a cabo con sus propios elementos, por lo que deberán recurrir a las importaciones principalmente de países latinoamericanos, africanos y algunos del sudeste asiático, volviéndose así grandes mercados.

“La UE es el principal importador de bioetanol, especialmente de países como Brasil y Pakistán; sus importaciones son equivalentes al 28% del total global”¹⁷².

Aunque China e India no cuentan con los mismos objetivos que EU y la UE, su explosión demográfica y su constante crecimiento económico demanda mayores cantidades de energía en general para la satisfacción de sus necesidades;

Si bien al menos el 90% de la producción de biocombustibles se consume domésticamente, su comercio internacional se expande dramáticamente. Países de la Unión Europea (UE), Japón, Corea del Sur y los Estados Unidos (EE. UU), sólo por nombrar algunos, simplemente no tienen la capacidad doméstica suficiente para satisfacer su demanda interna y, por ende, buscan que otros países complementen ese vacío y así poder lograr sus ambiciosas metas nacionales¹⁷³.

En la tabla siguiente, se pueden apreciar de manera más concreta, algunos de los mandatos de los que se habla y gracias a los cuales el comercio de biocombustibles se verá incrementado. En dicha tabla, se observa que varios de ellos son muy ambiciosos.

¹⁷² *Ibidem*, p. 21.

¹⁷³ Annie Dufey, *et. al.*, *Biocombustibles como energía alternativa...*, *op. cit.*, p. 7.

Tabla 7. Objetivos voluntarios y obligatorios de bioenergía para los combustibles del transporte en los países del G8+5

País/Grupo de países	Objetivos ¹
Alemania	6,75% para 2010 con previsión de aumento al 8% para 2015, 10% para 2020 (O = objetivo de la UE)
Brasil	Mezcla obligatoria de 20-25% de etanol anhidro con gasolina; mezcla mínima de 3% de biodiésel en el diésel para julio de 2008 y de 5% (B5) para finales de 2010
Canadá	5% de contenido renovable en la gasolina para 2010 y 2% de contenido renovable en el diésel para 2012
China	15% de las necesidades energéticas del transporte mediante uso de biocombustibles para 2020
Estados Unidos de América	9 000 millones de galones para 2008 aumentados a 36 000 millones para 2022 (O). De los 36 000 millones de galones, 21 procederán de biocombustibles avanzados (de ellos, 16 000 millones de biocombustibles celulósicos)
Federación de Rusia	Sin objetivos
Francia	5,75% para 2008, 7% para 2010, 10% para 2015 (V), 10% para 2020 (O = objetivo de la UE)
India	Propuestas de obligación de mezcla del 5-10% para el etanol y del 20% para el biodiesel
Italia	5,75% para 2010 (O), 10% para 2020 (O = objetivo de la UE)
Japón	500 000 kilolitros, convertidos en petróleo crudo, para 2010 (V)
México	Objetivos en proceso de examen
Reino Unido	5% de biocombustibles para 2010 (O), 10% para 2020 (O = objetivo de la UE)
Sudáfrica	Hasta el 8% para 2006 (V) (objetivo del 10% en examen)
Unión Europea	10% para 2020 (O, propuesta de la Comisión de la UE en enero de 2008)

¹ O = obligatorio; V = voluntario.

Fuente: FAO, *El estado mundial de la agricultura y la alimentación, Biocombustibles: perspectivas, riesgos y oportunidades*, [en línea], 146 pp., Roma, Italia, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), 2008, Dirección URL: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/i0100s/i0100s.pdf>, [consulta: 10 de julio de 2013], p. 33.

Hoy por hoy, se han ido sumando nuevos actores a la industria de los biocombustibles y también al comercio de los mismos como posibles exportadores, que en su mayoría han sido países en desarrollo; esto se debe a que gracias a su ubicación geográfica, cuentan con las características climáticas necesarias para el cultivo en gran escala de los insumos requeridos para la elaboración tanto de etanol como de biodiesel. Además dentro de sus territorios tienen especies vegetales que no son utilizadas como alimento y que cuentan con

gran capacidad energética, entre ellas se encuentra la “[...] jatrofa, un feedstock no comestible, resistente a la sequía, de gran contenido energético y rápido crecimiento”¹⁷⁴.

No obstante, la falta de capacidad de los principales productores, no es el único obstáculo que enfrenta el comercio de biocombustibles; existen otros de tinte político y económico, entre los cuales se encuentran barreras arancelarias, preferencias comerciales, estándares de calidad, certificaciones de sustentabilidad, subsidios a la industria interna, entre otras ayudas que promueven los gobiernos para proteger la producción nacional frente a las demás.

Si bien dichos instrumentos han vuelto complicado el ambiente para llevar a cabo negociaciones, inversiones y en general toda la actividad comercial, su existencia ha estado justificada en que el desarrollo de la industria de la bioenergía se impulsó con diferentes objetivos, entre los que se encuentra la eliminación de la dependencia energética y el apoyo a los productores rurales.

En términos generales, estos instrumentos han sido utilizados como se mencionó anteriormente, para fortalecer y proteger a la industria nacional, sin embargo, cada uno de ellos cumple con objetivos específicos que tienen que ver con estimular la producción de biocombustibles así como también su utilización al interior de cada país.

En cuanto a lo que a las barreras arancelarias se refiere, se puede decir que son el principal obstáculo al que se enfrentan los países productores;

Los aranceles aplicados a los biocombustibles se usan generalmente para proteger la agricultura y las industrias de biocombustibles locales, sostener los precios locales de los biocombustibles y proporcionar un incentivo para la producción nacional. Los principales productores de etanol, con la excepción del Brasil, aplican importantes aranceles de NMF (nación más favorecida) [...]. Sin embargo, existen diversas excepciones a los tipos de NMF y los contingentes arancelarios existentes. En

¹⁷⁴ *Idem.*

general, se tiende a aplicar al biodiésel tipos arancelarios más bajos¹⁷⁵.

Dichas barreras se caracterizan por ser altas y por ser utilizadas frecuentemente; ello provoca que los países productores menos favorecidos por las barreras se vean forzados a exportar sus productos con un bajo grado de elaboración, es decir, sin valor agregado, para terminar con el proceso productivo en los países de destino.

No obstante, los principales países importadores cuentan también con acuerdos comerciales bilaterales con algunos países productores y en algunos casos con un grupo de ellos para otorgarles acceso preferencial a sus mercados o también llamadas preferencias comerciales. “[...] la UE (por ejemplo, a través de su Sistema General de Preferencias¹⁷⁶ o del acuerdo ‘Everything But Arms’ (EBA)¹⁷⁷) y los EE.UU [sic] (por ejemplo, a través del Acuerdo con los países de la iniciativa

¹⁷⁵ FAO, *El estado mundial de la agricultura...*, op. cit. p. 33.

¹⁷⁶ “El Sistema Generalizado de Preferencias es un Instrumento del Comercio Internacional mediante el cuál [sic] los países desarrollados otorgan franquicias o rebajas arancelarias, sin reciprocidad ni discriminación a, gran parte de las importaciones de países en vías de desarrollo. El SGP se basa en tres principios fundamentales: Generalizado: es aplicado por todos los países industrializados. No reciproco: significa que aquellos países beneficiados no están obligados a otorgar a los países donantes una reducción arancelaria similar o equivalente. No discriminatorio: deben beneficiarse del mismo todos los países en vías de desarrollo. La utilización del SGP permite que se produzca un "margen de preferencia" a favor del producto que exporta el país beneficiado, en relación a otros países que continúan ingresando a esos mercados con aranceles normales. Con esto se obtiene la posibilidad de obtener un margen de ganancia mayor por la venta de sus productos, dicha ganancia, dependiendo del tipo de negocio podría ser percibida en su totalidad por el exportador o podrá ser compartida con el importador. Al SGP no se lo puede tomar como una solución única para la búsqueda de mercados, sino como un instrumento para el avance hacia el logro de condiciones optimas de comercialización. La no utilización del mismo puede hacer la diferencia entre acceder o no a un mercado.

Los países otorgantes del SGP comprenden más de 25 naciones desarrolladas de economías de mercado, mientras que los países beneficiados incluyen a más de 140 países en desarrollo y menos desarrollados. Los países otorgantes son: Estados Unidos, Unión Europea, Japón, Australia, Canadá, Nueva Zelanda, Federación Rusa y Belorus [sic], Noruega, Suiza y Turquía. Ministerio de Economía y Finanzas, *Sistema Generalizado de Preferencias*, [en línea], República Oriental del Uruguay, Dirección URL: http://www.mef.gub.uy/apc_sgp.php, [consulta: 7 de febrero de 2014].

¹⁷⁷ “El EBA, nació en 2001 para dar a todos los países en desarrollo un acceso completo a la exención de aranceles para todas sus exportaciones con excepción de armas y armamento. Actualmente hay 49 países beneficiados por la iniciativa. En 2011 las exportaciones de los países beneficiarios llegaron a los 10.5 mil millones de euros. Entrar al programa es automático y sin límite de tiempo, pero la ayuda desaparece cuando el país deja de ser subdesarrollado, aunque se le otorga un período de gracia de tres años”. Cfr., Comisión Europea, *Everything But Arms (EBA) – Who benefits?*, [en línea], Europa, 30 de abril de 2013, Dirección URL: http://trade.ec.europa.eu/doclib/docs/2013/april/tradoc_150983.pdf, [consulta: 7 de febrero de 2014].

de la Cuenca del Caribe, cuyos compromisos fueron profundizados con el CAFTA¹⁷⁸), tienen acuerdos comerciales que otorgan un acceso a mercado preferencial a numerosos países y productos”¹⁷⁹.

Actualmente, las barreras arancelarias afectan en mayor medida al etanol, pues a diferencia del biodiesel está considerado como producto agrícola, (el biodiesel se clasifica como producto industrial y por tanto está sujeto a las reglas generales del comercio internacional dictadas por la Organización Mundial del comercio (OMC)), por lo que normalmente dichas medidas no se pueden evitar;

Debido a las dificultades que existen para la apertura de los mercados agrícolas, se ha propuesto, sobre todo por parte de Brasil, que el etanol pase de ser un producto agrícola a uno ambiental; esto se sustenta en el hecho de que es un combustible renovable que genera pocas emisiones de GEI, así como también en el hecho de que dentro de la Ronda de Doha, se incluye un capítulo en el cual se aborda al comercio y el medio ambiente y se prevé tanto la reducción como la eliminación de barreras arancelarias y no arancelarias al comercio de bienes y servicios ambientales¹⁸⁰.

No obstante, en cuestión ambiental los países importadores más importantes han impuesto otro tipo de barreras que tienen que ver con lo contaminante o no que pueda ser el producto y su proceso de elaboración; dichos parámetros han sido nombrados certificaciones de sustentabilidad.

Tanto las certificaciones de sustentabilidad como los estándares de calidad, en general no han podido ser cumplidos cabalmente por los países exportadores, pues éstos argumentan que ambos instrumentos no toman en cuenta las

¹⁷⁸ “El Tratado de Libre Comercio de América Central (CAFTA) es una extensión del TLCAN a cinco naciones de Centroamérica (Guatemala, El Salvador, Honduras, Costa Rica y Nicaragua), y República Dominicana. Fue firmado el 28 de mayo de 2004, y pasó a través de la Cámara de Representantes de EE.UU. por un voto en el medio de la noche por el Congreso de EE.UU. el 27 de julio de 2005”. *Cfr., S/a, Central America Free Trade Agreement (CAFTA)*, [en línea], PUBLICCITIZEN, citizen.org, Dirección URL: <http://www.citizen.org/Page.aspx?pid=1046>, [consulta: 7 de febrero de 2014].

¹⁷⁹ Annie Dufey, *et. al., Biocombustibles como energía alternativa...*, *op.cit.*, p. 9.

¹⁸⁰ *Cfr., André Furtado, Biocombustibles y comercio internacional: una perspectiva latinoamericana*, [en línea], 34 pp., Santiago de Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CEPAL, Naciones Unidas, abril de 2009, Dirección URL: <http://www.olade.org/sites/default/files/CIDA/Biocombustibles/CEPAL/Biocombustibles%20y%20Comercio%20Internacional.pdf>, [consulta: 15 de enero de 2014], p. 28.

condiciones específicas que caracterizan a los países subdesarrollados y que por el contrario se encuentra muy elevados en cuanto a las exigencias que hacen;

Si bien es importante contar con algún sistema que garantice el cumplimiento de estándares ambientales y sociales mínimos para la producción y comercio de biocombustibles, existen problemas cuando estos esquemas son desarrollados por naciones industrializadas, con poca participación de los países productores y, por ende, sin reflejar las prioridades o realidades ambientales y sociales de estos últimos. El problema se torna aún más agudo cuando los costos de implementación de estos estándares recaen en forma desproporcionada sobre aquellos productores más pequeños y más pobres. De esta manera y dado que no todos los vínculos entre los biocombustibles y el desarrollo sustentable son positivos, el desafío radica en asentar estructuras, dentro del marco de un sistema de comercio internacional, que puedan apoyar las contribuciones positivas de los biocombustibles al desarrollo sustentable y minimizar los aspectos negativos¹⁸¹.

En el ámbito multilateral, el comercio de biocombustibles es un asunto que no cuenta aún con un foro u organización específica que ayude a establecer los lineamientos que permitirán llevarlo a cabo de manera armónica.

Por otro lado, los subsidios son otro elemento que dificulta el comercio de biocombustibles, debido a que con su presencia se rompe con las reglas del comercio y además de que representan grandes gastos para el Estado.

En general, la actividad comercial se ha visto fuertemente obstaculizada por un sinnúmero de instrumentos que todos los actores dentro de la industria de la bioenergía han implementado para fortalecer y dar cabida a sus industrias nacionales, sin embargo, se ha podido llevar a cabo gracias a negociaciones y acuerdos que los países productores han entablado con otros de manera normalmente bilateral.

“Los países como Estados Unidos y la Unión Europea como región, han llevado a cabo negociaciones internacionales en materia de aranceles, subsidios, etc., solamente de forma bilateral, dejando de lado la negociación multilateral”¹⁸². Tanto Estados Unidos como la Unión Europea, han recurrido a la elaboración de tratados

¹⁸¹ Annie Dufey, *et. al.*, *Biocombustibles como energía alternativa...*, *op.cit.*, p. 10.

¹⁸² *Cfr.*, André Furtado, *op. cit.*, pp. 27-28.

de libre comercio con los países productores, sobre todo con países africanos y centroamericanos como se mencionó con anterioridad; no obstante, existen también acuerdos con fuertes productores como en el caso particular de Brasil.

Estados Unidos y Brasil han llevado a cabo acuerdos que si bien no son respecto a exportaciones e importaciones de etanol propiamente, han sido fundamentales para el desarrollo y consecución de otros objetivos; ambos países han elegido como temas centrales de dichos acuerdos la transferencia tecnológica, la investigación e inversión en ciencia y tecnología.

Existen también acciones que los países productores de insumos han llevado a cabo para sortear las dificultades comerciales a las que se han enfrentado y así colocar sus productos dentro de los principales mercados; han llevado a cabo sólo las primeras etapas del proceso productivo antes de la exportación, dejando la parte final a los importadores, es decir, se convierten en proveedores de insumos como lo han venido siendo hasta ahora y los países receptores que en general son países desarrollados otorgan a dichos insumos el valor agregado y cumplen sus ambiciosas metas de producción.

Otra medida que han llevado a cabo, sobre todo países con gran capacidad de exportación como Brasil, que además no cuentan con ningún tipo de exención de aranceles, es realizar la exportación de sus productos hacia países que sí cuentan con ellas, para desde ahí continuarla hacia mercados importantes como el europeo o el estadounidense.

En concreto, el comercio de biocombustibles, tal como en el caso de la producción de los mismos no es homogéneo, por el contrario, existen diferencias entre el comercio de etanol y el de biodiesel, el de éste último, se encuentra en una fase aún embrionaria, mientras que el del primero ha ido avanzando un poco más.

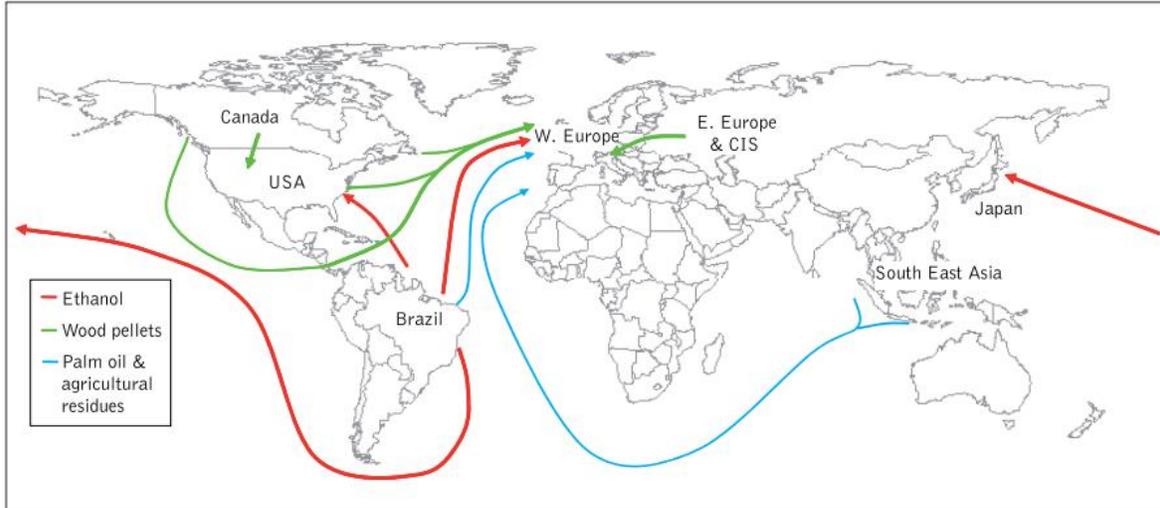
Existen proyecciones que analistas y demás investigadores han hecho y las conclusiones a las que la mayoría han llegado son: que en general no se esperan cambios drásticos en la trayectoria que siguen hasta ahora tanto la producción

como el consumo de biocombustibles y como consecuencia de ello tampoco se esperan variaciones radicales en los patrones del comercio. Gracias a ello Brasil seguirá en la primera posición como exportador (tal como se puede apreciar en el mapa N°1) y como un importante productor, de igual manera Estados Unidos y la Unión Europea, continuarán siendo los principales mercados aunque se sumarán China e India;

Además “como resultado del aumento de la mezcla obligatoria de combustibles para el transporte en países de la OCDE, se espera que el comercio internacional de etanol se incremente hasta prácticamente los 11 000 millones de litros, la mayor parte de ellos con origen en el Brasil. No obstante, el etanol comercializado continuará representando solamente un pequeño porcentaje de la producción total. El Brasil y los Estados Unidos de América seguirán siendo los mayores productores de etanol hasta 2017, [...], pero muchos otros países están aumentando su producción rápidamente. En los Estados Unidos de América se prevé que la producción se duplique durante el período de la proyección y alcance así unos 52 000 millones de litros en 2017, lo que corresponderá al 42 por ciento de la producción mundial. Se prevé que el uso total aumente más rápidamente que la producción y que las importaciones netas aumenten hasta representar el 9 por ciento aproximadamente del etanol de uso doméstico para 2017. Igualmente, se prevé que la producción de etanol en el Brasil mantenga su rápido crecimiento y alcance los 32 000 millones de litros en 2017. La caña de azúcar seguirá siendo la materia prima más barata para producir etanol y ello hará que el Brasil continúe siendo muy competitivo y se prevé que triplique sus exportaciones de etanol y alcance los 8 800 millones de litros exportados en 2017. En virtud de estas previsiones, en dicho año el 85 por ciento de las exportaciones mundiales de etanol provendrán de Brasil. En la UE, se prevé que la producción total de etanol alcance los 12 000 millones de litros [...]. Dado que esta cifra es inferior al consumo proyectado de 15 000 millones de litros, se prevé que las importaciones netas de etanol asciendan a unos 3 000 millones de litros. Un fuerte aumento de las mezclas obligatorias, que puede satisfacerse sólo en parte con la producción de la UE, será la principal causa de las importaciones comunitarias de etanol”¹⁸³.

¹⁸³ FAO, *El estado mundial de la agricultura...*, op.cit., p. 54.

Mapa 1. Principales rutas comerciales de biomasa con fines energéticos a futuro



Fuente: Ausilio Bauen, et. al., *Bioenergy – a Sustainable and Reliable Energy Source MAIN REPORT: A review of status and prospects*, [en línea], 107 pp., Nueva Zelanda, International Energy Agency, IEA Bioenergy, junio de 2009, Dirección URL: [http://www.globalbioenergy.org/uploads/media/0912_IEA_Bioenergy - MAIN_REPORT - Bioenergy - a sustainable and reliable energy source. A review of status and prospects.pdf](http://www.globalbioenergy.org/uploads/media/0912_IEA_Bioenergy_-_MAIN_REPORT_-_Bioenergy_-_a_sustainable_and_reliable_energy_source._A_review_of_status_and_prospects.pdf), [consulta: 3 de febrero de 2014], p. 45.

Sin embargo, aún con todos los números positivos que se pronostican, es cierto que queda mucho trabajo por hacer para lograr que la industria de los biocombustibles tenga mayor viabilidad y menos obstáculos, sobre todo comerciales, para transitar hacia el mismo estadio en el que se encuentra ya Brasil, aquel en el que la presencia del Estado es solamente para regular y no para dirigir y sostener.

Con ello se podría poner a los biocombustibles en una verdadera posición de competencia frente a los combustibles fósiles, sobre todo con sus derivados (como en el caso de la gasolina y el diesel) y así constituir una verdadera opción (junto con el resto de las energías renovables), a partir de la cual se rediseñe el sistema energético mundial;

El comercio potencial mundial de biocombustibles va a depender de la disponibilidad de nuevas tecnologías, de la implementación de estándares para la producción sustentable de biocombustibles y de las discusiones en torno a medidas proteccionistas como son las barreras arancelarias. En el mediano plazo el volumen de bioetanol

a ser importado por EEUU, UE25, Japón y China podría casi duplicarse¹⁸⁴.

En la siguiente tabla se muestran algunas proyecciones sobre las importaciones tanto de etanol como de biodiesel que se prevé tengan lugar en 2020, si se sigue en la dirección en la que hasta ahora ha caminado la industria de los biocombustibles.

Tabla 8. Estimación de las importaciones de biocombustibles al año 2020

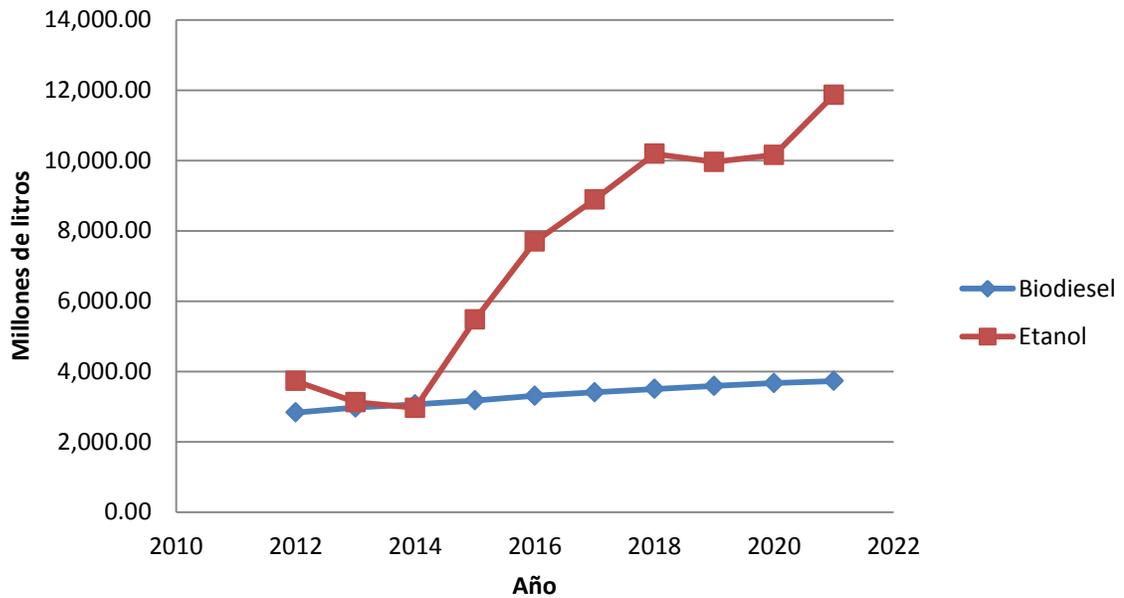
Región/País	Importaciones estimadas Año 2020 (Mtep)		Hipótesis
	Bioetanol	Biodiesel	
EEUU	33	13	50% Importado
UE25	6	13	50% Importado
China	6	8	50% Importado
India	0.5	1.6	30% Importado
Japón	2.8	0.3	90% Importado
Total	47.8	35.3	

Fuente: Elaboración propia con información de Héctor Pistonesi, *et. al.*, *Aporte de los biocombustibles a la sustentabilidad del desarrollo en América Latina y el Caribe: Elementos para la formulación de políticas públicas*, [en línea], 89 pp., Santiago de Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CEPAL, Naciones Unidas, marzo de 2008, Dirección URL: http://www.eclac.org/publicaciones/xml/6/32836/LC_W178e.pdf, [consulta: 14 de enero de 2014], p. 25.

Así pues, en la gráfica siguiente se puede observar la evolución que han tenido las exportaciones de etanol y biodiesel a nivel mundial, así como también la proyección que se hace para 2021. Tal como la imagen lo muestra, pese a los obstáculos que aún quedan por superar en el ámbito del comercio internacional de biocombustibles, la tendencia es ascendente.

¹⁸⁴ Héctor Pistonesi, *et. al.*, *Aporte de los biocombustibles a la sustentabilidad del desarrollo en América Latina y el Caribe: Elementos para la formulación de políticas públicas*, [en línea], 89 pp., Santiago de Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CEPAL, Naciones Unidas, marzo de 2008, Dirección URL: http://www.eclac.org/publicaciones/xml/6/32836/LC_W178e.pdf, [consulta: 14 de enero de 2014], p. 24.

Gráfica 11. Exportaciones de biocombustibles a nivel mundial, con proyecciones hasta 2021

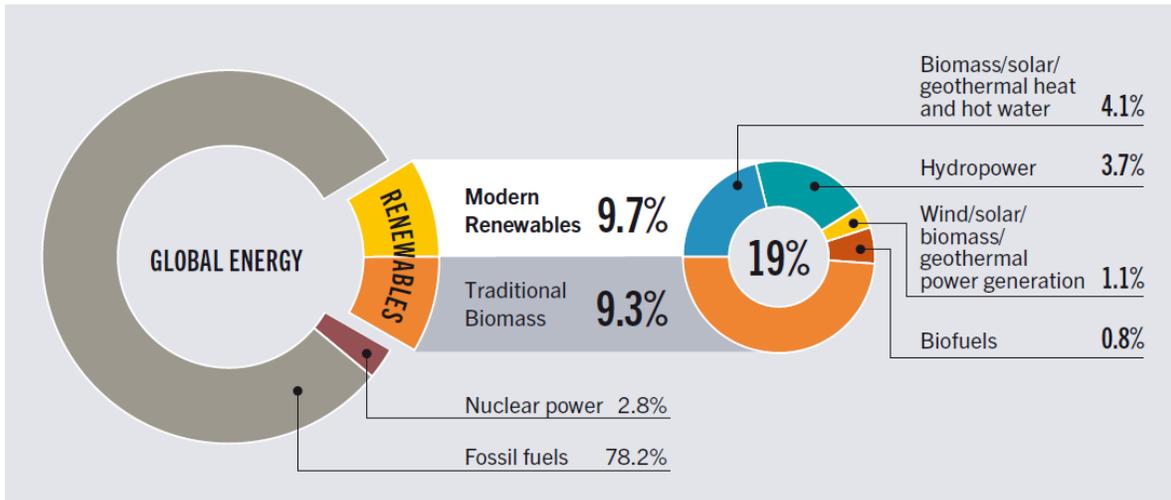


Fuente: OECD, *Biofuel-OECD-FAO Agricultural Outlook 2012-2021*, [en línea], Dirección URL: https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=HIGH_AGLINK_2012, [consulta: 1 de mayo de 2014].

Así pues, tal como se ha visto a lo largo del capítulo, el desarrollo de los biocombustibles posee una amplia gama de beneficios y perjuicios; desde el punto de vista económico, si bien aún no se encuentra fortalecida, la industria cuenta ya con grandes ganancias económicas y se prevé que lo siga haciendo en la medida en que continúe su crecimiento y la consecución de las metas tanto de producción como de consumo, planteadas por los principales productores.

Para lograrlo, como se ha mencionado anteriormente, se han impulsado metas y apoyos muy ambiciosos, sobre todo por parte de los principales productores. Además, cada vez ingresan a la industria, nuevos y animosos fabricantes de biocombustibles.

Esquema 3. Cuota estimada de energías renovables en el consumo final de energía mundial (2011)



Fuente: REN21, *Renewables 2013: Global Status Report*, [en línea], 178 pp., Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, REN21, Dirección URL: http://www.ren21.net/portals/0/documents/resources/gsr/2013/gsr2013_lowres.pdf, [consulta: 1 de mayo de 2014].

Con el esquema anterior, queda claro, que aún cuando la industria de los biocombustibles líquidos, específicamente la del etanol y el biodiesel, se encuentra con cierto dinamismo y en ascenso; no representa más allá del .8% del consumo final de energía a nivel mundial. Esto deja claro queda aún un largo camino por recorrer, para consolidar a estos combustibles como un sustituto real de los fósiles, específicamente del petróleo.

"Todo lo que le ocurra a la tierra, le ocurrirá a los hijos de la tierra"

Jefe indio Seattle

4. Impactos ambientales de la producción y el consumo de biocombustibles

Después de haber mostrado el resultado del desarrollo de la industria de los biocombustibles, así como de haber observado las metas que los principales productores han previsto, tanto en el tema de producción como de consumo y los obstáculos a los que se enfrentan en términos económicos y comerciales para su cumplimiento, resulta conveniente abordar los impactos ambientales que ello ha tenido, así como también los que podrían propiciarse.

Si bien existen impactos de diversa índole e igualmente importantes, entre los cuales se encuentran los de corte social, para fines del presente trabajo se dejarán de lado y se pondrá especial énfasis en el tema ambiental, con el objetivo de obtener elementos que puedan ser útiles para la comprobación de las hipótesis planteadas al inicio de la presente investigación.

Sentado lo anterior, se debe continuar diciendo que los impactos que la industria del etanol y del biodiesel han generado en el medio ambiente, son diversos en la misma medida en la que lo son las opiniones al respecto. Dicha variedad se debe a la complejidad que existe entre ambos factores.

En general, dentro de la mayoría de los textos que se han dedicado a analizar este tema, se ha concluido en que el balance final es negativo, sin embargo, existen otras posturas que lo encuentran positivo.

No obstante, el uso y el desarrollo de estos combustibles, así como su vinculación con el medio ambiente va más allá de ser bueno o malo, por el contrario es simplemente una relación que depende de una infinidad de factores, y que según sea la combinación entre ellos pueden arrojar resultados positivos o negativos.

Para poder evaluar esta relación de manera objetiva, diversos investigadores han recurrido al empleo de un método de análisis denominado Análisis de Ciclo de Vida (ACV)¹⁸⁵.

Si bien, el ACV se concentra mayoritariamente en determinar el volumen de GEI que se emite en cada parte del proceso productivo de los biocombustibles (desde el cultivo de los insumos requeridos para su elaboración, hasta el uso final de los productos) y el rendimiento energético de los mismos; también resulta de utilidad al momento de estudiar los impactos que tienen que ver con el cambio de uso de suelo, el avance de la frontera agrícola, la pérdida de biodiversidad¹⁸⁶, la disponibilidad y la calidad del agua, la intensificación agrícola, la calidad del suelo y la desertificación del mismo.

Tomando en cuenta dicho ciclo, se debe decir que, los impactos ambientales de mayor magnitud tienen lugar en las primeras etapas del proceso de producción de

¹⁸⁵ “El ACV es una herramienta metodológica que sirve para medir el impacto ambiental de un producto, proceso o sistema a lo largo de todo su ciclo de vida (desde que se obtienen las materias primas hasta su fin de vida). Se basa en la recopilación y análisis de las entradas y salidas del sistema para obtener unos resultados que muestren sus impactos ambientales potenciales, con el objetivo de poder determinar estrategias para la reducción de los mismos. La herramienta permite realizar un análisis mediante la cuantificación del uso de recursos (‘entradas’ como energía, materias primas, agua) y emisiones ambientales (‘salidas’ al aire, agua y suelo) asociados con el sistema que se está evaluando de acuerdo a las fases que lo componen como ser la extracción y obtención de las materias primas necesarias para fabricarlo, producción en fábrica, uso y/o consumo, transporte y distribución y, por último, disposición final del propio producto. A este tipo de ciclo de vida se le denomina comúnmente ‘de la cuna a la tumba’. [...]La principal característica de esta herramienta es su enfoque holístico, es decir, se basa en la idea que todas las propiedades de un sistema no pueden ser determinadas o explicadas solo de manera individual por las partes que lo componen. Es necesaria la integración de todos sus aspectos”. Gobierno de Argentina, *Análisis de Ciclo de Vida*, [en línea], Argentina, Presidencia de la Nación, Industria, Unidad de Medio Ambiente, Dirección URL: <http://www.industria.gob.ar/wp-content/uploads/2013/08/Analisis-del-ciclo-de-vida.pdf>, [consulta: 18 de febrero de 2014], pp. 1 y 2.

¹⁸⁶ “La biodiversidad o diversidad biológica es la variedad de la vida. Este reciente concepto incluye varios niveles de la organización biológica. Abarca a la diversidad de especies de plantas, animales, hongos y microorganismos que viven en un espacio determinado, a su variabilidad genética, a los ecosistemas de los cuales forman parte estas especies y a los paisajes o regiones en donde se ubican los ecosistemas. También incluye los procesos ecológicos y evolutivos que se dan a nivel de genes, especies, ecosistemas y paisajes. El concepto fue acuñado en 1985, en el Foro Nacional sobre la Diversidad Biológica de Estados Unidos. Edward O. Wilson (1929 -), entomólogo de la Universidad de Harvard y prolífico escritor sobre el tema de conservación, quien tituló la publicación de los resultados del foro en 1988 como ‘Biodiversidad’”. Carlos Galindo Leal *et. al.*, *¿Qué es la Biodiversidad?*, [en línea], México, Biodiversidad Mexicana, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, CONABIO, 2012, Dirección URL: http://www.biodiversidad.gob.mx/biodiversidad/que_es.html, [consulta: 28 de febrero de 2014].

los biocombustibles, es decir, dentro de actividades como: el cultivo de las materias primas y la transformación de las mismas, mientras que en la etapa final, es decir, la etapa de consumo, tienen lugar impactos menores relacionados casi exclusivamente con emisiones de GEI y partículas contaminantes. Esta última fase es la que se utiliza en diversos casos para clasificar a los biocombustibles como una alternativa verde, pues se le analiza sin contemplar las demás partes del proceso productivo y se le compara con los resultados del uso de combustibles fósiles, obteniendo un balance positivo.

Sin embargo, pese a que las afectaciones ambientales que la industria de los biocombustibles puede ocasionar van más allá de las emisiones que la quema del producto final genere, se ha planteado el ACV, dicho análisis es hoy la regla más que la excepción y gracias a sus resultados, tanto tomadores de decisiones como nuevos investigadores, pueden tener una idea más clara acerca de las dimensiones y las repercusiones que tiene el tema de los biocombustibles.

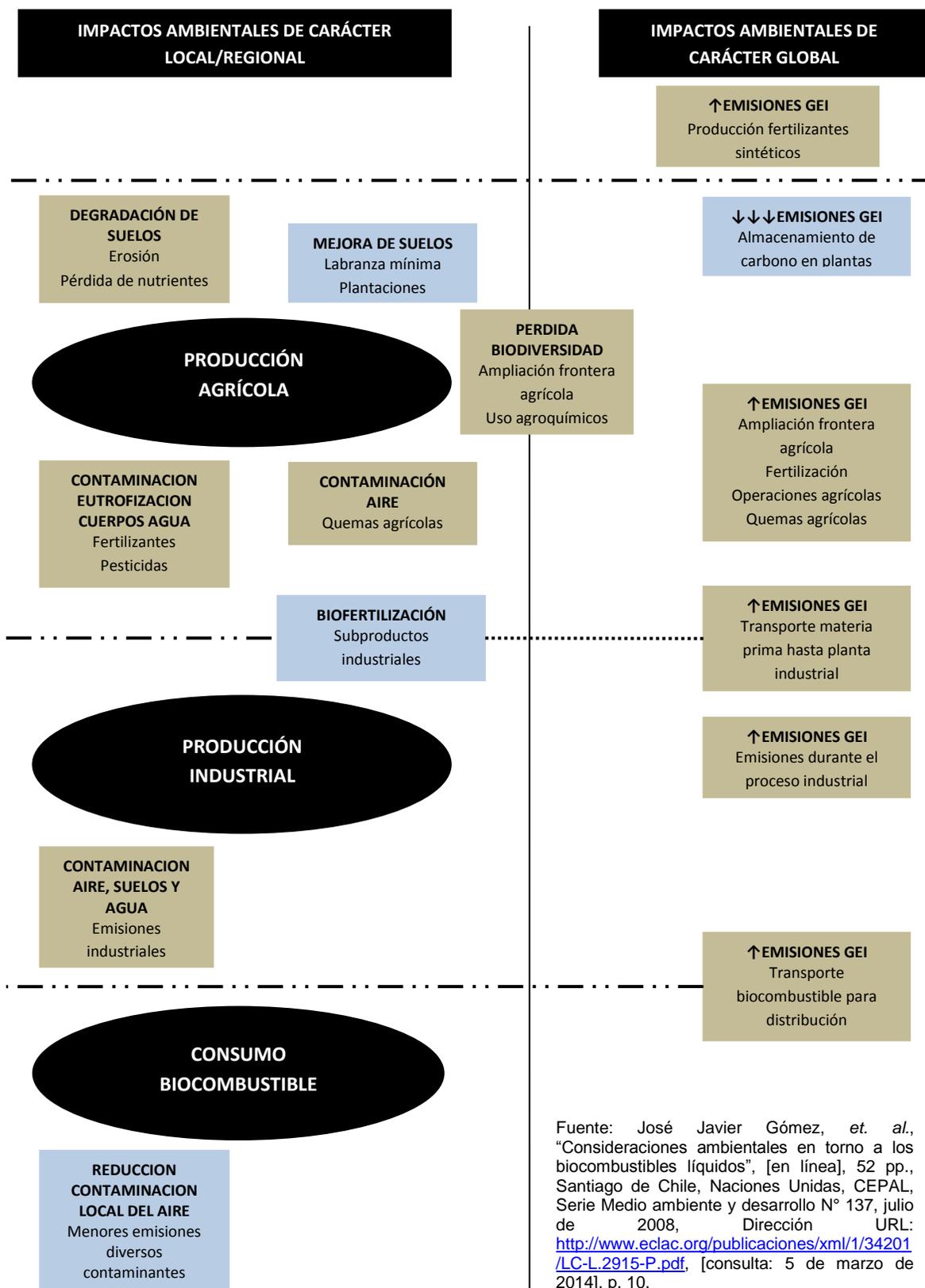
En el esquema cuatro, se puede apreciar de manera gráfica lo anteriormente dicho, además de que se logra observar que igualmente se obtienen beneficios (aunque menores), a lo largo del proceso de producción y consumo de estos combustibles. Si bien, existen un número importante de impactos ambientales, dentro de dicho esquema, se explica con más detalle en qué consisten los de mayor relevancia.

4.1 Rendimiento energético

En cuanto a lo que al balance del rendimiento energético se refiere, se debe decir que es aquel que evalúa la cantidad de energía fósil requerida para la producción de un determinado biocombustible y la cantidad de energía contenida en una determinada unidad del mismo¹⁸⁷.

¹⁸⁷ Cfr., Annie Duffey, *Estudio regional...*, op. cit. pp. 49-50.

Esquema 4. IMPACTOS AMBIENTALES ASOCIADOS A LOS BIOCOMBUSTIBLES



Fuente: José Javier Gómez, *et. al.*, "Consideraciones ambientales en torno a los biocombustibles líquidos", [en línea], 52 pp., Santiago de Chile, Naciones Unidas, CEPAL, Serie Medio ambiente y desarrollo N° 137, julio de 2008, Dirección URL: <http://www.eclac.org/publicaciones/xml/1/34201/LC-L.2915-P.pdf>, [consulta: 5 de marzo de 2014], p. 10.

Esto es relevante puesto que dada la crisis energética se ha pretendido encontrar en los biocombustibles una solución que permita continuar con el actual modelo económico sin hacer grandes cambios, no obstante, si el rendimiento energético de ellos no es positivo, difícilmente esta intención se puede concretar en un escenario futuro.

Tal como en el caso de los demás impactos, el que el resultado del balance sea positivo o negativo, depende siempre de la materia prima utilizada, el lugar de su cultivo y los procesos de producción que se utilicen.

Algunos autores señalan que cuando se trata de la primera generación de biocombustibles, los mejores rendimientos energéticos se obtienen en los cultivos de zonas tropicales, pues en zonas templadas se hace un uso intensivo tanto de combustibles fósiles para su transformación como de fertilizantes para la obtención de los insumos requeridos.

Un ejemplo de ello es el del etanol a base de caña de azúcar, producido por Brasil, en este caso “[...] su excelente resultado se explica no sólo por el aprovechamiento de aguas lluvia [sic] y procesos aún relativamente intensivos en mano de obra, sino que también por la utilización de bagazo como materia prima para producir energía, permitiendo así el uso de toda la biomasa disponible en el cultivo”¹⁸⁸.

En cuanto a la segunda generación de estos combustibles, se debe decir que han tenido resultados superiores comparados con los de la primera generación, debido a que hacen un menor uso de los carburantes fósiles.

Con el impulso al desarrollo de los biocombustibles y al del resto de las energías renovables, se plantea el objetivo a muy largo plazo de obtener energía solamente de estas fuentes verdes sin la necesidad de recurrir a otro tipo de combustibles, sin embargo, “[...] no debe perderse de vista que la posibilidad de sustitución de combustibles fósiles estará dada, en primera instancia, por la productividad

¹⁸⁸ *Ibidem*, p. 50.

energética de la biomasa a ser utilizada, el suelo disponible para su cultivo y la sustentabilidad de su proceso de producción”¹⁸⁹.

Así pues, el hecho de que el resultado del balance sea positivo es importante, pues implica que los biocombustibles han sido eficientes en su proceso y con ello han minimizado los daños al medio ambiente.

4.2 Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)

El tema de las emisiones de GEI que los biocombustibles puedan o no evitar e incluso los aumentos que puedan propiciar, ha sido quizá el más debatido. Esto se debe a que actualmente tanto el calentamiento global como el consecuente cambio climático son dos de las principales preocupaciones de la humanidad.

En este tenor, hay que saber que el revuelo que tiene lugar cada vez que se aborda este tema, se debe a que estos combustibles denominados “verdes” obtuvieron un mayor impulso precisamente con la finalidad de enfrentar ambas problemáticas, (entre otros factores, tales como eliminar la dependencia energética e impulsar el desarrollo del sector agrícola), gracias a lo cual comenzaron a contemplarse dentro de las políticas energéticas de diversos países. Sin embargo, elaborar una opinión mejor fundamentada, requiere profundizar un poco más en la información.

Así pues, se puede comenzar apuntando, que las emisiones de GEI se pueden agrupar en dos principales categorías, las directas, que son todas aquellas que tienen que ver con el proceso productivo per sé y las indirectas que son las que se derivan de problemas asociados a dicho proceso, tales como el cambio de uso de suelo, la desertificación del mismo y el desplazamiento de otras actividades hacia zonas de bosques o selvas, propiciando la deforestación.

Hasta hace unos años las únicas que se tomaban en cuenta al momento de emitir un juicio sobre lo amigable ambientalmente hablando que resultaban los

¹⁸⁹ Annie Dufey, *et. al.*, *Biocombustibles como energía alternativa...*, *op. cit.*, p. 34.

biocombustibles eran las primeras, no obstante, debido a lo importante de las segundas y gracias a que pueden ser incluso más perjudiciales, se comenzó a investigarlas y a incluir los resultados en el balance final de dichas investigaciones.

Tal como en el caso de cualquier tema que tiene que ver con el desarrollo de esta industria, el balance de la cantidad de emisiones de GEI, puede ser positivo o negativo; ello depende de una buena cantidad de variables, entre las que se encuentran, los insumos utilizados, la manera en la que se producen dichos insumos, el proceso productivo que se emplea, así como también la forma en la que se consumen los productos finales y el uso de combustibles fósiles que se evite.

En muchas ocasiones se ha dicho que el resultado de dicho balance podría ser neutro, gracias a que al efectuarse la combustión de etanol o de biodiesel, sólo se emite la cantidad de GEI que los insumos absorbieron de la atmósfera durante su período de crecimiento, sin embargo, gracias a diversos estudios basados en el análisis del ciclo vital, algunos autores señalan que el resultado nunca es neutro y que por el contrario en la mayor parte de los casos es negativo.

Al respecto los autores de *El estado mundial de la agricultura y la alimentación, Biocombustibles: perspectivas, riesgos y oportunidades* exponen, que “En función de los métodos empleados para producir la materia prima y elaborar el combustible, algunos cultivos pueden generar aún más gases de efecto invernadero que los combustibles fósiles”¹⁹⁰.

Empero, tomando en cuenta sólo las emisiones directas se puede decir que los biocombustibles constituyen una opción viable, no obstante, no todos lo son en la misma proporción, por el contrario existen diferencias tanto entre generaciones como entre tipos de combustibles, ello se debe a la variedad de insumos y de métodos utilizados para producirlos.

Actualmente, dentro de la primera generación el producto que emplea los métodos más eficientes, reduce las emisiones del 20 al 60 por ciento comparado con los

¹⁹⁰ FAO, *El estado mundial de la agricultura...*, op. cit., p. 63.

combustibles fósiles, mientras que contemplando los mismos factores, dentro de la segunda generación se presentan ahorros mayores del nivel de 70 a 90 por ciento¹⁹¹.

Al respecto, varios textos mencionan que tanto el etanol brasileño como los biocombustibles de segunda generación, “[...] son aquellos que muestran las mayores reducciones de GEI [aproximadamente] – entre un 70% y un 100% – en relación a los combustibles fósiles. En el caso del bioetanol brasileño, más allá de las excepcionales condiciones naturales en términos de suelos de alta productividad y que la mayoría de la caña de azúcar se riega con aguas de lluvias, un factor clave detrás del excelente desempeño en término [sic] de emisiones de GEI es que prácticamente la totalidad de la energía requerida por las plantas de procesamiento es provista por el uso del bagazo [...], lo que significa que el requerimiento de combustibles fósiles es prácticamente cero y el surplus¹⁹² del bagazo se utiliza para la co-generación”¹⁹³.

Dentro de la gráfica doce, se presentan las reducciones de GEI de diferentes tipos de biocombustibles, en ella se tiene de manera visual lo anteriormente mencionado.

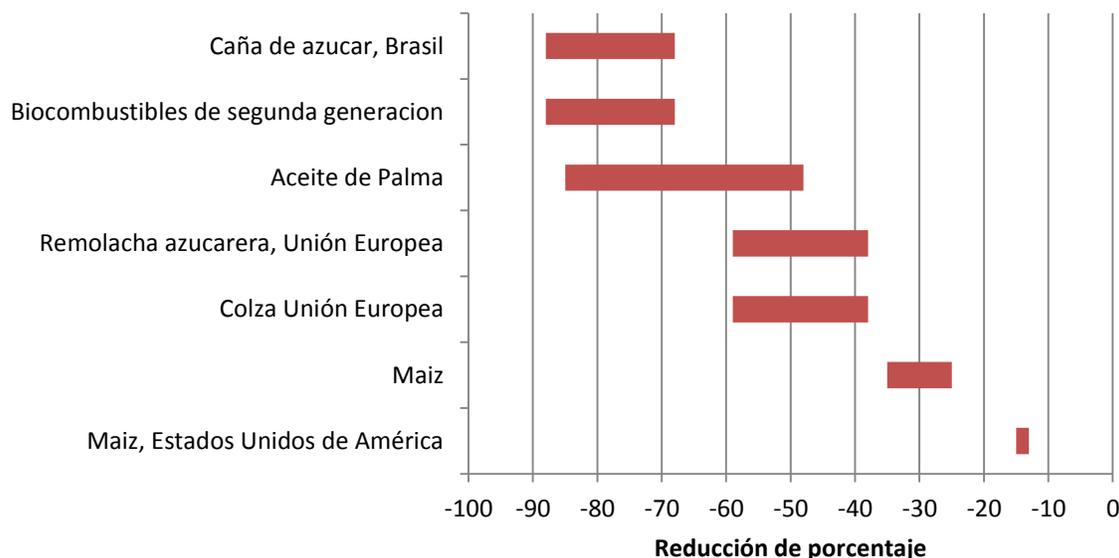
No obstante, estos resultados arrojados dentro de la gráfica, en realidad no deberían ser utilizados para sustentar la producción de biocombustibles a gran escala, debido a que no están contempladas las emisiones indirectas, quedan fuera del balance impactos de suma relevancia, tales como el cambio de uso de suelo y la degradación del mismo y su consecuente liberación de GEI, misma que en muchas ocasiones es varias veces mayor que la que tiene lugar a lo largo del proceso productivo. Además con dichas acciones no sólo se libera CO₂ (el GEI más conocido), sino también otro tipo de GEI, los cuales frecuentemente superan el potencial de calentamiento de éste y por consecuencia son más riesgosos.

¹⁹¹ *Ibidem*, p. 65.

¹⁹² Excedente. S/a, *Surplus*, [en línea], WordReference.com, Dirección URL: <http://www.wordreference.com/fres/surplus>, [consulta: 16 de febrero de 2014].

¹⁹³ Annie Duffey, *Estudio regional...*, *op. cit.*, p. 52.

Gráfica 12. Reducción en las emisiones de gases de efecto invernadero de determinados biocombustibles en comparación con los combustibles fósiles



Nota: No comprende las repercusiones del cambio en el uso de la tierra.

Fuente: FAO, *El estado mundial de la agricultura y la alimentación, Biocombustibles: perspectivas, riesgos y oportunidades*, [en línea], 146 pp., Roma, Italia, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), 2008, Dirección URL: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/i0100s/i0100s.pdf>, [consulta: 10 de julio de 2013], p. 65.

Ejemplos de ello se encuentran en fertilizantes y plaguicidas que se utilizan en los cultivos de las materia primas, y que se liberan con la degradación del suelo; tal es el caso del óxido nitroso, el cual tiene un potencial de calentamiento global unas 300 veces mayor que el dióxido de carbono¹⁹⁴.

Las emisiones indirectas, son aún un tema nuevo, que como ya se ha dicho, usualmente no son contempladas al momento de emitir un juicio sobre la viabilidad ambiental de los combustibles derivados de la biomasa, pero que son incluso más importantes que las emisiones directas. Si ellas fueran tomadas en cuenta, los casos supuestamente exitosos como el de la industria brasileña, en realidad serían mucho más perjudiciales que los demás¹⁹⁵.

¹⁹⁴ Cfr., FAO, *El estado mundial de la agricultura...*, op.cit., p. 63.

¹⁹⁵ Cfr., Annie Duffey, *Estudio regional...*, op. cit., p. 53.

En este caso específico se ha hablado de grandes consecuencias ambientales, debido a que se ha recurrido a la deforestación de zonas como la selva amazónica¹⁹⁶, el Cerrado¹⁹⁷ y el Pantanal¹⁹⁸.

Debido a la falta de información sobre este asunto y con el objetivo de sentar bases más sólidas, a partir de las cuales se puedan tomar mejores decisiones respecto a la promoción y producción de los biocombustibles, se han realizado esfuerzos por parte de organismos como la Asociación Mundial de la Bioenergía,

¹⁹⁶ La Amazonía cubre “el equivalente a 40% del territorio de América del Sur, la cuenca del río Amazonas alberga el bosque tropical más grande del mundo, y además: Alberga casi un tercio de la biodiversidad del planeta.

- Surte una cuarta parte del agua dulce de la Tierra.
- Alberga a millones de personas, incluyendo comunidades tradicionales e indígenas.
- Desempeña un papel clave en el clima y en el ciclo global de carbono.

Sin embargo, la región afronta varias amenazas: durante los últimos 40 años, una quinta parte del bosque amazónico ha sido talada y la frontera de deforestación sigue avanzando rápidamente”. The Nature Conservancy, *Brasil, Amazonía*, [en línea], Dirección URL: <http://www.mundotnc.org/donde-trabajamos/americas/brasil/lugares/index.htm>, [consulta: 17 de febrero de 2014].

¹⁹⁷ “El Cerrado es la sabana biológicamente más rica del mundo. Posee más de 10.000 especies de plantas, de las cuales 45% son exclusivas de la región. Además, se extiende a lo largo de más de 200 millones de hectáreas de Brasil. El Cerrado también alimenta tres de las cuencas de agua principales en América del Sur: el río Amazonas, el río Paraguay y el río Sao Francisco. [...] se encuentra en la región central de las llanuras altas y cubre aproximadamente el 23% de la superficie de Brasil. [...] alberga 935 especies de aves y cerca de 300 mamíferos, entre los que se incluyen especies en peligro de extinción tales como: el Zorro del cerrado, el Armadillo gigante, el Jaguar, el Lobo de crin y el Ciervo de los pantanos y de las pampas. Los científicos estiman que el Cerrado posea 10.000 especies de plantas vasculares. Existen más de 400 especies de árboles y arbustos que son únicas en la región. [Actualmente] El Cerrado es una de las sabanas menos protegidas del mundo: menos del 2% de su territorio es conformado por parques nacionales o áreas de conservación”. The Nature Conservancy, *Brasil, Cerrado*, [en línea], Dirección URL: <http://www.mundotnc.org/donde-trabajamos/americas/brasil/lugares/cerrado-1.xml>, [consulta: 17 de febrero de 2014].

¹⁹⁸ “El Pantanal es el humedal más grande del mundo, una llanura que se inunda estacionalmente por los afluentes del río Paraguay. [...] es también uno de los hábitats más productivos del mundo. Las inundaciones anuales, alimentadas por lluvias tropicales, crean un vivero gigante para la vida acuática. A medida que las aguas se retiran en la temporada seca, el Pantanal atrae a una gran afluencia de aves y otros animales como los jaguares, las nutrias de río, y los tapires. Este es uno de los fenómenos naturales más sorprendentes del hemisferio. Ubicado en la cuenca superior del río Paraguay, el Pantanal cruza la frontera de Brasil con Bolivia y Paraguay. Aproximadamente el ochenta por ciento del Pantanal se encuentra en Brasil. El Pantanal atrae grandes poblaciones de animales que se alimentan y reproducen en la región. Entre ellos se incluyen: la Nutria gigante, el Jaguar, el Ciervo de los pantanos y el Tapir. [...] también alberga más de 650 especies de aves, incluyendo a cormoranes, garcetas, garzas, guacamayos azules, ibis, jabirúes y espátulas rosadas. Al compararlo con otros humedales del mundo, el Pantanal es considerado el más preservado. Sin embargo, menos del 2% de su territorio está protegido. La ubicación estratégica del Pantanal lo hace más vulnerable al avance de la industria agropecuaria, la contaminación del agua, la construcción de diques e iniciativas de navegación comercial, lo que aumenta la presión sobre la región”. The Nature Conservancy, *Brasil, Pantanal*, [en línea], Dirección URL: <http://www.mundotnc.org/donde-trabajamos/americas/brasil/lugares/pantanal-2.xml>, [Consulta: 17 de febrero de 2014].

para crear un método aceptado universalmente, que contemple no sólo al proceso productivo, sino también temas como el cambio de uso de suelo, la contaminación del suelo y del agua, la desertificación y la deforestación, que se producen como consecuencia del primero.

Este esfuerzo es importante debido a que los GEI que se liberan con el cambio de uso de suelo son mayores a los emitidos incluso en un proceso en el que no necesariamente se utilicen ni los insumos con mejores rendimientos energéticos ni las técnicas de conversión más amigables con el medio ambiente.

En torno a esto, “Fargione *et al.* (2008) estimaron que la conversión de selvas lluviosas, turberas, sabanas y pastizales para producir etanol y biodiésel en Brasil, Indonesia, Malasia o los Estados Unidos de América libera al menos 17 veces más dióxido de carbono que lo que estos biocombustibles ahorran anualmente al sustituir a los combustibles fósiles. Estos autores consideran que serán necesarios 48 años para compensar esta «deuda de carbono» si la tierra perteneciente al Programa de conservación de reservas se volviera a destinar a la producción de etanol a partir de maíz en los Estados Unidos de América, más de 300 años si la selva lluviosa amazónica se destinara a la producción de biodiésel a partir de soja, y más de 400 años si las selvas lluviosas y turberas tropicales de Indonesia o Malasia se destinaran a la producción de biodiésel a partir de aceite de palma”¹⁹⁹.

Debido a lo impactante de las cifras, algunos autores consideran que más que una herramienta, los biocombustibles constituyen un obstáculo para el enfrentamiento de problemas ambientales de gran magnitud como el Calentamiento Global y el Cambio Climático e incluso proponen que sería mejor invertir en investigación que colabore con la mejora del rendimiento de los combustibles fósiles, así como también utilizar otro tipo de energías renovables, mejorar las técnicas agrícolas y apostar por la reforestación de bosques y selvas ya que estos son importantes sumideros de CO₂.

Dichos autores “[...] realizaron un cálculo aproximado de las emisiones de carbono evitadas por el cultivo de diversas materias primas para la producción de etanol y

¹⁹⁹ FAO, *El estado mundial de la agricultura...*, op. cit., p. 66.

biodiésel en tierras ya cultivadas [...] [y] Constataron que, en cada caso, se captaría más carbono en un período de 30 años mediante la conversión de la tierra de cultivo en bosques”²⁰⁰.

Asimismo, queda claro que en cuanto a emisiones de GEI se trata, el balance de los impactos de la producción de este tipo de combustibles en general es negativo, y se pone de manifiesto que los cambios en los hábitos de consumo y por consecuencia un cambio sustancial al actual modelo de producción capitalista son la mejor alternativa que se tiene para enfrentar los grandes problemas ambientales, pero no sólo ellos, sino también los problemas energéticos a los que se enfrenta hoy en día la humanidad.

Los biocombustibles, pueden seguir siendo utilizados, pero más que como base de un nuevo sistema energético, se les debe contemplar como un producto más dentro de la oferta energética mundial, ya que los efectos negativos que presentan surgen sólo cuando se pretende hacer de su industria una de gran escala e intensiva.

4.3 Cambio de uso de suelo

El cambio de uso de suelo es un fenómeno que tiene lugar desde épocas remotas, pero que se ha intensificado con la aceleración en el incremento de la población mundial y su constante demanda de alimentos, agua y combustibles; es la principal forma en la que el ser humano se relaciona con el medio ambiente.

La historia de la humanidad está relacionada con la explotación de los recursos naturales. Es más no podríamos concebir las características de la sociedad contemporánea sin considerar que gracias a su utilización los diversos grupos humanos se han constituido en civilizaciones. [...]. La relación entre los individuos y los bosques, en un primer momento, podríamos decir fue equilibrada y sostenible; es decir, que los niveles de extracción y degradación de los ecosistemas forestales no superaban su capacidad de resiliencia. [...]. Sin embargo, en la medida en la

²⁰⁰ *Idem.*

que los desarrollos tecnológicos y los procesos de industrialización avanzaron los impactos fueron mayores²⁰¹.

Actualmente, constituye la principal preocupación ambiental que se tiene frente al tema de los biocombustibles, siendo el mayor impacto que la industria bioenergética tiene y que está invariablemente ligado al tema de las emisiones de GEI.

Esta actividad ocurre principalmente en las primeras etapas de la producción de los biocombustibles, pues se lleva a cabo con el objetivo de dar paso al cultivo de los insumos necesarios. No obstante, se puede presentar de dos formas, directa e indirectamente; la primera consiste en la transformación de zonas boscosas o selváticas, mediante la deforestación, con la finalidad de convertirlas en otras dedicadas a los cultivos energéticos, mientras que la segunda tiene lugar cuando se utilizan zonas ya dedicadas a otras actividades como la agricultura o la ganadería e incluso zonas degradadas y se obliga a que dichas actividades se desplacen hacia nuevos territorios.

No necesariamente es una actividad negativa, lo que la vuelve perjudicial es el lugar, la escala y la rapidez con la que se lleva a cabo.

“El uso del suelo está inherentemente ligado con la sustentabilidad del uso de los recursos naturales. La forma e intensidad en que se modifica la cubierta vegetal determina la persistencia de los ecosistemas y, por ende, de los recursos y servicios que éstos proporcionan. Es fundamental, por tanto, entender en detalle los procesos de cambio de uso del suelo y sus efectos”²⁰².

²⁰¹ Mtro. Fausto Quintana Solórzano, *Impacto de la cooperación internacional forestal en el capital social local: el caso del ejido Noh Bec*, [en línea], 240 pp., tesis de doctorado en Ciencias Políticas y Sociales con orientación en Relaciones Internacionales, FCPyS, Instituto de Investigaciones Sociales, Centro de Investigaciones sobre América del Norte, Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias, UNAM, 2012, Dirección URL: <http://132.248.9.195/ptd2012/agosto/092284562/Index.html>, [consulta: 1 de mayo de 2014], pp. 94-95.

²⁰² SEMARNAT, *Vegetación y uso del suelo: Cambios en el uso del suelo*, [en línea], México, D.F., Dirección General de Estadística e Información ambiental, Dirección URL: http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_04/02_vegetacion/cap2_2.html, [consulta: 5 de marzo de 2014].

Lo problemático de la situación radica en que si bien el cambio de uso de suelo ocurre en una escala local, su impacto no se limita a dicho nivel, muy por el contrario tiene repercusiones globales, gracias a que con ello se alteran ciclos como el del carbono y el hidrológico y se pierden otros servicios ambientales.

Los bosques proporcionan servicios de gran importancia: forman y retienen los suelos en terrenos con declive evitando la erosión; favorecen la infiltración de agua al subsuelo alimentando los mantos freáticos y también purifican el agua y la atmósfera [...]. Además, son fuente de bienes de consumo tales como madera, leña, alimentos y otros 'productos forestales no maderables' (alimentos, fibras, medicinas), [...]. Las comunidades vegetales dominadas por formas de vida arbórea constituyen, además, enormes reservas de carbono en forma de materia orgánica. Estimaciones recientes muestran que los bosques del planeta almacenan unas 280 gigatoneladas de carbono en la biomasa de los árboles. [...] la suma total del carbono retenido en la biomasa forestal, en los árboles muertos, la hojarasca y el suelo, supera en alrededor de 50% la cantidad total de carbono contenido en la atmósfera. [...] Un segundo motivo de preocupación en torno a la deforestación es su impacto negativo sobre la diversidad biológica del planeta. Al retirarse la cubierta forestal no sólo se elimina directamente a varias especies, sino que las condiciones ambientales locales se modifican seriamente. Bajo esas nuevas condiciones muchos organismos son incapaces de sobrevivir ya sea porque sus límites de tolerancia son insuficientemente amplios, [...] o bien, porque cambian las condiciones bajo las que interactúan con otras especies [...] y pueden entonces ser desplazadas²⁰³.

Existen diferentes procesos, a través de los cuales se lleva a cabo el cambio de uso de suelo, sin embargo, los tres principales son la deforestación²⁰⁴, la degradación²⁰⁵ y la fragmentación²⁰⁶; todos ellos de alguna u otra forma se han

²⁰³ SEMARNAT, *Vegetación y uso del suelo: Procesos del Cambio de uso del suelo*, [en línea], México, D.F., Dirección General de Estadística e Información ambiental, Dirección URL: http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_04/02_vegetacion/cap2_3.html, [consulta: 5 de marzo de 2014].

²⁰⁴ “[...] es el cambio de una cubierta dominada por árboles hacia una que carece de ellos”. *Idem*.

²⁰⁵ “[...] se define como un cambio en la salud del suelo resultando en una disminución de la capacidad del ecosistema para producir bienes o prestar servicios para sus beneficiarios”. FAO, *Degradación del Suelo*, [en línea], Portal de Suelos de la FAO, 2014, Dirección URL: <http://www.fao.org/soils-portal/degradacion-del-suelo/es/>, [consulta: 5 de marzo de 2014].

²⁰⁶ “[...] es la transformación del paisaje dejando pequeños parches de vegetación original rodeados de superficie alterada”. SEMARNAT, *Vegetación y uso del suelo: Procesos...*, *op. cit.*, s/p.

llevado a cabo con el impulso a la industria de los biocombustibles, sin embargo, la deforestación es el proceso más común y hasta ahora el más alarmante debido a la gran escala con la que se realiza hoy en día. Si bien hoy por hoy se habla de una disminución de dicha actividad, el problema todavía es alarmante.

Un estudio reciente de la FAO ha arrojado como resultado que “A nivel mundial, se han convertido a otros usos o se han perdido por causas naturales 13 millones de hectáreas de bosques anuales entre 2000 y 2010, en comparación con 16 millones de hectáreas anuales durante la década de 1990 [...]”²⁰⁷.

En dicho estudio se ha puesto de manifiesto que son principalmente países como Brasil o Indonesia los que cuentan con las mayores tasas de pérdida de áreas naturales, ello es importante debido a que son curiosamente el principal exportador de biocombustibles; en el caso del primero y el país con mayor potencial como futuro productor y exportador en el caso del segundo. Los grandes niveles de deforestación podrían estar relacionados con el crecimiento de sus industrias bioenergéticas, aunque ello no está confirmado.

Pese a la cruda realidad que queda plasmada en el estudio antes mencionado, dentro del mismo también se reconoce que “los ambiciosos programas de plantaciones forestales en países como China, India, Estados Unidos y Viet Nam - combinados con la expansión natural de los bosques en algunas regiones - han añadido más de siete millones de hectáreas de nuevos bosques, cada año. Como consecuencia, la pérdida neta de superficie forestal se ha reducido de los 8,3 millones de hectáreas al año de la década de 1990 a 5,2 millones de hectáreas anuales entre 2000 y 2010”²⁰⁸.

Según los mismos datos las mayores pérdidas tuvieron lugar en Sudamérica y África, mientras que en Norteamérica y Centroamérica hubo estabilidad y finalmente crecimiento en Asia y en menor medida en Europa. No obstante, las

²⁰⁷ FAO, *La deforestación disminuye en el mundo, pero continúa a ritmo alarmante en muchos países*, [en línea], Roma, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Medios, Noticias, 25 de marzo de 2010, Dirección URL: <http://www.fao.org/news/story/es/item/40952/icode/>, [consulta: 7 de marzo de 2014].

²⁰⁸ *Idem*.

mejoras que se han obtenido pueden estar en riesgo de caer de nuevo en números rojos debido a que los planes de reforestación de países como China, India y Vietnam terminan en 2020, así pues se requiere de la creación de políticas permanentes que permitan proteger lo ya ganado.

Dadas las cifras anteriores y gracias a que las zonas boscosas y selváticas son grandes sumideros de CO₂²⁰⁹, se puede decir que el cambio de uso de suelo es quizá la actividad más contaminante dentro de todo el proceso productivo de los biocombustibles, pues gracias a ello se liberan grandes cantidades de dicho GEI, e incluso deja reducido a la insignificancia las posibles emisiones de GEI evitadas con el uso de biocombustibles, un ejemplo de ello es, que mientras “[...] el maíz destinado a la producción de etanol puede generar un ahorro de gases de efecto invernadero de unas 1,8 toneladas de dióxido de carbono por hectárea al año y el pasto varilla, un posible cultivo de segunda generación, puede ahorrar unas 8,6 toneladas por hectárea al año, la conversión de pastizales para producir estos cultivos puede emitir unas 300 toneladas por hectárea y la conversión de tierras forestales puede emitir entre 600 y 1 000 toneladas por hectárea [...]”²¹⁰.

Esta situación se vuelve más preocupante cuando se piensa en que todas esas emisiones son sólo una parte del total que se liberan con el cambio de uso de suelo, pues al quedar el suelo sin protección y al degradarse emite otra cantidad semejante de GEI almacenados dentro de él. Sin embargo, “tomando en cuenta sólo el primer rubro se puede decir que con la quema de una hectárea de

²⁰⁹ “Los bosques [y selvas] pueden actuar a modo de depósito, sumideros y fuentes de gases de efecto de invernadero, por tanto, tienen gran importancia en la moderación del intercambio neto de este tipo de gases entre la tierra y la atmósfera. Los bosques [y las selvas] actúan como depósito carbono (sic) en la biomasa y en el suelo. Son sumideros de carbono cuando aumenta su extensión o productividad, que dan lugar a la absorción de CO₂ atmosférico, a la inversa actúan como fuente cuando la quema y la decadencia de la biomasa y la perturbación del suelo producen emisiones de CO₂ y de otros gases de efecto invernadero”. Fausto Quintana Solórzano, *La cooperación internacional para un desarrollo forestal durable en América Latina: La relación Finlandia-México*, [en línea], 137 pp., tesis de licenciatura en Relaciones Internacionales, FCPyS, UNAM, 2001, Dirección URL: <http://132.248.9.195/pd2001/300230/index.html>, [consulta: 1 de mayo de 2014], p. 34.

²¹⁰ Fargione *et al.*, The Royal Society y Searchinger, en FAO, *El estado mundial de la agricultura...*, *op. cit.*, pp. 63 y 64.

vegetación de bosque tropical se libera una cantidad de emisiones de CO2 equivalente a la combustión de 177.000 litros de gasolina”²¹¹.

Hoy en día, el total mundial de las tierras se encuentra dividido en cuatro categorías principales, éstas son la agricultura, la ganadería, las zonas urbanas y naturales o de protección ambiental. “En la actualidad los sistemas de cultivo y ganaderos ocupan alrededor de una cuarta parte de la superficie terrestre, transformación que ha sido impulsada en gran parte para resolver el enorme aumento de la demanda de alimentos, agua, fibras y combustibles”²¹².

Al respecto, el aumento en la producción de biocombustibles supone un conflicto, debido a que para llevarse a cabo requiere del desplazamiento de alguna de ellas, que en muchos casos siempre resulta ser la conservación de bosques y selvas, directa o indirectamente.

Esto se vuelve mucho más problemático gracias a las ambiciosas metas de producción y consumo de la Unión Europea, los Estados Unidos, Brasil, China e India, aunque también se debe a que como algunos autores señalan cuando se eleva el precio de las materias primas, los agricultores optan por expandir la frontera agrícola con el objetivo de satisfacer la demanda y obtener mayores ganancias económicas, renunciando a la producción de insumos que sirven como alimento.

“Los motivos de la tala indiscriminada son muchos, pero la mayoría están relacionados con el dinero o la necesidad de los granjeros de mantener a sus familias. El inductor subyacente de la deforestación es la agricultura. Los

²¹¹ Cfr., José Javier Gómez, *et. al.*, “Consideraciones ambientales en torno a los biocombustibles líquidos”, [en línea], 52 pp., Santiago de Chile, Naciones Unidas, CEPAL, Serie Medio ambiente y desarrollo N° 137, julio de 2008, Dirección URL: <http://www.eclac.org/publicaciones/xml/1/34201/LC-L.2915-P.pdf>, [consulta: 5 de marzo de 2014], p. 12.

²¹² SEMARNAT, *Vegetación y uso del suelo: Cambios en...*, s/p.

agricultores talan los bosques con el fin de obtener más espacio para sus cultivos o para el pastoreo de ganado”²¹³.

Este problema, lejos de quedar en los niveles actuales, tiene un futuro todavía más impactante para el medio ambiente pues al respecto “La AIE prevé que las tierras empleadas para la producción de biocombustibles y de productos derivados de ellos se tripliquen o cuadrupliquen, en función de las políticas empleadas, a nivel mundial en las próximas décadas y que ocurra más rápidamente en Europa y América del Norte”²¹⁴.

Empero, las mayores presiones sobre los ecosistemas tienen y tendrán lugar en países como Brasil y otros del sudeste asiático, tales como Indonesia y Malasia, en estos últimos “[...] el incremento en la demanda por aceite de palma [ya] está contribuyendo a la tasa de pérdida de bosques tropicales de 1,5% anual en estos países. [Mientras que en otros países como] EE.UU. los precios crecientes del maíz, trigo y soja están causando que una gran proporción de los 15 millones de hectáreas hasta hace poco bajo el Programa de Reservas de Conservación se estén volviendo a cultivar”²¹⁵.

Si bien no son los biocombustibles la única causa del cambio de uso de suelo, específicamente de la deforestación de bosques y selvas, la realidad es que con las ambiciosas metas de producción y consumo planteadas por los diferentes actores de la industria, se exigen mayores cantidades de tierras, poniendo así en crisis la situación de por sí tensa.

Los ríos, lagos y mares también se han visto seriamente afectados por el cambio de uso del suelo. La transformación de las cuencas de captación y el uso del agua de los ríos modifica la cantidad y calidad del agua que transportan o albergan. [...] en otros casos, las modificaciones del ciclo hidrológico para proveer de agua a la agricultura, la industria y los centros urbanos han reducido a tal punto el agua que transportan los ríos que han

²¹³ National Geographic, “Deforestación: terrible plaga de nuestro tiempo”, [en línea], Dirección URL: <http://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/calentamiento-global/deforestation-overview>, [consulta: 7 de marzo de 2014].

²¹⁴ FAO, *El estado mundial de la agricultura...*, op.cit, p. 70.

²¹⁵ Fargione, J. et al, en José Javier Gómez, et. al., op.cit, p. 13.

afectado fuertemente los ecosistemas acuáticos; quizá el caso más dramático sea el mar Aral, donde la intensa extracción de agua de sus afluentes ha reducido a tal punto la calidad de sus aguas que prácticamente se ha colapsado su productividad²¹⁶.

Debido a lo preocupante de la situación la Unión Europea ha optado por promover el desarrollo de biocombustibles producidos a base de desechos, con los cuales se pueda evitar el impacto sobre zonas de bosques y selvas principalmente de países en desarrollo que es de los cuales importa tanto biocombustibles, insumos para producirlos y alimentos. De esta manera se podría cumplir la ambiciosa meta que se tiene de usar biocombustibles equivalentes al 10% de los carburantes utilizados en toda la Unión en 2020. Para lograrlo la UE también ha impuesto ciertos estándares ambientales con los cuales deben cumplir todos los biocombustibles importados. Al respecto en 2008 se lanzó una iniciativa que proponía que los biocombustibles importados “[...] no podrán proceder de materias primas obtenidas de tierras que hasta enero de 2008 fueran ‘bosques en los que no haya habido actividad humana significativa’ o ‘áreas protegidas, a no ser que se certifique que la producción de biocombustible no interfiere en la protección ambiental’. Tampoco podrán proceder las materias primas de humedales, bosques -entendidos como áreas de más de una hectárea con árboles de más de cinco metros de altura- o praderas y tierras utilizadas para pasto durante los últimos 20 años”²¹⁷.

A pesar de que la mayor parte de los resultados del cambio de uso de suelo son negativos, existen también algunos positivos que pueden obtenerse con la producción de biocombustibles, específicamente cuando se emplean cultivos energéticos en zonas degradadas.

²¹⁶ SEMARNAT, *Vegetación y uso de suelo: Cambios locales, consecuencias globales*, [en línea], México, D.F., Dirección General de Estadística e Información ambiental, Dirección URL: http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_04/02_vegetacion/recuadros/c_rec2_02.htm, [consulta: 5 de marzo de 2014].

²¹⁷ Ana Carbajosa, “La UE vetará los biocombustibles que causen deforestación o pobreza: Bruselas condiciona la importación de la ‘gasolina verde’ ante la presión de las ONG”, [en línea], Bruselas, El País, Archivo, 15 de enero de 2008, Dirección URL: http://elpais.com/diario/2008/01/15/sociedad/1200351602_850215.html, [consulta: 4 de marzo de 2014].

[...] algunos cultivos energéticos como árboles y pastizales requieren menores insumos y, en algunos casos, pueden crecer en tierras degradadas promoviendo así la restauración de las tierras. Estos cultivos tienen el potencial de extender la tierra disponible establecida para las actividades agrícolas, además de crear nuevos mercados para los agricultores [...]. Cultivos como la *jatropha* en su etapa de crecimiento puede almacenar humedad, estabilizar el suelo y desacelerar (si no es que revertir) la desertificación y dar paso a otros cultivos [...]²¹⁸.

Sin embargo, tal como en otros temas relacionados con los posibles beneficios de la producción de biocombustibles, existen posturas que se contraponen, pues mientras algunos autores ven en estos cultivos ventajas ambientales, hay quienes sostienen que muy por el contrario se tendrían consecuencias todavía más adversas y con insignificantes ganancias en términos energéticos y económicos.

Si bien aún existe en el mundo capacidad de expansión para la actividad agrícola, ésta ya no es mucha, oscila aproximadamente entre 250 y 800 millones de hectáreas²¹⁹, es por ello que se deben contemplar además de la ampliación del área de cultivo, otras posibles soluciones como la intensificación de la producción agrícola para utilizar al máximo las tierras ya destinadas para estos fines.

La tasa de crecimiento de la demanda de biocombustibles en los últimos años supera con creces los valores históricos de crecimiento de la demanda de productos agrícolas y de aumento del rendimiento de los cultivos. Esto sugiere que el cambio del uso de la tierra y las repercusiones medioambientales conexas podrían convertirse en un problema más importante con respecto a las tecnologías tanto de primera como de segunda generación. A corto plazo, esta demanda podría satisfacerse mediante el aumento del área destinada a los cultivos para biocombustibles mientras que, a medio y largo plazo, podrían empezar a dominar la mejora de las variedades de cultivos para biocombustibles, los cambios en las prácticas agrarias y las nuevas tecnologías tales como la conversión celulósica²²⁰.

Así, como se mencionó, las mejoras en los métodos de producción y por consecuencia en los rendimientos de los cultivos, son cruciales.

²¹⁸ Annie Duffey, *Estudio regional...*, op. cit., p. 55.

²¹⁹ FAO, *El estado mundial de la agricultura...*, op. cit., p. 69.

²²⁰ *Idem*.

4.4 Intensificación de la producción agrícola: degradación del suelo y contaminación y escasez del agua

Dada la existencia de problemas tales como la expansión de la frontera agrícola y la consecuente deforestación de bosques y selvas, aunado al establecimiento de ambiciosas metas de producción por parte de los principales productores de biocombustibles, se han planteado algunas soluciones, mismas que se presume además de solucionar dichas complicaciones, permitirán el crecimiento de la industria de los bioenergéticos.

Dentro de las posibles alternativas se encuentran, tanto el tránsito hacia la segunda generación de biocombustibles (con la cual se produzca a partir de los desechos del hombre y sus actividades y de productos no alimenticios), como el uso de la intensificación de la producción agrícola. Si bien ambas opciones tienen sus debates, es la segunda la que ocupa la atención de la presente investigación, debido a los efectos perjudiciales que tiene en el medio ambiente.

Si bien, se le ha apostado como una herramienta que puede evitar continuar con actividades como el cambio de uso de suelo y la competencia entre el sector agrícola tradicional y el destinado al cultivo de insumos para la fabricación de etanol y biodiesel, lo cierto es que es una actividad altamente contaminante, debido a que no evita en realidad la expansión de las tierras de cultivo, muy por el contrario ésta resulta solamente un complemento que permitirá lograr la satisfacción de la demanda creciente de biocombustibles, mediante el aumento de los niveles de producción. Además con la realización de dicha actividad se genera también contaminación de mantos freáticos y desertificación de la tierra debido al uso intensivo de fertilizantes, pesticidas y agua.

Los elementos que comprende la intensificación en términos generales son: el mejoramiento genético de de los insumos así como también de los métodos agrícolas, el uso eficiente del agua, entre otros.

“Actualmente en la mayor parte del mundo exceptuando a África, se ha venido trabajando en este tema, no obstante, aún queda mucho por hacer”²²¹.

En el tema de la bioenergía, concretamente en la producción de biocombustibles líquidos, actualmente se está haciendo mucho en cuanto al desarrollo de investigación necesaria para transitar del uso masivo de combustibles de primera generación hacia una utilización más importante de los de segunda generación; ello corresponde también a un proceso de intensificación.

En la gráfica 13, se presenta una serie de cuatro gráficas elaboradas por investigadores de la FAO, en las cuales se puede observar el potencial de incremento del rendimiento de cuatro de los principales cultivos con los cuales se producen biocombustibles hoy en día.

En el caso brasileño, expertos en el tema del etanol creen que “[...] incluso sin mejoras genéticas en la caña de azúcar, se podría conseguir un aumento del rendimiento del orden del 20 por ciento durante los próximos diez años mediante tan sólo la mejora de la gestión de la cadena de producción”²²².

Concretamente la intensificación agrícola, implica el uso constante y en gran medida de pesticidas y fertilizantes además de grandes cantidades de agua, por lo que se pueden enumerar mayores impactos negativos que positivos. Algunos de ellos principalmente relacionados con el uso de fertilizantes son:

- [E]l arrastre del nitrógeno y del fósforo [contenidos en los fertilizantes] hacia cuerpos de agua provocando la proliferación de algas y la disminución del oxígeno disponible (eutrofización);
- problemas graves a la salud si la lixiviación²²³ de nitratos y fosfatos llega a acuíferos usados para abastecimiento de poblaciones;

²²¹ Cfr., *ibidem*, p. 71.

²²² Squizzato en *ibidem*, p. 72.

²²³ “Se llama así al fenómeno de desplazamiento de sustancias solubles o dispersables (arcilla, sales, hierro, humus) causado por el movimiento de agua en el suelo, y es, por lo tanto, característico de climas húmedos. Esto provoca que algunas capas del suelo pierdan sus compuestos nutritivos, se vuelvan más ácidas y a veces, también se origine toxicidad. Por lixiviación pueden perderse grandes cantidades de fertilizantes porque descienden a los horizontes inferiores del suelo, adonde no llegan las raíces de los cultivos. En climas muy húmedos la vegetación natural, sobre todo la forestal, sirve de protección contra lixiviación. Cuando el

- [Incremento de] las emisiones de gases de efecto invernadero a través de dos vías: durante el proceso de producción de los fertilizantes sintéticos y en su aplicación al cultivo a través de la liberación de N₂O (uno de los gases de efecto invernadero)²²⁴.

Gracias a estos costes ambientales se ha recurrido a la ingeniería genética, con la finalidad de producir semillas más resistentes a plagas y otras circunstancias sin la necesidad de hacer uso de este tipo de elementos. Sin embargo, existe también todo un debate en torno a la conveniencia de utilizar organismos genéticamente modificados (OGM).

La degradación del suelo es una de las consecuencias más comunes de la intensificación agrícola; es el resultado del uso ineficiente de los nutrientes del suelo de cada insumo cultivado. Según un estudio realizado en Estados Unidos el biodiesel a partir de soya muestra ventajas en este sentido sobre el etanol a partir de maíz, “Por cada unidad de energía ganada, el biodiesel de soja usa solo el 1,0% del nitrógeno, el 8,3% del fósforo y el 13% del pesticida (en peso) del que requiere el etanol de maíz. Este estudio considera los balances netos de energía incluyendo subproductos y la energía utilizada en los procesos agrícola e industrial”²²⁵.

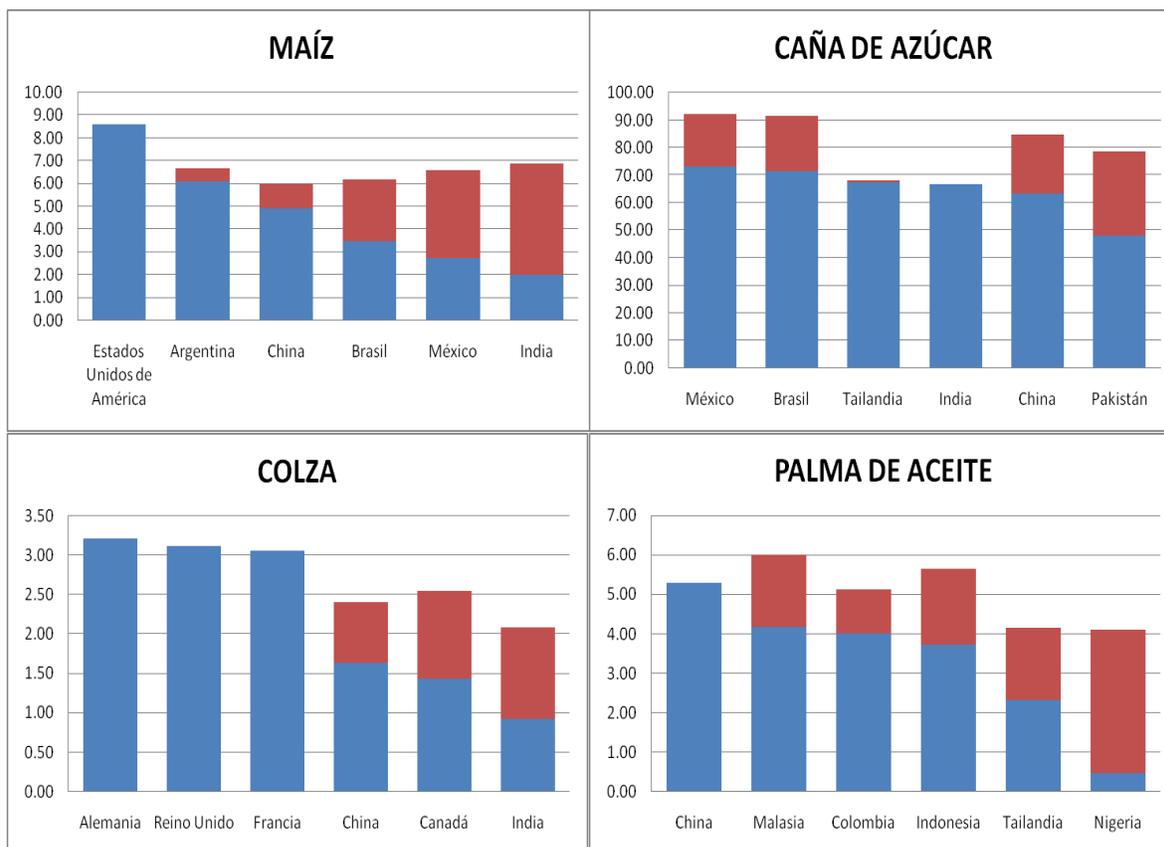
hombre la destruye, este proceso se acelera considerablemente y la retención de nutrientes en la zona radical se interrumpe. Otras formas de contribuir a la lixiviación son mediante el empleo de fertilizantes con elevada acidez, el riego excesivo y cultivos que retienen muchos nutrientes del suelo.

Otro efecto de este proceso natural se produce cuando determinadas concentraciones de sustancias y componentes tóxicos que se encuentran en el suelo, al entrar en contacto prolongado con el agua, se difunden al medio y lo agreden”. Elsa Muro, *Lixiviación*, [en línea], Dirección URL: <http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/Lixiviac.htm>, [consulta: 1 de mayo de 2014].

²²⁴ José Javier Gómez, *et. al., op. cit.*, p. 14.

²²⁵ *Ibidem*, p. 15.

Gráfica 13. Potencial de incremento del rendimiento para determinados cultivos materia prima de los biocombustibles



Nota: En algunos países los rendimientos actuales son superiores a los potenciales como resultado del riego, las cosechas múltiples, la utilización de insumos y diferentes prácticas de producción aplicada.

Fuente: FAO, *El estado mundial de la agricultura y la alimentación, Biocombustibles: perspectivas, riesgos y oportunidades*, [en línea], 146 pp., Roma, Italia, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), 2008, Dirección URL: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/i0100s/i0100s.pdf>, [consulta: 10 de julio de 2013], p. 72.

En cuanto al tema de la degradación del suelo como bien se apuntó, ésta depende del tipo de cultivo del cual se trate, teniendo lugar con mayor frecuencia cuando se trata de cultivos de rápida rotación o anuales.

“Así, los cultivos leñosos y los cultivos como la caña de azúcar, que permanecen varios años hasta su renovación, son en general menos propensos a la erosión que los cultivos de carácter anual (soya, girasol), [...]. [...] [Además] cumplen la función de sumideros y reservorios de carbono. Datos de Brasil para caña de azúcar muestran que las pérdidas de suelo por erosión (12,4

ton/ha/año) son relativamente pequeñas en comparación con otros cultivos como arroz, soya o frijol que presentan pérdidas de 25,1 ton/ha/año, 20,1 ton/ha/año y 38,1 ton/ha/año, respectivamente”²²⁶.

Por otro lado, en torno al tema del agua existen varios puntos a considerar, el primero de ellos es que la producción de biocombustibles es intensiva en su uso en todas las partes de su proceso, desde el cultivo de las materias primas (incluso en cultivos como la jatropha que requiere de dicho líquido sólo en épocas muy calurosas) hasta la elaboración del producto final; ello es importante puesto que actualmente se vive en todo el mundo en un contexto que se caracteriza por la vulnerabilidad hídrica.

Asimismo, la producción de biocombustibles no ha dejado un resultado favorable en términos de calidad del agua, pues todas las etapas del proceso productivo liberan contaminantes que llegan de una u otra forma hasta los cuerpos de agua cercanos a la zona de producción. Desde la primera etapa, es decir, el cultivo de materias primas, gracias a que se hace un uso desmedido de fertilizantes, plaguicidas etc., con la finalidad de obtener mejores rendimientos, se contaminan los cuerpos de agua. Un ejemplo de esto es que “[...] Los fertilizantes lavados de los terrenos agrícolas de la cuenca del río Mississippi han ocasionado la eutrofización en el Golfo de México y la aparición cada vez más frecuente e intensa de la llamada ‘zona muerta’”²²⁷.

“Una posible solución a los problemas hídricos de los biocombustibles, sobre todo para el caso del biodiesel, es el uso residuos de las actividades humanas, específicamente aceites, pues con ello se podría llevar a cabo la elaboración de biocombustibles evitando la contaminación de los cuerpos de agua, al evitar que sean vertidos en el drenaje”²²⁸.

Por todo esto y gracias a las constantes críticas que también se hacen a la industria de los biocombustibles por exacerbar problemas sociales como la

²²⁶ *Idem.*

²²⁷ SEMARNAT, *Vegetación y uso de suelo: Cambios locales...*, op. cit, s/p.

²²⁸ Cfr., José Javier Gómez, et. al., op. cit., p. 18.

inseguridad alimentaria, es que se está apostado por transitar hacia la segunda y tercera generación de biocombustibles como se mencionó anteriormente.

Se prevé que la contaminación tanto del suelo como del agua incrementa a razón del aumento de la producción misma de biocombustibles, así también la disposición de agua sea cada vez más limitada.

En la tabla 9 se reflejan algunas de las anotaciones anteriores y se observan las necesidades que los principales insumos para la producción de etanol y biodiesel tienen, en términos de tipo y calidad de suelo, cantidad de agua y tipo de clima, incluso se puede observar que aunque se ha promovido a la jatropha y a la palma de aceite como cultivos “milagro”, en realidad para otorgar mejores rendimientos energéticos también requieren condiciones específicas y sobre todo el uso de fertilizantes. Esta información sólo se refiere a la etapa agrícola del ciclo de vida de los biocombustibles.

Complementando a esta tabla, en la gráfica 14 se muestran las diferencias entre el biodiesel y el etanol en términos de consumo de agua en la misma etapa. Con ello se puede fundamentar lo que a lo largo del presente texto se ha dicho, sobre las ventajas que tiene el etanol a base de caña de azúcar respecto del resto de los biocombustibles líquidos producidos a base de otros cultivos, así como también se pueden observar las ventajas que el etanol brasileño tiene.

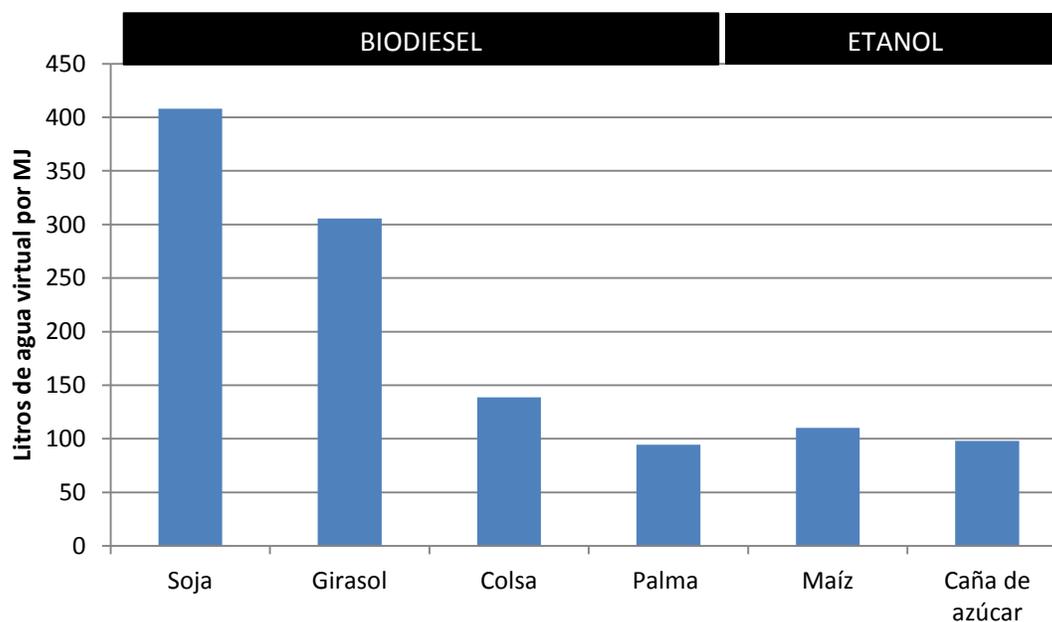
También se puede observar que la parte más perjudicial de la producción de biocombustibles o la de mayores impactos ambientales es la parte de la producción agrícola.

Tabla 9. Evaluación de las materias primas para la producción de biocombustible

Tipo de cultivo	Suelo	Agua	Nutrientes	Clima
Aceite de palma (sic)	Buen drenaje; pH de 4 a 7; suelo plano, rico y profundo.	Niveles de precipitación entre 1800 a 5000 mm.	Bajo	Tropical y subtropical con temperaturas requeridas de entre 25 a 32°C.
Arroz	Capa permeable y buen drenaje.	Muy alta; crece en terrenos inundados.	Uso relativamente alto de fertilizantes y sistemas intensivos de cultivo.	Constante temperatura en áreas tropicales, óptimo alrededor de 30° C.
Canola o Colza	Suave, arcilloso profundo, textura media y bien drenado.	600 mm mínimo de precipitación anual.	Alto	Sensible a altas temperaturas, mejor crecimiento entre 15 y 20° C.
Caña de azúcar	No requiere ningún tipo de suelo especial, pero preferiblemente bien aireado con un total de un 15% de disponibilidad de agua o más.	Alta y homogéneamente distribuida durante la etapa de crecimiento.	Se requieren altos niveles de potasio y nitrógeno; sin embargo, en la madurez el nivel de nitrógeno debe ser el más bajo posible para recuperar altos niveles de azúcar.	Tropical y subtropical.
Jatropha	Pobres, fertilidad media a escasa. No requiere labranza.	En condiciones de riego y estacional.	Adaptado a suelos de baja fertilidad y alcalinos. Se obtiene un mejor rendimiento con el uso de fertilizantes.	Tropical y subtropical, pero incluso árido y semiárido.
Maíz	Bien aireados y drenados.	Eficiente uso de agua.	Requiere alta y constante fertilidad.	Templado a tropical.
Remolacha	Textura de ligera a media, bien drenado, tolerante a salinidad.	Moderado en un rango de 500 a 750 mm durante el periodo de crecimiento.	Niveles adecuados de nitrógeno son necesarios para asegurar el crecimiento vegetativo máximo precoz, y alta demanda de fertilizante [sic].	Templados.
Soya	Suelos húmedos y aluviosos con gran contenido orgánico; alta capacidad de agua, buena estructura, blandos.	Alto	PH óptimo de 6 a 6.5.	Tropical y subtropical y clima templado.

Fuente: Michelle Chauvet, Rosa Luz González, "Biocombustibles y cultivos biofarmacéuticos: ¿oportunidades o amenazas?", [en línea], 61 pp., México, El Cotidiano 147, Agricultura y nuevas tecnologías, Universo Estudiantil, El portal académico de México, Dirección URL: <http://132.248.9.34/hevila/ElCotidiano/2008/no147/6.pdf>, [Consulta: 3 de diciembre de 2010].

Gráfica 14. Consumo de H₂O virtual en la producción agrícola por unidad de energía generada (Litros agua/MJ)



Fuente: José Javier Gómez, *et. al.*, "Consideraciones ambientales en torno a los biocombustibles líquidos", [en línea], 52 pp., Santiago de Chile, Naciones Unidas, CEPAL, Serie Medio ambiente y desarrollo N° 137, julio de 2008, Dirección URL: <http://www.eclac.org/publicaciones/xml/1/34201/LC-L.2915-P.pdf>, [consulta: 5 de marzo de 2014], p. 17.

La intensificación de la producción agrícola, así como la degradación del suelo son dos impactos que principalmente tienen lugar en la primera etapa del ciclo de vida de los biocombustibles, mientras que la contaminación del agua y la escasez de la misma además de estar presente en dicha etapa, también tiene lugar en el momento de realizar la transformación industrial de los insumos.

A pesar de que la fase productiva de los biocombustibles es la más contaminante, las demás, entre las que se encuentra la de consumo, también tienen un grado de impacto ambiental, sobre todo en términos de contaminación local por emisiones de GEI y de otras partículas.

En cuanto a las emisiones de GEI, es precisamente en este punto en el cual se puede observar un balance neutro entre lo que las plantas con las que se fabricaron los biocombustibles absorbieron durante su crecimiento y lo que se genera gracias a la combustión del producto terminado, volviéndose una ventaja

frente al uso de los combustibles fósiles; gracias a ello es que se ha incorporado a los biocombustibles a la categoría de energías verdes.

“Por otro lado en torno al tema de la emisión de otras partículas, se debe decir que en general también se tiene un balance positivo cuando el biocombustibles es utilizado sin mezclar, mientras que cuando se mezcla con productos derivados de los combustibles fósiles la cantidad de dichas partículas aumenta”²²⁹.

Si bien, “[...] en términos generales los biocombustibles presentan menores emisiones contaminantes que los combustibles fósiles, estos efectos positivos se ven rápidamente compensados por el crecimiento del parque automotor. Por ello, la mejora en la calidad del aire de las ciudades seguirá dependiendo principalmente de otras medidas como la mejora en la calidad de los combustibles fósiles, normas más estrictas para las emisiones de los vehículos y fiscalización de su cumplimiento, así como mejora en la calidad del transporte público”²³⁰.

Como se pudo observar, con la información presentada en este último capítulo, los impactos ambientales que tiene la industria bioenergética son muchos y muy variados, además de que sus efectos nocivos, no quedan limitados al territorio de los productores en el cual se llevan a cabo, sino que por el contrario afectan a la totalidad del globo y que además, en la misma medida en la que se fortalezca la industria e incremente sus dimensiones y dinamismo, lo harán también las consecuencias y los costos ambientales.

No obstante, el grado de los impactos ambientales que tienen los biocombustibles, pueden verse reducidos en la medida en la que avance la tecnología y la inversión en nuevos métodos de producción, así como también en la proporción en la que se haga uso de los residuos que se generan en el proceso de elaboración, tanto para producir alimentos para animales, como para utilizarlos como fertilizantes, reduciendo el uso de otros fertilizantes y pesticidas, por ejemplo.

²²⁹ Cfr., *ibidem*, pp. 23-25.

²³⁰ *Ibidem*, p. 27.

Conclusiones

A lo largo de la presente tesis se ha abordado el tema del desarrollo de la industria de los biocombustibles desde una perspectiva ambiental y económica, debido a que en la últimas décadas al discurso que promovía a estos combustibles como una opción para evitar la vulnerabilidad energética, se le sumó el interés por utilizarlos para enfrentar también problemas ambientales como el cambio climático, gracias a la supuesta reducción de emisiones de GEI liberadas a la atmósfera por las actividades del ser humano.

Si bien, esta es una industria que lleva trabajando ya algún tiempo, no es sino hasta principios del presente siglo cuando se comenzó a generar controversia sobre los impactos que tendría su desarrollo, ello debido al crecimiento exponencial que se obtuvo tanto en el rubro de producción como en el de consumo, principalmente de etanol y biodiesel.

Así pues, con una serie de preguntas por contestar, se dio inicio a la investigación presentada en este documento; algunas de ellas son las siguientes: ¿los biocombustibles líquidos son realmente la solución milagrosa que tanto se ha promovido frente a problemas mundiales como el cambio climático y la crisis energética?, ¿cuáles son los impactos económicos y ambientales que la industria de los biocombustibles tiene?, ¿las emisiones de GEI en realidad son menores que las que genera el uso de combustibles fósiles?, ¿son los biocombustibles líquidos una opción viable para sustentar el nuevo sistema energético mundial?, ¿cuáles son los verdaderos intereses que se persiguen al aventurarse en el desarrollo de la industria del etanol y el biodiesel? y ¿si se han reconocido ventajas de los biocombustibles en los diferentes discursos simplemente como una herramienta para justificar el apoyo a la industria de la bioenergía, con la finalidad de obtener más que beneficios ambientales, beneficios económicos?.

En un inicio las respuestas a las cuestiones anteriores parecían ser obvias y completamente positivas, no obstante, con el avance en la investigación esas ideas comenzaron a cambiar y se llegó a la conclusión general de que en realidad

los biocombustibles líquidos han sido sobrevalorados por sus defensores e incluso se ha dejado de lado información muy importante sobre todo en el tema de los impactos ambientales que su industria genera, esto al no contemplar todos los factores que confluyen a lo largo de su ciclo de vida, al momento de efectuar una evaluación.

Asimismo, con la información proporcionada en la presente tesis, se puede responder a las cuestiones anteriores de manera más fundamentada y decir que los biocombustibles distan mucho de ser una solución mágica para problemas de la envergadura del cambio climático y la crisis energética, aunque probablemente puedan serlo para temas como la reactivación del sector agrícola de los países o grupos de ellos que los produzcan, así como también para problemas como la vulnerabilidad energética y el ahorro de divisas que usualmente se dirigen a la compra de combustibles fósiles provenientes de otros países.

Sin embargo, los biocombustibles tienen una amplia gama de impactos tanto económicos como ambientales, los cuales en su mayoría son negativos, sobre todo en el tema del medio ambiente.

En cuanto a la parte económica se debe decir que, si bien la industria aún no cuenta con la fortaleza suficiente para enfrentarse a las leyes básicas del mercado (oferta/demanda) y por consecuencia es sumamente dependiente de los apoyos que el Estado pueda proporcionarle para hacerla competitiva, tales como subsidios, barreras económicas para los países exportadores, entre otras, lo cierto es que se encuentra en un camino ascendente aunque con sus momentos difíciles.

Tanto la producción como el consumo de etanol y biodiesel han crecido de manera significativa en las últimas dos décadas y los pronósticos apuntan a que se continuará por la misma senda; el comercio aunque más pausadamente y con necesidades como la elaboración de una regulación internacional que facilite los procesos de exportación e importación tanto de productos terminados como de

insumos, infraestructura y ciencia y tecnología, se encuentra por el mismo camino. Lo cierto es, que se han obtenido más ganancias que pérdidas en este rubro.

No obstante, en cuanto a la parte ambiental del tema, no se puede decir lo mismo. Existen quienes reconocen en la industria de los biocombustibles una oportunidad para mejorar en el tema de la reducción de emisiones de GEI, así como en el de la contaminación local de los territorios donde se le produce, sin embargo, en ninguno de los dos rubros se pueden observar beneficios reales.

El análisis de ciclo de vida ha mostrado que la producción de etanol y biodiesel, de primera y segunda generación, tienen grandes impactos en el medio ambiente, sobre todo por las actividades que se llevan a cabo en las primeras etapas del mismo, entre las que destacan el avance de la frontera agrícola y la consecuente deforestación directa o indirecta que tiene lugar y la liberación de GEI que esto trae consigo; la intensificación agrícola y el uso intensivo de fertilizantes y pesticidas que además de desertificar el suelo contaminan los cuerpos de agua con los que tienen contacto, así como también la contaminación y uso excesivo de agua y la contaminación del aire dentro de la etapa industrial del proceso.

Gracias a ello, no se puede decir que los biocombustibles son menos contaminantes que los combustibles fósiles, por el contrario se debe reconocer que generan más emisiones de GEI que éstos. De esta manera al igual que lo hacen diversos autores, se piensa que se obtendrían menores costos ambientales con la mejora tecnológica de los combustibles fósiles y con el uso del resto de las energías renovables, que con el uso intensivo de productos como el etanol o el biodiesel.

Por lo anterior, se sostiene que ambos combustibles, pese a sus semejanzas con los productos derivados principalmente del petróleo y la poca necesidad de cambios en la infraestructura utilizada por ellos, distan mucho de ser la base del nuevo sistema energético mundial, pues queda claro que para serlo se tendría que recurrir a una explotación mayor del medio, de la que se hace actualmente. Sin embargo, aunque ello sea cierto, no necesariamente se está hablando de vetar la

producción el consumo de dichos productos, pues se considera que su uso en una pequeña escala no resulta igual de negativa que si se realiza de manera intensiva.

Igualmente, se piensa que los biocombustibles deben ser sólo una opción más dentro de las que oferte la nueva matriz energética mundial y no intentar ser la base de la misma, pues además de los impactos ambientales, tanto el etanol como el biodiesel carecen de un adecuado rendimiento energético, capaz de sostener la demanda energética actual y futura.

Además, se tiene la idea de que la diversificación de la futura matriz energética además de otorgar alternativas a todos los miembros del sistema internacional, también dotará de fortaleza al nuevo sistema energético, pues se vitará la vulnerabilidad energética a gran escala.

De la misma manera, se debe decir que se piensa que si la industria bioenergética continúa siendo prioritaria para algunos productores e interesante para otros, esto no se debe a un interés por evitar problema ambientales mayores, tal como se ha reconocido dentro del discurso general desde el inicio del presente siglo, sino que más bien, responde a un interés de corte económico. El tema ambiental simplemente ha sido un elemento que ha justificado y fortalecido el apoyo recibido por la industria.

Así pues, la hipótesis principal de esta investigación, ha quedado comprobada; ésta ha sido: que los biocombustibles no son una solución definitiva para enfrentar a las dos mayores urgencias mundiales, es decir, el cambio climático y la crisis energética actual, pues las emisiones de GEI sólo son relativamente más bajas que las de los combustibles fósiles y su potencial energético es mucho menor, impidiendo de esta manera, la satisfacción de la demanda energética mundial y el freno al aumento de la temperatura mundial.

Aunque no debe dejarse de lado una precisión acerca de las emisiones de GEI, pues como se mencionó en párrafos anteriores éstas resultan mayores a las de los combustibles fósiles si se consideran las externalidades de su proceso productivo.

De igual forma, se comprueba que con la promoción de la producción de biocombustibles se han priorizado objetivos energéticos y económicos por encima de los ambientales, pese a que en el discurso político mundial surgido en la primera década del presente siglo, se antepone la emergencia ambiental.

Empero, en cuanto a la aseveración de que los biocombustibles pueden ser una opción viable para frenar el cambio climático y para reestructurar el sistema energético mundial, si los procesos productivos siguen mejorando tecnológicamente y si se les usa en conjunto con el resto de las energías renovables, se debe decir que es cierto, pero queda claro que tanto para frenar este problema ambiental, como para enfrentar la crisis energética, no serán suficientes, pues lo que realmente se necesita en ambos casos es hacer un cambio de hábitos en la humanidad; uno muy importante sería la manera y las proporciones en las que se consume, no sólo energía, sino cada una de las cosas que requiere el ser humano.

Fuentes de consulta

Bibliografía

- Calva José Luis coord., *Crisis energética mundial y futuro de la energía en México*, México, Consejo Nacional de Universitarios Juan Pablos Editor, 2012, 353 pp.
- Campos Aragón Leticia *et al.*, *El resurgimiento de la energía nuclear ¿una opción para el cambio climático y para los países emergentes?*, México, Siglo XXI editores, 2009, 230 pp.
- Castro Gil M. y Sánchez Naranjo C., *Monografías técnicas de energías renovables, Biocombustibles*, Tomo 3, España, Edit. PROGENSA, septiembre de 1997, 44 pp.
- Domínguez Gómez José A., *Energías Alternativas*, España, Equipo Sirius, febrero de 2004, 2ª edición, 121 pp.
- Flannery Tim, *La amenaza del Cambio Climático historia y futuro*, México, Santillana Ediciones Generales, 2006, 393 pp.
- Guillén Solís Omar, *Energías renovables: una perspectiva ingenieril*, México, Edit. Trillas, septiembre de 2004, 128 pp.
- Jarabo Friedrich Francisco y Elortegui Escartín Nicolás, *Energías Renovables*, Madrid, España, S.A.P.T. PUBLICACIONES TÉCNICAS, S.L., 2000, 2ª edición, 292 pp.
- López López Víctor Manuel, *Cambio Climático y Calentamiento Global: Ciencia, evidencias, consecuencias y propuestas para enfrentarlos*, México, Edit. Trillas, 2009, 227 pp.
- Menéndez Pérez Emilio, *Energía. Factor crítico en la sostenibilidad. Año 2025. Crisis social y ambiental. Una hipótesis factible*, Coruña, España, NETBIBLO, 2004, 192 pp.
- Menéndez Pérez Emilio, *Energías renovables, sustentabilidad y creación de empleo: una economía impulsada por el sol*, Madrid, España, Edit. Catarata, septiembre de 2001, 2ª. edición, 272 pp.
- Roberts Paul, *El fin del petróleo*, Barcelona, España, Ediciones B, S.A., 2004, 509 pp.
- Tablada Carlos, Hernández Gladys, *Petróleo, Poder y Civilización*, Madrid, España, Editorial Popular, 2004, 271 pp.

- Vargas Rosío, Valdés Ugalde José Luis editores, *Alternativas energéticas para el siglo XXI*, Centro de Investigaciones sobre América del Norte, UNAM, México, 2006, 94 pp.

Fuentes electrónicas

- Álvarez Maciel Carlos, “Biocombustibles: desarrollo histórico-tecnológico, mercados actuales y comercio internacional”, [en línea], pp. 63-89, *Economía Informa*, Núm. 359, julio-agosto, 2009, Dirección URL: http://www.economia.unam.mx/publicaciones/econinforma/pdfs/359/04carlo_salvarez.pdf, [consulta: 23 de septiembre de 2010].
- Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, “ToxFAQs - Éter metil tert-butílico (MTBE) (Methyl Tert-Butyl Ether)”, [en línea], ATSDR, Buford Hwy NE, Atlanta, Dirección URL: http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts91.html, [consulta: 17 de julio de 2014].
- Bauen Ausilio *et. al.*, *Bioenergy – a Sustainable and Reliable Energy Source MAIN REPORT: A review of status and prospects*, [en línea], 107 pp., Nueva Zelanda, International Energy Agency, IEA Bioenergy, junio de 2009, Dirección URL: http://www.globalbioenergy.org/uploads/media/0912_IEA_Bioenergy_-_MAIN_REPORT_-_Bioenergy_-_a_sustainable_and_reliable_energy_source._A_review_of_status_and_prospects.pdf, [consulta: 3 de febrero de 2014].
- Bernstein Lenny, *et al.*, *Cambio Climático 2007, Informe de síntesis*, [en línea], Ginebra, Suiza, IPCC, 2007, 103 pp., Dirección URL: http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf, [consulta: 20 de abril de 2012].
- Carbajosa Ana, “La UE vetará los biocombustibles que causen deforestación o pobreza: Bruselas condiciona la importación de la ‘gasolina verde’ ante la presión de las ONG”, [en línea], Bruselas, El País, Archivo, 15 de enero de 2008, Dirección URL: http://elpais.com/diario/2008/01/15/sociedad/1200351602_850215.html, [consulta: 4 de marzo de 2014].
- Chauvet Michelle, González Rosa Luz, “Biocombustibles y cultivos biofarmacéuticos: ¿oportunidades o amenazas?”, [en línea], 61 pp., México, *El Cotidiano 147*, Agricultura y nuevas tecnologías, Universo Estudiantil, El portal académico de México, Dirección URL:

- <http://132.248.9.34/hevila/ElCotidiano/2008/no147/6.pdf>, [Consulta: 3 de diciembre de 2010].
- *Climate Analysis Indicators Tool (CAIT)*, [en línea], Dirección URL: <http://www.wri.org/project/cait/>, [consulta: 21 de abril de 2012].
 - Comisión Europea, *Everything But Arms (EBA) – Who benefits?*, [en línea], Europa, 30 de abril de 2013, Dirección URL: http://trade.ec.europa.eu/doclib/docs/2013/april/tradoc_150983.pdf, [consulta: 7 de febrero de 2014].
 - Comisión Europea, *Fomento de los Biocarburantes en Europa, un porvenir más limpio para el transporte*, [en línea], Dirección General de Energía y Transportes, Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas, 26 de julio de 2004 Dirección URL: http://europa.eu.int/comm/dgs/energy_transport/index_es.html, [consulta: 9 de septiembre de 2009].
 - Cricyt, *albedo*, [en línea], Argentina Dirección URL: <http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/Albedo.htm>, [consulta: 12 de julio de 2012].
 - Cricyt, *combustibles fósiles*, [en línea], Argentina, Dirección URL: <http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/CombusFos.htm>, [consulta: 27 de febrero de 2012].
 - Cruz Eva, “Paul Roberts, es imposible comer de la misma manera”, [en línea], Madrid, rtve.es, Asuntos propios, 26 de marzo de 2009, Dirección URL: <http://www.rtve.es/radio/20090326/paul-roberts-imposible-comer-misma-manera-asuntos-propios/254351.shtml>, [consulta: 1 de julio de 2013].
 - Delaunay Dominique, *Los Biocarburantes en Brasil*, [en línea], Bruselas, Parlamento Europeo, octubre de 2007, Dirección URL: http://www.europarl.europa.eu/meetdocs/2004_2009/documents/nt/692/692070/692070es.pdf, [consulta: 25 de mayo de 2010].
 - Dufey Annie, et. al., *Biocombustibles como energía alternativa: una mirada hacia la región*, [en línea], 72 pp., Quito, Centro Ecuatoriano de Derecho Ambiental, mayo de 2009, Dirección URL: http://www.ceda.org.ec/descargas/publicaciones/Biocombustibles_como_energia_alternativa.pdf, [consulta: 20 de julio de 2013].
 - Duffey Annie, *Estudio regional sobre economía de los biocombustibles 2010: temas clave para los países de América Latina y el Caribe*, [en línea], 100 pp., Diálogo de políticas sobre desarrollo institucional e innovación en

biocombustibles en América Latina y el Caribe, Santiago de Chile, CEPAL, 28 y 29 de marzo de 2011, Dirección URL: <http://www.cepal.cl/ddpe/agenda/2/42932/EstEconomiaBiocombustiblesDialPol.pdf>, [consulta: 1° de julio de 2013].

- ESEADE, *La revolución industrial*, [en línea], Argentina, Dirección URL: <http://bachiller.sabuco.com/historia/revolucionesindustriales.pdf>, [consulta: 27 de febrero de 2012].
- FAO, *Degradación del Suelo*, [en línea], Portal de Suelos de la FAO, 2014, Dirección URL: <http://www.fao.org/soils-portal/degradacion-del-suelo/es/>, [consulta: 5 de marzo de 2014].
- FAO, *El estado mundial de la agricultura y la alimentación, Biocombustibles: perspectivas, riesgos y oportunidades*, [en línea], 146 pp., Roma, Italia, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), 2008, Dirección URL: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/i0100s/i0100s.pdf>, [consulta: 10 de julio de 2013].
- FAO, *La deforestación disminuye en el mundo, pero continúa a ritmo alarmante en muchos países*, [en línea], Roma, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Medios, Noticias, 25 de marzo de 2010, Dirección URL: <http://www.fao.org/news/story/es/item/40952/icode/>, [consulta: 7 de marzo de 2014].
- Furtado André, *Biocombustibles y comercio internacional: una perspectiva latinoamericana*, [en línea], 34 pp., Santiago de Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CEPAL, Naciones Unidas, abril de 2009, Dirección URL: <http://www.olade.org/sites/default/files/CIDA/Biocomustibles/CEPAL/Biocomustibles%20y%20Comercio%20Internacional.pdf>, [consulta: 15 de enero de 2014].
- Galindo Leal Carlos *et. al.*, *¿Qué es la Biodiversidad?*, [en línea], México, Biodiversidad Mexicana, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, CONABIO, 2012, Dirección URL: http://www.biodiversidad.gob.mx/biodiversidad/que_es.html, [consulta: 28 de febrero de 2014].
- Gobierno de Argentina, *Análisis de Ciclo de Vida*, [en línea], Argentina, Presidencia de la Nación, Industria, Unidad de Medio Ambiente, Dirección URL: <http://www.industria.gob.ar/wp-content/uploads/2013/08/Analisis-del-ciclo-de-vida.pdf>, [consulta: 18 de febrero de 2014].

- Gobierno de Brasil, *Energía. Biocombustibles*, [en línea], Brasil, Dirección URL: <http://www.brasil.gov.br/energia-es/matriz-energetica/biocombustibles>, [consulta: 1 de julio de 2012].
- Gobierno de Brasil, *Energía. Biomasa*, [en línea], Brasil, Dirección URL: <http://www.brasil.gov.br/energia-es/matriz-energetica/biomasa> [consulta: 1 de julio de 2012].
- Gobierno de Brasil, *Matriz energética*, [en línea], Brasil, Dirección URL: http://www.brasil.gov.br/cop-espanol/panorama/lo-que-brasil-esta-haciendo/matriz-energetica/br_model1?set_language=es, [consulta: 1 de julio de 2012].
- Gómez José Javier, *et. al.*, “Consideraciones ambientales en torno a los biocombustibles líquidos”, [en línea], 52 pp., Santiago de Chile, Naciones Unidas, CEPAL, Serie Medio ambiente y desarrollo N° 137, julio de 2008, Dirección URL: <http://www.eclac.org/publicaciones/xml/1/34201/LC-L.2915-P.pdf>, [consulta: 5 de marzo de 2014].
- González Merino Arcelia, Castañeda Zavala Yolanda, “Biocombustibles, biotecnología y alimentos: Impactos sociales para México”, [en línea], México, Argumentos México, v.21, n°57, agosto de 2008, Dirección URL: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57952008000200004&lng=es&nrm=iso, [consulta: 26 de junio de 2013].
- Greenpeace, *Bioenergía: oportunidades y riesgos, ¿qué debe hacer Argentina en materia de biocombustibles?*, [en línea], Buenos Aires, Argentina, mayo de 2007, Dirección URL: <http://www.greenpeace.org/raw/content/argentina/bosques/bioenerg-a-oportunidades-y-ri.pdf>, [consulta: 18 de agosto de 2010].
- IEA, *Key world energy statistics*, [en línea], 80 pp., Paris, Francia, Dirección URL: http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2011/key_world_energy_stats.pdf, [consulta: 3 de julio de 2012].
- Isbell Paul, *La política energética ejemplar de Brasil*, [en línea], Madrid, Infolatam.com, 10 de febrero de 2009, Dirección URL: <http://www.infolatam.com/2009/02/10/la-politica-energetica-ejemplar-de-brasil/>, [consulta: 30 de septiembre de 2013].
- Ministerio de Economía y Finanzas, *Sistema Generalizado de Preferencias*, [en línea], República Oriental del Uruguay, Dirección URL: http://www.mef.gub.uy/apc_sgp.php, [consulta: 7 de febrero de 2014].

- Muro Elsa, *Lixiviación*, [en línea], Dirección URL: <http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/Lixiviac.htm>, [consulta: 1 de mayo de 2014].
- Naciones Unidas, *Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático*, [en línea], 1998, Dirección URL: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>, [consulta: 9 de marzo de 2014].
- National Geographic, “Deforestación: terrible plaga de nuestro tiempo”, [en línea], Dirección URL: <http://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/calentamiento-global/deforestation-overview>, [consulta: 7 de marzo de 2014].
- OECD-FAO, *Agricultural Outlook 2011-2020: BIOFUEL*, [en línea], OECD.StatExtracts, Dirección URL: <http://stats.oecd.org/Index.aspx?QueryId=30107>, [consulta: 8 de septiembre de 2013].
- OECD, *Biofuel-OECD-FAO Agricultural Outlook 2012-2021*, [en línea], Dirección URL: https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=HIGH_AGLINK_2012, [consulta: 1 de mayo de 2014].
- ONU, *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático*, [en línea], Nueva York, ONU, 9 de mayo de 1992, Dirección URL: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>, [consulta: 1 de junio de 2010].
- ONU, *Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo*, [en línea], Río de Janeiro, Brasil, 1992, Dirección URL: http://www.un.org/esa/dsd/agenda21_spanish/res_riodecl.shtml, [consulta: 8 de mayo de 2012].
- ONU, *La Convención del Cambio Climático: misión y objetivos*, [en línea], Dirección URL: http://unfccc.int/portal_espanol/informacion_basica/la_convencion/objetivos/items/6199.php, [consulta: 8 de mayo de 2012].
- Patience Martin, “El enigma del carbón que contamina a China”, [en línea], Datong, China, BBC, Economía, 31 de enero de 2013, Dirección URL: http://www.bbc.co.uk/mundo/noticias/2013/01/130131_china_contaminacion_datong_ao.shtml, [consulta: 18 de julio de 2014].

- Pemex, *¿Qué es octanaje?*, [en línea], México, Dirección URL: <http://www.ref.pemex.com/octanaje/que.htm>, [consulta: 1 de diciembre de 2010].
- Pistonesi Héctor, *et. al.*, *Aporte de los biocombustibles a la sustentabilidad del desarrollo en América Latina y el Caribe: Elementos para la formulación de políticas públicas*, [en línea], 89 pp., Santiago de Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CEPAL, Naciones Unidas, marzo de 2008, Dirección URL: http://www.eclac.org/publicaciones/xml/6/32836/LC_W178e.pdf, [consulta: 14 de enero de 2014].
- Quintana Solórzano Fausto, *Impacto de la cooperación internacional forestal en el capital social local: el caso del ejido Noh Bec*, [en línea], 240 pp., tesis de doctorado en Ciencias Políticas y Sociales con orientación en Relaciones Internacionales, FCPyS, Instituto de Investigaciones Sociales, Centro de Investigaciones sobre América del Norte, Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias, UNAM, 2012, Dirección URL: <http://132.248.9.195/ptd2012/agosto/092284562/Index.html>, [consulta: 1 de mayo de 2014].
- Quintana Solórzano Fausto, *La cooperación internacional para un desarrollo forestal durable en América Latina: La relación Finlandia-México*, [en línea], 137 pp., tesis de licenciatura en Relaciones Internacionales, FCPyS, UNAM, 2001, Dirección URL: <http://132.248.9.195/pd2001/300230/Index.html>, [consulta: 1 de mayo de 2014].
- REN21, *Renewables 2012 Global Status Report: Renewable Energy Policy Network for the 21st Century*, [en línea], 171 pp., Dirección URL: http://www.map.ren21.net/GSR/GSR2012_low.pdf, [consulta: 29 de abril de 2014].
- REN21, *Renewables 2013: Global Status Report*, [en línea], 178 pp., Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, REN21, Dirección URL: http://www.ren21.net/portals/0/documents/resources/gsr/2013/gsr2013_lowres.pdf, [consulta: 1 de mayo de 2014].
- SAGARPA, *Producción de biodiesel a partir de jatropha*, [en línea], México, bioenergéticos.gob.mx, Dirección URL: <http://www.bioenergeticos.gob.mx/index.php/biodiesel/produccion-a-partir-de-jatropha.html>, [consulta: 1° de marzo de 2014].
- Salinas Callejas Edmar, Gasca Quezada Víctor, *Los biocombustibles*, [en línea], México, El Cotidiano 157, La crisis energética, Universidad

- Autónoma Metropolitana, Azcapotzalco, Dirección URL: <http://www.redalyc.org/pdf/325/32512739009.pdf>, [consulta: 10 de febrero de 2010].
- Sbarbi Osuna Maximiliano, *Brasil se convierte en líder energético mundial*, [en línea], 10 de septiembre de 2009, Dirección URL: <http://www.rebellion.org/noticia.php?id=91206>, [consulta: 18 de octubre de 2009].
 - Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, *Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología del Convenio sobre la Diversidad Biológica*, [en línea], Montreal, Canadá, 2000, Dirección URL: <http://www.conanp.gob.mx/contenido/pdf/Protocolo%20de%20Cartagena%20sobre%20Seguridad%20de%20la%20Biotecnologia%20d.pdf>, [consulta: 17 de abril de 2012].
 - SEMARNAT, *Vegetación y uso del suelo: Cambios en el uso del suelo*, [en línea], México, D.F., Dirección General de Estadística e Información ambiental, Dirección URL: http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_04/02_vegetacion/cap2_2.html, [consulta: 5 de marzo de 2014].
 - SEMARNAT, *Vegetación y uso de suelo: Cambios locales, consecuencias globales*, [en línea], México, D.F., Dirección General de Estadística e Información ambiental, Dirección URL: http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_04/02_vegetacion/recuadros/c_rec2_02.htm, [consulta: 5 de marzo de 2014].
 - SEMARNAT, *Vegetación y uso del suelo: Procesos del Cambio de uso del suelo*, [en línea], México, D.F., Dirección General de Estadística e Información ambiental, Dirección URL: http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_04/02_vegetacion/cap2_3.html, [consulta: 5 de marzo de 2014].
 - The Nature Conservancy, *Brasil, Amazonía*, [en línea], Dirección URL: <http://www.mundotnc.org/donde-trabajamos/americas/brasil/lugares/index.htm>, [consulta: 17 de febrero de 2014].
 - The Nature Conservancy, *Brasil, Cerrado*, [en línea], Dirección URL: <http://www.mundotnc.org/donde-trabajamos/americas/brasil/lugares/cerrado-1.xml>, [consulta: 17 de febrero de 2014].
 - The Nature Conservancy, *Brasil, Pantanal*, [en línea], Dirección URL: <http://www.mundotnc.org/donde->

trabajamos/americas/brasil/lugares/pantanal-2.xml, [Consulta: 17 de febrero de 2014].

- Thuswohl Maurício, *Brasil apuesta por la tecnología*, [en línea], Río de Janeiro, swissinfo.ch, 19 de octubre de 2012, Dirección URL: http://www.swissinfo.ch/spa/economia/Brasil_apuesta_por_la_tecnologia.html?cid=33713468, [consulta: 3 de octubre de 2013].
- Torres y Carrera consultores de comunicación, *Biocombustibles: Informe 2010*, [en línea], 20 pp., Dirección URL: <http://www.torresycarrera.com/newcorp/wp-content/uploads/2011/04/Informe-Biocombustibles-2010.pdf>, [consulta: 20 de octubre de 2013].
- Tyner Wallace E., “Biofuels Miss the Mark—So Far: Meeting U.S. goals for biofuels will require new land-use and incentive policies”, [en línea], WFS, The Futurist, julio-agosto de 2012, Vol. 46, No. 4, Dirección URL: <http://www.wfs.org/futurist/july-august-2012-vol-46-no-4/biofuels-miss-mark%E2%80%94so-far>, [Consulta: 22 de marzo de 2014].
- UNAM, *Conocimiento como diseño*, [en línea], México, Dirección URL: www.cneq.unam.mx/cursos.../porta.../Conocimientocomodisen.doc, [consulta: 17 de abril de 2012].
- Unión Europea, *Calidad de la gasolina y de los combustibles diésel: azufre y plomo, Directiva 98/70/CE*, [en línea], Unión Europea, Dirección URL: http://europa.eu/legislation_summaries/internal_market/single_market_for_goods/motor_vehicles/interactions_industry_policies/l28077_es.htm, [Consulta: 24 de octubre de 2013].
- Unión Europea, *Fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables, Directiva 2009/28/CE*, [en línea], Unión Europea, Dirección URL: http://europa.eu/legislation_summaries/energy/renewable_energy/en0009_es.htm, [consulta: 25 de octubre de 2013].
- Unión Europea, *La eficiencia energética en el horizonte 2020*, [en línea], Unión Europea, Dirección URL: http://europa.eu/legislation_summaries/energy/energy_efficiency/en0002_es.htm, [consulta: 22 de octubre de 2013].
- Unión Europea, *Marco comunitario de imposición de los productos energéticos y de la electricidad, Directiva 2003/96/CE*, [en línea], Unión Europea, Dirección URL: http://europa.eu/legislation_summaries/internal_market/single_market_for_g

- [oods/motor_vehiculos/interactions_industry_policies/l27019_es.htm](#), [consulta: 23 de octubre de 2013].
- Unión Europea, *Protocolo de Kioto sobre el cambio climático*, [en línea], UE, Dirección URL: http://europa.eu/legislation_summaries/environment/tackling_climate_change/l28060_es.htm, [consulta: 8 de mayo de 2012].
 - Unión Europea, *Vehículos de motor: utilización de Biocarburantes, Directiva 2003/30/CE*, [en línea], Unión Europea, Dirección URL: http://europa.eu/legislation_summaries/energy/renewable_energy/l21061_es.htm, [consulta: 23 de octubre de 2013].
 - United Nations Development Programme, *El cambio climático ahonda la desigualdad en América Latina y el Caribe: El Informe sobre Desarrollo Humano 2007-2008 traza una ruta sobre el cambio climático para debatir en Bali*, [en línea], Brasilia, Brasil, 27 de noviembre de 2007, Dirección URL: <http://hdr.undp.org/en/media/PR4-HDR07-LA-S-final.pdf>, [consulta: 20 de marzo de 2012].
 - Usi Eva, “Expertos cuestionan la política de biocombustibles de la UE”, [en línea], Alemania, DW, Actualidad, Ciencia y Ecología, 12 de agosto de 2013, Dirección URL: <http://www.dw.de/expertos-cuestionan-la-politica-de-biocombustibles-de-la-ue/a-17012598>, [consulta: 13 de agosto de 2013].
 - Vasconcelos Nora, “Holanda construye casas flotantes y resuelve sus problemas urbanísticos”, México, cnn.com, 25 de enero de 2011, Dirección URL: <http://mexico.cnn.com/salud/2011/02/04/holanda-construye-casas-flotantes-y-resuelve-sus-problemas-urbanisticos>, [consulta: 12 de julio de 2012].
 - S/a, *Brasil defiende la producción de biocombustibles por su ecología*, [en línea], noticias.terra.es, economía, lunes 1 de junio de 2009, <http://noticias.terra.es/economia/2009/0601/actualidad/brasil-defiende-la-produccion-de-biocombustibles-por-su-ecologia.aspx>, [consultado: 9 de septiembre de 2009].
 - S/a, *Central America Free Trade Agreement (CAFTA)*, [en línea], PUBLICCITIZEN, citizen.org, Dirección URL: <http://www.citizen.org/Page.aspx?pid=1046>, [consulta: 7 de febrero de 2014].
 - S/a, *Ernesto Geisel*, [en línea], Biografíasyvidas.com, Dirección URL: <http://www.biografiasyvidas.com/biografia/g/geisel.htm>, [consulta: 6 de octubre de 2013].

- S/a, *Estanflación*, [en línea], WordReference.com, Dirección URL: <http://www.wordreference.com/definicion/estanflaci%C3%B3n>, [consulta: 15 de julio de 2014].
- S/a, *Historia de los biocombustibles*, [en línea], Dirección URL: <http://193.146.36.56/aulaempresa/trabajos/TRABAJOS%202006/Iria%20Requeiro,%20Teresa%20Otero,%20Den%C3%ADs%20L%C3%B3pez/Biodiesel.pdf>, [consultado: 19 de septiembre de 2010].
- S/a, “La guerra árabe-israelí de 1973 (Guerra del Yom Kippur o del Ramadán)”, [en línea], Historiasiglo20.org, Historias de las Relaciones Internacionales durante el siglo XX, Dirección URL: <http://www.historiasiglo20.org/GLOS/yomkippur.htm>, [consulta: 10 de marzo de 2014].
- S/a, *La producción mundial de biocombustibles cae por primera vez desde el año*, [en línea], residuosprofesional.com, 2000, 14 de abril de 2014, Dirección URL: <http://www.residuosprofesional.com/la-produccion-mundial-de-biocombustibles-cae-por-primera-vez-desde-el-ano-2000/>, [consulta: 15 de abril de 2014].
- S/a, *Más de 50% de los coches en Brasil usan biocombustibles*, [en línea], 1 de julio de 2009, [en línea], biodieselpain.com, Dirección URL: <http://www.biodieselpain.com/2009/07/01/mas-del-50-de-los-coches-en-brasil-usan-biocombustibles/>, [consulta: 16 de septiembre de 2009].
- S/a, “*Pool de información sobre tecnologías limpias*”, [en línea], cleanairnet.org, Dirección URL: http://www.cleanairnet.org/infopool_es/1525/propertyvalue_17755.html, [consulta: 10 de septiembre de 2009].
- S/a, *¿Qué son los vehículos flex fuel?*, [en línea], biodisol.com, Dirección URL: <http://www.biodisol.com/biocombustibles/que-son-los-vehiculos-flex-fuel-energias-alternativas-tecnologia/>, [consulta: 27 de febrero de 2012].
- S/a, *Surplus*, [en línea], WordReference.com, Dirección URL: <http://www.wordreference.com/fres/surplus>, [consulta: 16 de febrero de 2014].
- S/a, *TRANSESTERIFICACIÓN. OBTENCIÓN DE TEREFTALATO DE BIS-2-HIDROXIETILO. (PRECURSOR DE DACRÓN)*, [en línea], organica1.org, Dirección URL: <http://organica1.org/1405/practica8.pdf>, [consulta: 27 de febrero de 2012].